



Bacheloroppgave

SCM600 Logistikk

Optimalisering av vareflyt og Last Mile-distribusjon: En Samdistribusjonsbasert VRP-tilnærming i Harstad og Stokmarknes

Espen Reed Lote og Sindre Fosse Nilsen

Totalt antall sider inkludert forsiden: 66

Molde, 31.05.2023



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i URKUND, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Personvern

Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht.

Personopplysningsloven skal meldes til Norsk senter for forskningsdata, NSD, for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av NSD?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Per Kristian Rekdal og Bård Inge Austigard Pettersen

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene, vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Dato: 31.05.23

Forord

Vår bacheloroppgave omhandler ruteplanlegging av kjøretøy, og tar for seg sisteleddsdistribusjon for PostNord i Nord-Norge. Hensikten med studien er å formulere et problem som kan bidra til å forbedre sisteleddsdistribusjonen i Nord-Norge. Dette gjør vi fordi ruteoptimalisering spiller en avgjørende rolle da det kan bidra til å minimere transportkostnader og avstander. I denne rapporten ser vi på en samdistribusjonsbasert ruteoptimalisering hvor vi retter oppmerksomheten mot utfordringene knyttet til "last mile delivery" i terminalene i Harstad og Stokmarknes.

Denne studien er et resultat av innsatsen til alle som har samarbeidet og bidratt til vår bacheloroppgave. Derfor ønsker vi å takke Per Kristian Rekdal og Bård-Inge Austigard Pettersen som har veiledet oss igjennom hele prosessen. Vi vil også rette en stor takk til Øyvind Solberg, Bengt Sivertsen, Livar Hammern og Stig Magne Skoglund i PostNord som har gjort studiet mulig å gjennomføre.

Sindre Fosse Nilsen

Espen Reed Lote

Molde, mai 2023

Sammendrag

Planlegging og ruting av kjøretøy har stor betydning på forsyningskjedeoperasjoner, da de i stor grad bestemmer og påvirker distribusjonskostnadene. Denne rapporten tar sikte på å undersøke hvordan PostNord kan forbedre sin operasjonelle drift i Nord-Norge gjennom en forbedret ruteplanlegging. Spesifikt retter studien seg mot utfordringene knyttet til det siste trinnet i distribusjonsfasen, kjent som "last mile delivery", hvor varer leveres til endelige destinasjoner ved å prioritere terminalen i Harstad. For å håndtere denne utfordringen presenterer vi en VRP-modell (Vehicle Routing Problem) som tar sikte på å optimalisere rutingen av kjøretøy. Ved å identifisere og omforme relevante faktorer til begrensninger og variabler innenfor VRP-modellen, har vi formulert en FSMVRP-modell (Fleet-Size-Mixed-Vehicle Routing Problem). I tillegg til modellutformingen diskuteres ulike algoritmer som løsningsmetodikk for den foreslåtte modellen. Disse algoritmene spiller en sentral rolle i å løse det komplekse problemet med kjøretøyruting og optimalisering av leveranser i virkeligheten. En viktig endring vi foreslår i vår modell er å konsolidere partigods og stykkgoods, som for øyeblikket blir håndtert separat, og distribuere dem sammen når leveransene når sluttkunden. Dette tiltaket har potensiale til å forbedre ytelsen og redusere kostnadene i forsyningskjeden ved å optimalisere ressursutnyttelsen av lastebiler.

Nøkkelord: VRP, «Last Mile Delivery», logistikk og distribusjon, algoritmer, fraktkonsolidering av stykkgoods og partigods.

Abstract

Planning and routing of vehicles play a crucial role in supply chain operations by influencing distribution costs and operational efficiency. This report aims to investigate how PostNord can enhance its operational performance in Northern Norway through optimized route planning. Specifically, the study focuses on the challenges associated with the final stage of the distribution phase, known as "last mile delivery," where goods are delivered to end destinations, with a particular emphasis on the Harstad terminal. To address this challenge, we present a Vehicle Routing Problem (VRP) model designed to optimize vehicle routing. By identifying and transforming relevant factors into constraints and variables within the VRP-model, we have developed a Fleet-Size-Mixed-Vehicle Routing Problem (FSMVRP) model. In addition to model formulation, various algorithms are discussed as solution approaches for the proposed model. These algorithms play a pivotal role in solving the complex problem of vehicle routing and delivery optimization in real-world scenarios. A key modification proposed in our model is the consolidation of shipments categorized as "partigods" and "stykkgoods". These two distinct services provided by PostNord are currently managed separately, and their joint distribution upon reaching the end customer. This measure has the potential to enhance efficiency and reduce costs within the supply chain.

Keywords: VRP, last mile delivery, logistics and distribution, algorithms, freight consolidation of partigods and stykkgoods.

Innhold

1.0	Innledning	5
2.0	Casebeskrivelse	8
3.0	Problemstilling	13
3.1	Delproblemer	13
3.2	Antagelser.....	14
3.3	Avgrensinger	14
4.0	Litteratur	16
4.1	Sisteleddsdistribusjon	16
4.2	Lastefaktorer for frakttransport	16
4.3	Distribusjonsstrategier som minimerer transport- og lagerkostnader	19
4.4	VRP og løsningsmetodikk	20
4.5	Konsolidering i kjøretøyet i LTL for godstransport	21
4.6	Behovet for samdistribusjon i lavt befolket områder	21
4.7	Fyllingsgraden i frakttransport	22
5.0	Teori	23
5.1	PostNord sine interne definisjoner	23
5.2	Sisteleddsdistribusjon	25
5.3	Ruteoptimalisering	25
5.4	VRP algoritmer.....	32
5.5	Lasteenheter for veitransport.....	33
5.6	Kjøretøyutnyttelse og fyllingsgrad	34
6.0	Metode og data	36
6.1	Metode.....	36
6.2	Data – sendingsstatistikk 2019	40
7.0	Analyse	43
7.1	Steg 1 – Sisteleddsdistribusjon fra Harstad med FSMVRP	43
8.0	Resultat	46
9.0	Diskusjon	50
9.1	Svakheter i modellen	50
9.2	Styrker i modellen	51
9.3	Hvilke algoritmer bør brukes til gjennomføring av modellen?	51
9.4	Fremtidsutsikt for videre forskning	52
10.0	Konklusjon	55

11.0	Vedlegg A	56
11.1	Generelle ordforklaringer	56
12.0	Bibliografi	59

1.0 Innledning

En optimal ruteplan kan redusere transportkostnader, og øke kapasitetsutnyttelsen. PostNord har gjennom mange år vært en ledende aktør i logistikkindustrien i Norden, med en stor og velfungerende tjenesteportefølje som dekker et bredt spekter av behov hos kundene (PostNord, u.d.). I konkurransesituasjon stilles det krav til å optimalisere virksomheten og skape maksimal verdi for kundene (Haavet, u.d.). Med dette i tankene, har PostNord igangsatt et pionerprosjekt for å vurdere muligheten for å samle produksjons- (se vedlegg A) og varestrømmene i Nord-Norge for å se om det kan føre til positive resultater, samt å forflytte beslutningstaking til lokale avdelinger. Hypotesen til PostNord er at samlingen av tjenestene vil føre til bedre kapasitetsutnyttelse, redusert suboptimalisering og styrket tilknytning til markedet.

Det er gjennomført flere tiltak for å forbedre PostNord sin posisjon i Nord-Norge, men så langt har ingen av dem ført til signifikante forbedringer (PostNord, 2023). En av tilnærmingene som har blitt testet er fjernstyring, og som nå er en operativ styringsmodell fra Langhus i Oslo. Fjernstyring kan være hensiktsmessig i flere situasjoner, og er kostnadseffektivt når det gjelder å effektivisere tids- og ressursbruk (Andersen, 2005). Imidlertid har ikke PostNord opplevd gode resultater med en slik løsning på grunn av involveringen av flere ledd i prosessen og vanskeligheter med å opprette tilknytning til kundene i Nord-Norge, noe som PostNord verdsetter høyt.

Dette prosjektet inneholder mange aspekter av problemstillinger som må stilles krav til før en eventuell gjennomføring. Et av hovedproblemene for PostNord er at fjernstyring kan ha negative effekter på optimal ruteplanlegging og ressursutnyttelse. I den sammenheng vil denne bacheloroppgaven presentere en matematisk rutemodell som kan ved fremtidig løsning avdekke potensiale ved å samle produksjon- og varestrømmene i «last-mile delivery» (se vedlegg A), for å undersøke om disse tiltakene kan forbedre kapasitetsutnyttelsen og redusere distribusjonskostnadene i Nord. En tilnærming for å samle vare- og produksjonsstrømmene på en vellykket måte har PostNord foreslått å forflytte beslutningsprosessene til de tilhørende terminalene (PostNord, 2023), nærmere bestemt lokal styring (se vedlegg A).

Nord-Norge er et stort område med utfordrende marked hvor det er vanskelig å finne optimale logistikk-løsninger og opptre kostnadseffektiv, som skaper en volatilitet i fyllingsgraden (Hosseini & Shirani, Fill Rate in Road Freight Transport, 2011). Årsaken til at Nord-Norge er et utfordrende marked er et resultat av store avstander og lavt befolkningstetthet. De fem nordligste terminalene i PostNord befinner seg nord for Narvik, og PostNord har definert dette området som avdeling Nord (PostNord, 2023). Disse tilhørende terminalene består av: Stokmarknes, Harstad, Tromsø, Alta og Tana Bru (Figur 1.1). Denne avdelingen er ansvarlige for en svært omfattende varestrøm for inngående og utgående transport, med ca. 600 000 ulike sendingsnummer per kvartal i 2019 (PostNord, 2023). Sendingsnummer referer til antall ulike sendinger i en transportforsendelse, et sendingsnummer kan bestå av et eller flere koller. For at bacheloroppgaven ikke skal bli for omfattende og kompleks, har vi valgt å avgrense vår undersøkelse til terminalene i Stokmarknes og Harstad, i hensikt om å avdekke og redegjøre forberedningspotensiale for dette geografiske området.



Figur 1.1: Kart over terminalene til PostNord i Norge, med utheving av Stokmarknes-Harstad. Kilde: (PostNord, 2023).

Disse to terminalene gir en god representativitet for resten av terminalene i Nord, da de har et tilsvarende omfang. Bacheloroppgaven vil undersøke mulighetene ved å samle tjenester og varestrømmer lokalt for å øke effektiviteten i distribusjonen fra lokalt depot. Dersom resultatet av ruteoptimaliseringen gir en forbedring av kapasitetsutnyttelsen for terminalene i Stokmarknes og Harstad, vil dette kunne gi PostNord verdifull informasjon og innsikt for de resterende terminalene i Nord. Samtidig kan det bidra til å styrke sin egen posisjon i markedet og øke sin kommersielle vekst ved en implementering av lignende løsningsmetodikk. Ved optimal ruteplan kan det redusere kostnadene for «last mile delivery», heretter omtalt som sisteledds-distribusjon.

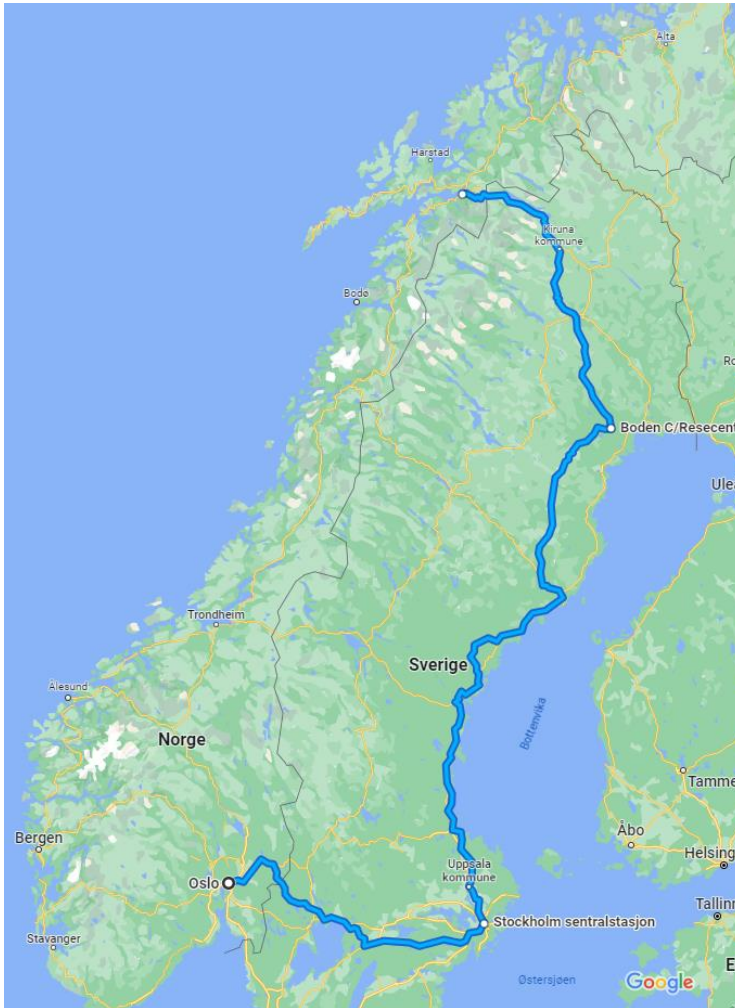
2.0 Casebeskrivelse

PostNord er en transport- og logistikkbedrift som har et omfattende aktivitetsområde i hele Norge. Som nevnt innledningsvis, har avdelingen deres i Nord et stort forbedringspotensial når de distribuerer til kundene sine i regionene. Mye på grunn at Nord-Norge er et langstrakt område med store avstander, og stor befolkningsspredning i regionen, som gjør det vanskelig å optimalisere kjøretøysutnyttelsen. Dette blir en ekstra stor utfordring når de deler opp distribusjon av partigods og stykkgoods (se vedlegg A). Denne oppdelingen skaper siloeffekter (se vedlegg A) for PostNord i distribusjonsfasen. Ifølge PostNord oppstår det hendelser der partigods og stykkgoods blir kjørt til kunder i samme område med forskjellige biler, der man kunne spart den ene bilen om man hadde samarbeidet internt (PostNord, 2023).

Vi skal derfor i denne rapporten se nærmere på terminalene i Harstad og Stokmarknes, for å avdekke mulighetsområde for å forbedre distribusjonen til PostNord ved å samdistribuere partigods og stykkgoods. Før vi tar for oss hvordan vi vil løse problemstillingen vil vi gjøre rede for den eksisterende modellen og hvordan den fungerer i praksis. En god forståelse for den eksisterende modellen er viktig for å løse problemstillingen.

Deres aktiviteter i området inkluderer linjetrafikken inn og ut fra nord, og regional internttransport. Befrakterne (se vedlegg A) som sitter i en lokal terminal i en spesifikk region som Harstad har resultatansvar for transport og distribusjon av stykkgoods. Når en leveranse med stykkgoods blir sendt fra Oslo til Harstad, vil forsendelsen alltid leveres til terminalen i Harstad hvor pakkene blir sortert, lastet på nytt og kjørt til endestinasjon. Partigods tilknyttet til regionene i nord som Harstad, blir styrt av befrakterne som sitter på Langhus, Oslo. Partigods blir etter dagens modell lastet på utsenderterminal og sendt direkte til kundene, uten å stoppe innom terminaler som ligger i regionen.

PostNord transporterer gods med tog fra Oslo som går nordover gjennom Kiruna i Sverige og videre inn til Narvik. Deretter blir godset transportert videre fra Narvik til sluttkunde på vogntog om det er parti, eller inn til terminal om det er stykk.



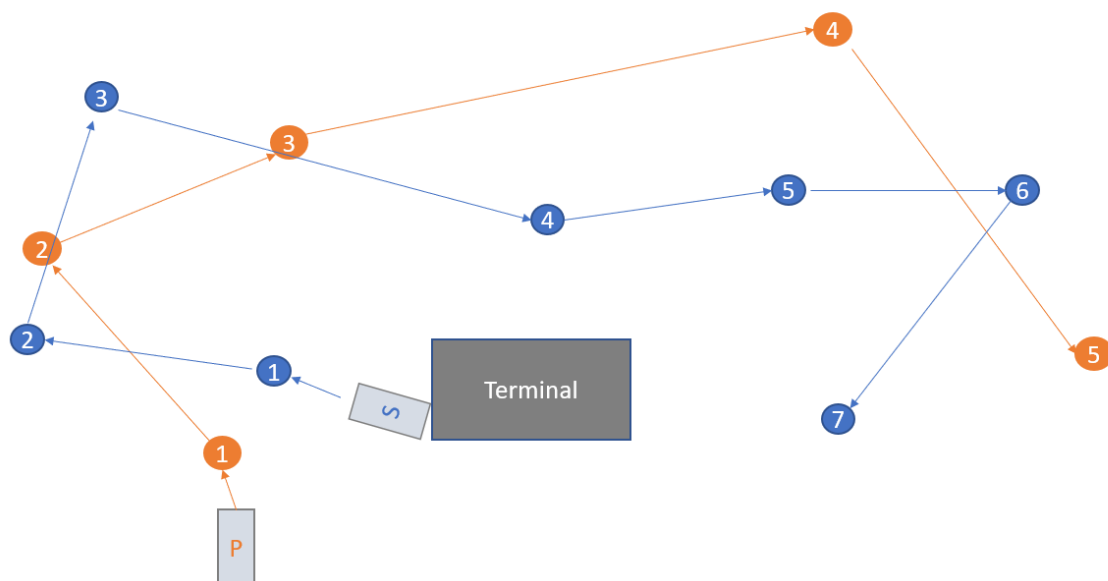
Figur 2.1: Figuren viser togruten PostNord bruker når de transporterer gods med tog fra Oslo til Nord-Norge, med endestasjon i Narvik (Google maps, 2023).

PostNord har også vogntog som et alternativ for hele transportstrekningen. Siden bacheloroppgavens interesse er å forbedre distribusjon til endestasjon vil vi derfor ikke ta stilling til hvordan godset transporteres opp. Formålet med denne informasjonen er å gi en bedre forståelse av den eksisterende modellen. Det er verdt å merke seg at på grunn av at togsporet ender i Narvik, vil godset alltid ankomme regionen ved hjelp av lastebil, uavhengig av om togtransport brukes eller ikke.

Denne informasjonen er viktig ved løsningen av modellen, da det er nødvendig for PostNord å avgjøre om lastebilen med partigods skal kjøre direkte til kunden eller om den skal innom depotet. De partigodsbilene som frigjør plass på veien, bør muligens kjøre innom godsterminal for sortering, slik at produkter som skal til samme klynger (se vedlegg A) kan kjøres på samme rute. Grunnen til dette er hvis utnyttelsen av lastekapasiteten er

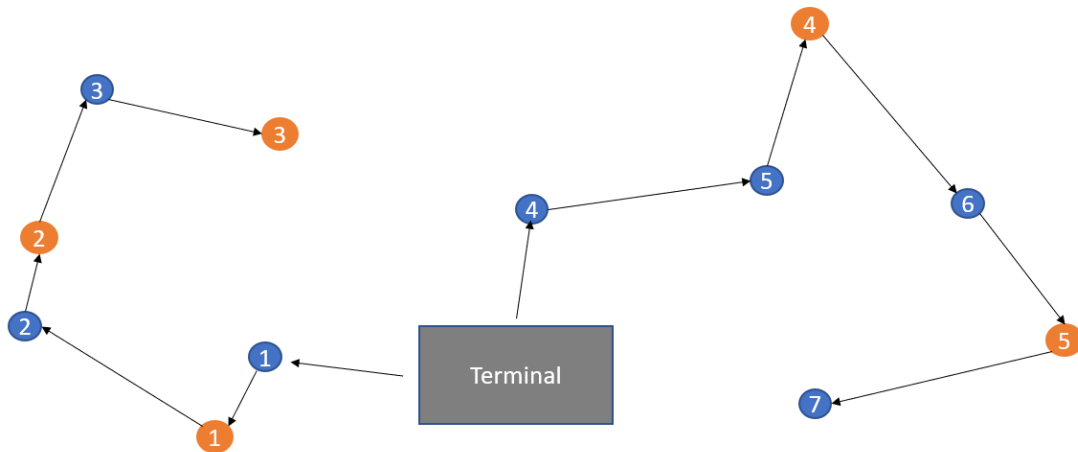
tilfredsstilt, er det mer kostnadseffektivt og tidseffektivt med direkte levering. Eksempelvis om en kunde har en ordre som fyller en hel forsendelse. Slike tilfeller vil ikke bli inkludert i modellen, og dermed ikke en del av løsningen. Inndelingen av kunder mot terminal blir i dag styrt etter postnummer.

Hypotesen til PostNord er at samling av tjenester, som vil si transport av stykkgoods og partigods vil føre til en bedre utnyttelse av ressurser og reduksjon av suboptimalisering. For å gi ett forenklet bilde av den eksisterende distribusjonen har vi laget modellen under.



Figur 2.2: Figuren viser metoden for hvordan PostNord distribuerer partigods og stykkgoods i dag. Figuren viser at en lastebil med partigodsvarer markert P, kjører innom partigodskunder markert som oransje noder. Ut fra terminalen kjører det også en Lastebil med stykkgoods markert S som kjører til stykkgodskunder markert som blå noder. De oransje pilene viser ruten for partigodsleveransen og de blå pilene viser ruten for stykkgoodsleveransen.

For å forbedre sisteledds-distribusjon i henhold til problemstillingen ønsker vi å utforske muligheten for å samdistribuere partigods og stykkgoods. Dette er to forskjellige tjenester PostNord tilbyr, men forskjellen er kun volum og vektbegrensninger så det er mulig i praksis å kombinere de to produkttypene i et lasterom. En forenklet modell av hvordan det kan gjøres er vist i figur 2.3.



2.3: Figuren illustrerer forbedringspotensialet fra figur 2.2. I denne figuren går det to lastebiler ut fra terminalen som leverer varer til både partigodskunder og stykkgodskunder. Ruten til lastebilene er vist med svarte piler og starter fra terminal.

Måten vi vil gjøre dette på er å sende lastebilene som transporterer partigods innom terminalen i regionen tilknyttet leveringspunkt. Da kan vi omlaste partigods med stykkgod før vi sender godset videre til endestedet. For transporten kan vi benytte lastebilen som allerede transporterer partigods opp til terminalen videre i distribusjonen, og vi har også mulighet tildele nye kjøretøy fra terminalen. Dette bryter med PostNord sin eksisterende modell, da de vanligvis kjører partigods direkte til kunder, uten å stoppe på lokale terminaler.

Dette distribusjonsproblemet er svært komplekst i sin helhet og inneholder mange komponenter, noe som gjør modellen vi ønsker å lage vanskelig å gjennomføre. Derfor vil fremgangsmetoden innebære tre separate nivåer. Grunnen til at vi gjør dette, har med problemets kompleksitet å gjøre, og vi vil dekomponere modellen, og deretter legge til submodeller. Dette vil bli nøyere forklart i metodekapittelet i bacheloroppgaven, med figurer som illustrerer de forskjellige stegene.

Steg 1 er det letteste, men også det viktigste steget. Essensen i studien er å komme med en bedre modell for sisteledds-distribusjon i Nord-Norge, som vi tar for oss i steg 1. Steg 2 og 3 er utvidelse der vi tar for oss større kompleksiteter som er relevant for problemstillingen. Ved å kun svare på modell 1 har vi kommet frem til ett tilstrekkelig grunnlag for bacheloroppgaven vår, da vi i vår oppgave gjennomfører et konseptbevis eller bedre kjent

som «proof of concept» for samdistribusjon av parti- og stykk gods i sisteledds distribusjon. Vi gjør rede for steg 2 og 3 fordi det er relevante faktorer som kan løses ved en senere anledning.

3.0 Problemstilling

Hvordan kan distribusjonen av vareflyten til sluttkundene i Harstad og Stokmarknes forbedres gjennom samdistribusjon av stykkgoods og partigods, ved bruk av en utvidelse av «Vehicle Routing Problem» (VRP). Målet for modellen vil være å oppnå bedre kapasitetsutnyttelse, reduksjon av transportavstand, som kan løse utfordringene knyttet til sisteledds-distribusjon.

Denne problemstillingen tar sikte på å løse utfordringen med sisteledds-distribusjon, hvor den siste strekningen av leveransen til sluttkunden ofte er kostbar og ineffektiv. Ved å utforske samdistribusjon av stykkgoods og partigods gjennom en VRP-modell, kan vi undersøke hvordan det er mulig å ytterligere optimalisere distribusjonen til PostNord, som kan føre til reduksjon i den totale transportkostnaden og dermed møte sisteledds-distribusjon-utfordringen mer effektivt. Vi vil ta for oss formuleringen av den matematiske modellen med målfunksjon om å minimere transportkostnad, og se på løsningsmetodikk på hvordan vi kan løse VRP-modellen.

3.1 Delproblemer

Problemstillingen tar for seg et omfattende tema med store kompleksiteter og delproblemer for å kunne løses. En god metodikk for å løse denne bacheloroppgaven er å dekomponere den endelige modellen til enklere problem, for å stegvis implementere ytterligere faktorer som er knyttet til problembeskrivelsen. Derfor skal denne studien innebære tre steg, hvor vi formulerer problemet for det første steget:

1. Det første steget skal kun forbedre sisteledds-distribusjon, som skal ta for seg utgående spredningstransport fra terminalen i Harstad.
2. Steg to skal utvide med linjetrafikken for partigods med Oslo som utgangspunkt.
3. Det tredje steget skal se på Stokmarknes og Harstad under én region, for å finne ut hvilke kunder som skal bli betjent av hvilken terminal. Her blir også linjetrafikken til stykkgoods også relevant.

Det er viktig å merke seg at alle stegene er samme modell, det betyr at man starter på steg en og utvider til modell to, og ytterligere til modell tre. Den fullstendige modellen har en mer omfattende tilnærming til VRP enn den første submodellen.

3.2 Antagelser

For å besvare problemstillingen må vi utføre ruteoptimalisering ved bruk av «Fleet Size and Mix Vehicle Routing», forkortet som FSMVRP (se vedlegg A) modell. Innenfor FSMVRP metodikk er det vanlig å håndtere «Split Demand» (se vedlegg A), som oppstår når en kunde etterspør mer enn hva en enkelt kjøretøyskapasitet kan levere, og derfor må oppdeles i to eller flere kjøretøy. Med tanke på PostNord sin stilling som en av de største logistikkbedriftene i Norden, antar vi at distribusjonen i Nord-Norge har tilfeller med «Split Demand».

Lastebiler er aldri en knapphetsressurs i denne bacheloroppgaven, derfor har vi ubegrenset mengde med lastebiler. Dette er en antagelse vi tar forgitt fordi PostNord har stor kjøretøysflåte slik at de kan tildele biler dersom det behøves. En annen grunn til at vi ikke inkluderer det i modellen vi formulerer er fordi det bidrar til økt kompleksitet i problemet.

3.3 Avgrensinger

Bacheloroppgaven omfatter Harstad og Stokmarknes i Nord-Norge. Ved å avgrense til dette geografiske området, kan vi undersøke mulighetsområdet og finne løsninger for de eksisterende utfordringene som finner sted her. Utfordringer som store avstander og spredt befolkning er reelle, og kan også være representativt for andre områder i Nord-Norge. Dette begrunnes med at alle fem terminalene i Nord-Norge har tilsvarende problemer når det gjelder å øke fyllingsgraden per transportforsendelse (PostNord, 2023). Derfor finnes det et behov for samdistribusjon blant de to produkttjenestene internt i PostNord for å redusere transportavstand og lastebilturer, som kan dermed forbedre kapasitetsutnyttelsen. Derfor er det nødvendig med en samlast mellom stykkgoods og partigods, der det lar seg gjøre.

I denne bacheloroppgaven vil vi matematisk formulere og beskrive FSMVRP-modellen i submodell 1. Steg 1 og steg 2 vil kun ta for seg Harstad, mens steg 3 vil ta for seg Harstad og Stokmarknes. Vi vil begrense oss til å formulere problemet og ikke utføre selve løsningen. Virksomheten til PostNord inkluderer inngående trafikk, regional trafikk og utgående trafikk av pakker og stykkgoods samt partigods i regionene Harstad og Stokmarknes, men vi vil avgrense oppgaven til distribusjonen til slutt kunder i regionene. Det vil si at linjetrafikken for stykkgoods til og fra regionen ikke vil bli en del av analysen

vår. Bacheloroppgaven vil ikke inkludere spesialvarer slik som frysevarer, fisk, og farlig gods. Spesialvarer har en annen tilnærming til håndtering og transport, og vil kreve en mer spesialisert og detaljert analyse som går utover det vi kan dekke i vår bacheloroppgave, og vil derfor ikke bli inkludert.

Linjetrafikken for partigods blir relevant for denne bacheloroppgaven, fordi i steg to i rutemodellen skal finne ut om det lønner seg å kjøre partigods innom stykkgodsterminal for å redusere lastebilturene. Linjetrafikken for stykkgoods opp til regionen vil ikke bli inkludert før i steg 3, da den eksisterende modellen sender stykkgoods til terminalene i regionen. I distribusjonen av partigods og stykkgoods til sluttkunden i regionene vil i denne analysen holde oss til liten lastebil, stor lastebil og semitrailer.

«Split Demand» kan føre til økt kompleksitet i modellen og lengre beregningstid. Når flere begrensinger og variabler må tas i betraktning, blir det vanskeligere å finne en optimal løsning for problemet. Dersom modellen blir for kompleks, kan det være utfordrende å implementere den i praksis, eller det kan ta for lang tid å løse problemet, derfor blir ikke «Split Demand» inkludert. Av samme grunn vil heller ikke FSMVRP med tidsvindu inkluderes i modellen, det er også vanskelig og tidskrevende å finne data på ulike tidsbehov fra kunder.

4.0 Litteratur

4.1 Sisteleddsdistribusjon

Artikkelen "Framework of «Last Mile» Logistics Research: A Systematic Review of the Literature" av John Olsson, Daniel Hellström og Henrik Pålsson gir en systematisk oversikt over forskning gjort for sisteleddsdistribusjon og redegjør sentrale temaer og områder for videre forskning. Artikkelen presenterer et rammeverk for å analysere og kategorisere tidligere forskning på sisteleddsdistribusjon, basert på faktorer som transportoperasjoner, transportmiddel, teknologi, samarbeid mellom aktører, og miljøpåvirkning.

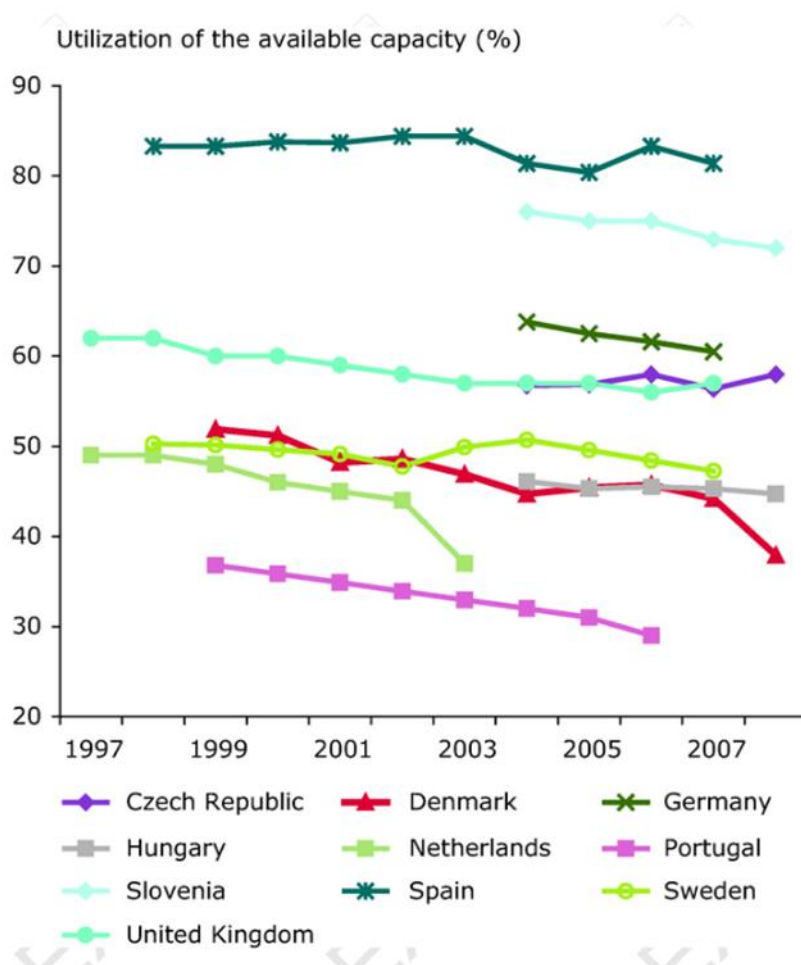
For å optimalisere vareflyten til PostNord i Harstad- og Stokmarknesregionen kan funnene fra artikkelen være relevante. Artikkelen peker på viktigheten av å ta hensyn til lokale forhold, som for eksempel trafikkforhold og bystruktur, når man utvikler og implementerer sisteleddsdistribusjon-systemer. Samtidig trekker artikkelen frem behovet for mer forskning på områder som samarbeid mellom ulike aktører i logistikkbransjen, utvikling av bærekraftige transportalternativer, og hvordan man kan integrere sisteleddsdistribusjon i en større transportkjede.

Artikkelen tar for seg relevante faktorer som denne studien kan ta nytte av. Ved å kombinere partigods og stykk gods i Harstad- og Stokmarknesregionen, kan man muligens oppnå en bedre ressursutnyttelse for levering til sluttkunden, altså sisteleddsdistribusjon. Hensikten blir derfor å redusere antall transportforsendelser ved å øke fyllingsgraden per enhet i sisteleddsdistribusjonen. I tillegg forklarer artikkelen viktigheten av lokale forhold, noe som kan styrke hypotesen til PostNord om at lokal styring kan forbedre sisteleddsdistribusjonen.

4.2 Lastefaktorer for frakttransport

(European Environment Agency, 2021) gjorde en studie som samlet inn data om kjøreutnyttelsen i flere europeiske land, inkludert Østerrike, Tsjekkia, Danmark, Tyskland, Ungarn, Latvia, Nederland, Polen, Portugal, Slovenia, Spania, Sverige og Storbritannia. Denne studien viste at belastningsfaktorene, eller lastefaktorene på godstransport generelt sett gått gradvis nedover (European Environment Agency, 2021). Belastningsfaktor og

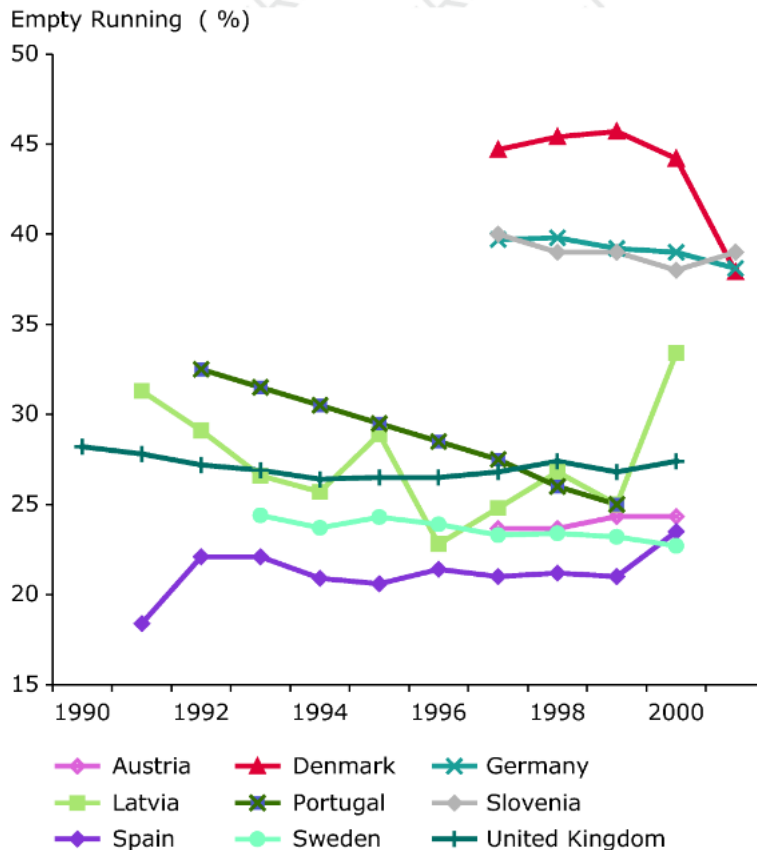
lastefaktor referer til forholdet mellom gjennomsnittlig last og total lastekapasitet for kjøretøy (varebiler, lastebiler, togvogner og skip), uttrykt i kjøretøykilometer (European Enviroment Agency, 2021). Studien brukte vekt som lastefaktor, og man kan se på figur 4.1 at halvparten av landene har 50% eller mindre enn maksimal vektbasert lastefaktor. De resterende fem landene som studien dekker har høy lastefaktor, noe som viser at belastningsfaktoren kan forbedres.



Figur 4.1: Grafen er hentet fra (European Enviroment Agency, 2021) og demonstrerer nedgangen i fyllingsgrad for lastet vogntog. Kapasitet ekskluderer tomkjøring, og uttrykkes som tonn-km. Derfor representerer belastningsfaktoren prosentvis utnyttelse av de maksimale potensielle tonn-km med lastet turer. Spania: Kun kjøretøy for offentlig gods inkludert, og uttrykt som vekt i stedet for tonn-km.

Tomkjøring i godstransport er en ikke-verdiskapende tjeneste og skjer ofte grunnet en asymmetrisk flyt av gods (Mahnken, 2018). Eksempelvis kan dette skje ved levering til et lager eller logistikknytepunkt der det ikke er mulighet for å gi lastebilen returfrakt.

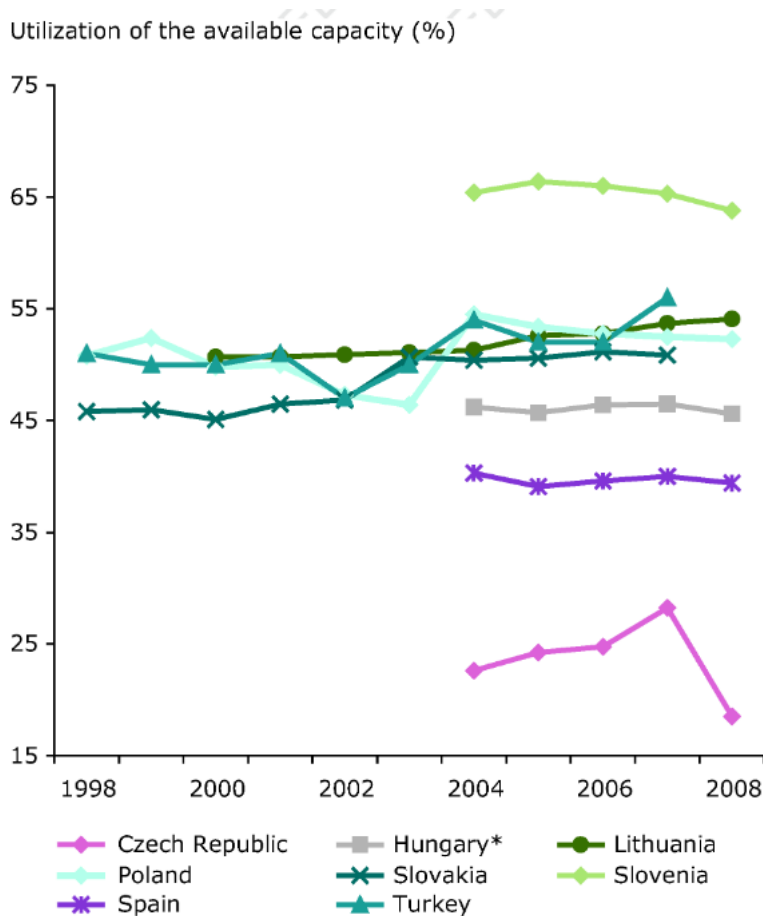
Leveranser til, fra og i Nord-Norge medfører en høyere risiko for tomkjøring. Dette skyldes hovedsakelig av at området er mindre befolket og har lavere aktivitet, noe som kan gjøre det utfordrende med returlast.



Figur 4.2: Grafen illustrerer variansen av tomkjøring i ulike europeiske land (European Environment Agency, 2021). Tomkjøring beregnes på kjøretøy km-basis, og uttrykt som en prosentandel av totalt kjøretøy km.

Jernbanegods skiller seg fra kapasitetsutnyttelsen til vogntog og tomkjøring på grunn av en høyere lastefaktor. Dette skyldes hovedsakelig at togtransport er mer stabilt enn veitransport og kan derfor håndtere større laster, noe som kan defineres som stordriftsfordeler (Rodrigue, 2020). Dr. Rodrigue hevder at ingen annen landstransportmiddel har kapasiteten til jernbane da en vogn kan frakte opptil 100 tonn gods, noe som tilsvarer mer enn tre ganger så mye enn en semitrailer, som har et maksimum lastevekt på 30 tonn (Collicare, u.d.). Selv om jernbane er lite utbredt i Nord-Norge, har PostNord to jernbaneskiner tilgjengelig fra Oslo, en som går langs Norge opp til Bodø, og en som går langs Sverige til Narvik (se figur 2.1). En tilleggsfaktor som forklarer at PostNord fremdeles bruker mer veitransport enn togtransport, er grunner som

avgangstider og togs lave motstandsdyktighet. Figuren 4.3 viser transportflyten og kjøretøyutnyttelsen på jernbanegods holder seg på et stabilt nivå.



Figur 4.3: Grafen viser kapasitetsutnyttelsen for godstransport med jernbane (European Environment Agency, 2021).

4.3 Distribusjonsstrategier som minimerer transport- og lagerkostnader

"Distribution strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs" er en rapport skrevet av Lawrence D. Burns, Randolph W. Hall, Carlos F. Daganzo, og Dennis E. Blumenfeld. Artikkelen presenterer en matematisk modell for å optimalisere distribusjonsstrategier, som tar hensyn til faktorer slik som transportkostnader, lagerkostnader, etterspørsel, produksjonskapasitet og leveringstider. Burns, Hall, og Blumenfeld kartlegger ulike distribusjonsstrategier og evaluerer effekten av disse på transport- og lagerkostnader.

Resultatene viser at det er optimalt å kombinere ulike strategier, inkludert konsolidering av sendinger, justering av bestillingskvanta og optimalisering av ruteplanlegging, og at disse faktorene kan føre til betydelige besparelser i transport- og lagerkostnader (Burns, Hall, Blumenfield, & Daganzo, 1983). Artikkelen viser også at valg av distribusjonsstrategi avhenger av faktorer som produktenes etterspørsel, kundenes beliggenhet og transportnettverket. Konklusjonen er at det å velge riktig distribusjonsstrategi er viktig for å minimere transport- og lagerkostnader. Ved å bruke matematiske modeller og evaluere ulike strategier, kan bedrifter optimalisere distribusjonen og oppnå betydelige kostnadsbesparelser.

I vår bacheloroppgave tar vi ikke for oss kostnadsfaktorer, men vi vil presentere kostnadsfaktorene tilknyttet de ulike lastebilene basert på timekostnad. Vi vil ikke undersøke kostnadsbesparelser i denne studien, men fokusere på å optimalisere ruten for å forbedre lastekapasiteten. På andre siden, tar rapporten for seg ulike strategier som er relevant for vår løsning og analyse av forbedret kapasitetsutnyttelse og fyllingsgrad. Faktorer som distribusjonskonsolidering (se vedlegg A), ruteoptimalisering, kundenes beliggenhet og transportnettverket spiller en viktig rolle for å identifisere og formulere problemet matematisk. Derfor inkluderes denne artikkelen, for å støtte opp ulike argumentasjoner beskrevet i oppgaven.

4.4 VRP og løsningsmetodikk

Artikkelen “Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: a literature review and classification” av Grigorios D. Konstantakopoulos, Sotiris P. Gayialis, Evripidis P. Kechagias tar for seg og klassifiserer ulike typer VRP-problem, samt løsningsmetodikk og algoritmer som kan brukes for å løse de ulike problemene (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020). Sammenhengen mellom VRP-variantene og de anvendte algoritmene ble også identifisert. Artikkelen baserer seg på 263 artikler om godstransport og VRP der de identifiserer trendene for VRP-variantene og de anvendte algoritmene i løpet av det siste tiåret opp til 2019.

Denne artikkelen er svært relevant for vår bacheloroppgave da de gir en grundig gjennomgang av ulike typer av VRP, algoritmer relatert til VRP og hvordan man kan løse de forskjellige VRP-variantene. Artikkelen vil danne grunnlaget for hvordan vi vil foreslå å løse vår egen modell og problemstilling.

4.5 Konsolidering i kjøretøyet i LTL for godstransport

"Benefits of in-vehicle consolidation in less than Truckload freight transportation" er en studie skrevet av Rodrigo Mesa-Arango og Satish V. Ukkusuri som undersøker potensialet for å øke effektiviteten i mindre enn fullastet godstransport (LTL) ved å bruke konsolidering i kjøretøyet.

Studien understreker fordelene ved å konsolidere last i kjøretøyet underveis i transporten, slik at man kan redusere antall tomme turer, forbedre fyllingsgraden og optimalisere lastekapasiteten (Mesa-Arango & Ukkusuri, 2013). Studien bruker matematiske modeller og simuleringer for å analysere potensialet for konsolidering i kjøretøy, og presenterer resultatene fra ulike scenarier. Resultatet i studien viste at konsolidering i kjøretøy kan føre til betydelige besparelser i transportkostnader og bedre kjøretøyutnyttelse. Imidlertid, bruker studien tilbud som løsningsmetode, noe denne bacheloroppgaven ikke skal ta hensyn til, fordi vi har i dette problemet ubegrenset antall kjøretøysflåte.

Studien kan knyttes relevans til vår oppgave. Fyllingsgraden i en LTL-transport er lav fordi man ikke alltid har nok varer til å fylle en hel lastebil. Ved å benytte konsolidering i lastebilen kan man likevel fylle lastebilen bedre ved å samle opp flere mindre forsendelser i løpet av turen og dermed utnytte kapasiteten bedre. Nord-Norge har slike tilfeller av forsendelser, hvor vi i denne bacheloroppgaven skal undersøke om konsolidering av kjøretøyet kan være løsningen.

4.6 Behovet for samdistribusjon i lavt befolket områder

Artikkelen "The need for co-distribution in rural areas - a study of Pajala in Sweden" av Charlotte Hageback og Anders Segerstedt tar for seg utfordringene ved distribusjon av varer og tjenester i landlige områder (HageBack & Segerstvedt, 2004). Forfatterne av rapporten fokuserer spesielt på Pajala, en kommune i Sverige med spredt befolkning og lange avstander mellom tettsteder. Artikkelen viser at tradisjonelle distribusjonsmetoder som individuell levering og posttjenester kan være kostbare og ineffektive i slike områder. Forfatterne foreslår derfor en modell for samdistribusjon, hvor ulike leverandører samarbeider om å levere varer og tjenester til samme sted samtidig. Dette kan føre til en mer effektiv distribusjon og reduserte kostnader for både leverandører og forbrukere.

I denne bacheloroppgaven vil vi formulere et ruteoptimaliseringsproblem som tar for seg samdistribusjon i landlige områder, derfor har denne artikkelen flere likheter som kan trekkes mot vår bacheloroppgave. Begge har som mål å kunne effektivisere leveringsflyten med hensyn på å forbedre kapasitetsutnyttelsen. Teorien om samdistribusjon vil være relevant for oppbygging av denne bacheloroppgaven og vil brukes for å støtte opp argumenter.

4.7 Fyllingsgraden i frakttransport

Denne kvantitative masteroppgaven med tittelen "Fill Rate in Road Freight Transport" utforsker begrepet og omfanget av fyllingsgrad i sammenheng med godstransport på vei (Hosseini & Shirani, Fill Rate in Road Freight Transport, 2011). Studien tar sikte på å identifisere faktorene som påvirker fyllingsgraden og å undersøke sammenhengen mellom fyllingsgrad og transportkostnadseffektivitet. Oppgaven presenterer en litteraturgjennomgang om relevante teorier og konsepter knyttet til fyllingsgrad og transportkostnadseffektivitet, etterfulgt av en kvantitativ analyse av data samlet inn fra et stort europeisk veitransportselskap.

Funnene i studien tyder på at faktorer som forsendelsesstørrelse, rutelengde og leveringsfrekvens påvirker fyllingsgraden. Studien viser også at det er en positiv sammenheng mellom økt fyllingsgrad og transportkostnadseffektivitet (Hosseini & Shirani, Fill Rate in Road Freight Transport, 2011). Masteroppgaven avsluttes med å diskutere implikasjonene av disse funnene for veitransportselskaper og gir anbefalinger for å forbedre fyllingsgraden og transportkostnadseffektiviteten.

Denne masteroppgaven er relevant for problemstillingen om hvordan distribusjonen av vareflyten til sluttkundene i Harstad og Stokmarknes kan forbedres ved å anvende ruteoptimaliseringsmodeller og samdistribusjon av stykkgoods og partigods. Begge problemstillingene setter søkelys på å forbedre kapasitetsutnyttelsen i godstransport. De faktorene som påvirker fyllingsgraden slik masteroppgaven tar opp er aktuelle for denne studien. Ved å bruke en ruteoptimaliseringsmodeller, kan distribusjonen av vareflyten forbedres for å oppnå bedre kapasitetsutnyttelse og reduksjon av transportforsendelser. Implementeringen av anbefalinger fra studien om "Fill Rate in Road Freight Transport" kan bidra til å løse utfordringene knyttet til sisteledds-distribusjon i Harstad og Stokmarknes.

5.0 Teori

5.1 PostNord sine interne definisjoner

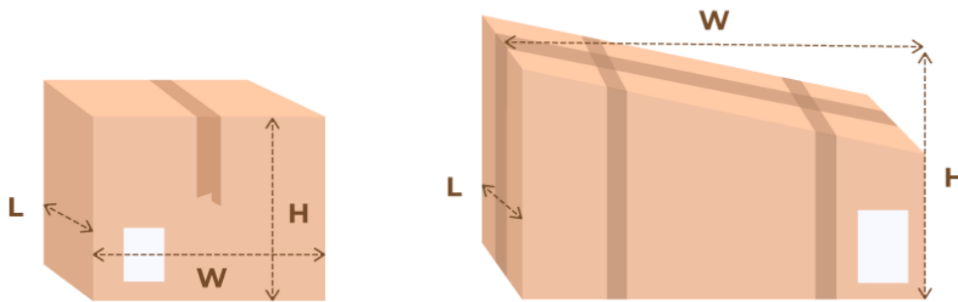
PostNord har ulike interndefinisjoner som er listet opp og forklart nedenfor:

PostNord tilbyr to forskjellige typer frakt for kunder som ønsker å sende gods: partigods og stykkgoods. Partigods er definert som sendinger med en samlet vekt på mer enn 2,5 tonn og fraktes ofte uten å måtte innom terminaler på grunn av størrelsen på lasten. Stykkgoods, derimot, refererer til sendinger der man kan kombinere flere kollier i forskjellige størrelser med en samlet vekt på opptil 2,5 tonn. Kolli referer til hver eske eller pakke som er transportert. Hvert enkelt kolli kan ikke veie mer enn 1000 kg. Dette betyr at en enkelt stykkgodssending kan bestå av flere mindre kollier som samlet veier opptil 2,5 tonn, så lenge hvert enkelt kolli ikke veier mer enn 1000 kg. Det er mulig å sende flere stykkgodssendinger i samme transport (PostNord, 2023).

Partifrakt er en spesifikk form for frakt som involverer transport av gods for en enkelt kunde eller en gruppe kunder som deler samme lasterom på et kjøretøy eller transportmiddel. Partigods for avdeling Nord blir fjernstyrt fra Langhus i Oslo. Dette skiller seg fra stykkgoods, da stykkgoods blir styrt fra lokal terminal. Partifrakt kan være mer kostnadseffektivt for større forsendelser eller forsendelser som krever spesielle krav til håndtering eller sikkerhet. Det gir også mer fleksibilitet og kontroll over tidspunktet og ruten for transporten. Dermed kan kunder velge mellom partigods og stykkgoods avhengig av deres spesifikke behov for transport av gods. PostNord tilbyr begge disse tjenestene for å imøtekomme ulike behov og preferanser blant kundene (PostNord, 2023).

Linjetrafikk refererer til en form for transport som opererer på faste ruter og tidsskjemaer, vanligvis mellom faste stoppesteder (PostNord, 2023). Linjetrafikk inkluderer busser, trikker og tog som kjører på faste ruter og stopper på faste steder langs veien eller jernbanelinjen. For PostNord sitt tilfelle referer linjetrafikk til faste transporter som er satt opp mellom terminaler, kunder og togtransport (PostNord, 2023). Et konkret eksempel på linjetrafikken i PostNord er stykkgodsforsendelse mellom terminal i Oslo og terminalen i Harstad.

En sending er en gruppe av kolli som blir transportert sammen. Fraktberegningsvekt er et begrep som brukes i transportsektoren for å finne ut hvor mye en sending veier basert på størrelsen. Dette er spesielt relevant i situasjoner hvor større gjenstander har en lavere egenvekt enn mindre gjenstander, og dermed kan utløse høyere transportkostnader på grunn av plassutnyttelse i frakterommet. På en slik måte får PostNord en effektiv fraktberegningsvekt som gir et rasjonelt kostnadsallokering. Tabell 5.1 viser formel for fraktberegningsvekt.



Figur 5.1: Figuren viser eksempel på to esker med ulike volumetriske vektdimensjoner for lastebiltransport. Figuren illustrerer ved stiplet linjer at man bruker lengste mål på siden når man regner ut fraktberegningsvekt (Franco, 2020).

Stykkgoods	Partigods
$\frac{\text{Lengde} * \text{Bredde} * \text{Høyde}}{3,5}$	$\frac{\text{Lengde} * \text{Bredde} * \text{Høyde}}{3,0}$

Tabell 5.1: Tabellen inneholder formlene for utregningen av fraktberegningsvekt for stykkgoods og partigods.

Et eksempel på hvordan man beregner fraktberegningsvekt for stykkgoods:

$$\text{fraktberegningsvekt} = \frac{\text{Lengde} * \text{Bredde} * \text{Høyde}}{3,5}$$

$$0,30m * 0,60m * 1,50m = 270dm^3$$

$$\frac{270dm^3}{3,5} = 77,14 kg$$

Det gir 77,14kg i fraktberegningsvekt.

Omberegningsfaktor på 3,5 omgjøres til kilo, noe som vises under:

$$3,5 = 3,5 \frac{dm^3}{kg}$$

$$\frac{270 \frac{dm^3}{kg}}{3,5 \frac{dm^3}{kg}} = 77,14 \text{ kg}$$

Det er verdt å nevne at fraktberegningsvekt er i alle tilfeller større eller er lik virkelig vekt. I teorien betyr dette at man kan ha 100% fyllingsgrad, men den virkelige vekten kan være under lastekapasiteten. Eksempelvis kan fraktberegningsvekten være på 30 tonn, som er den maksimale lastekapasitet for en semitrailer, men virkelig vekt kan være på 25 tonn. I slike tilfeller kan man laste ytterlige 5 tonn i virkelig vekt, som kan gi en fyllingsgrad på over 116,67% hvis man respekter fraktberegningsvekt som lastefaktor. Derfor er det viktig å kunne skille mellom virkelig vekt og fraktberegningsvekt.

5.2 Sisteleddsdistribusjon

Sisteleddsdistribusjon er en betegnelse som brukes for å beskrive det siste transportleddet av forsyningskjeden, fra det siste distribusjonssenteret til mottakerens ønskede destinasjon. Denne delen av forsyningskjeden er ofte betraktet som en av de mest kostbare, ineffektive og miljøskadelige etappene av transporten tilknytt forsyningskjeden (Olsson, Hellström, & Pålsson, 2019). Studier har anslått at sisteleddsdistribusjonen kan utgjøre alt fra 13-75% av totale forsyningskjedekostnader relatert til transport, avhengig av en rekke faktorer (Olsson, Hellström, & Pålsson, 2019). I praksis refererer sisteleddsdistribusjon til de fysiske leveringsaktivitetene som må utføres for å få varene helt frem til mottakerens endelige destinasjon.

5.3 Ruteoptimalisering

Når man konsoliderer partigods og stykkgoods i en transportforsendelse, betyr det at man legger til flere kundeordre i en container, på tvers av partigods og stykkgoods. Som en konsekvens av dette, medfører et slikt system flere antall stopp på transportruten. Når man

øker fyllingsgraden ved å inkludere flere sendinger, er det nødvendig å stoppe på flere steder for å levere til adressert mottaker. Dette kommer med en begrensning.

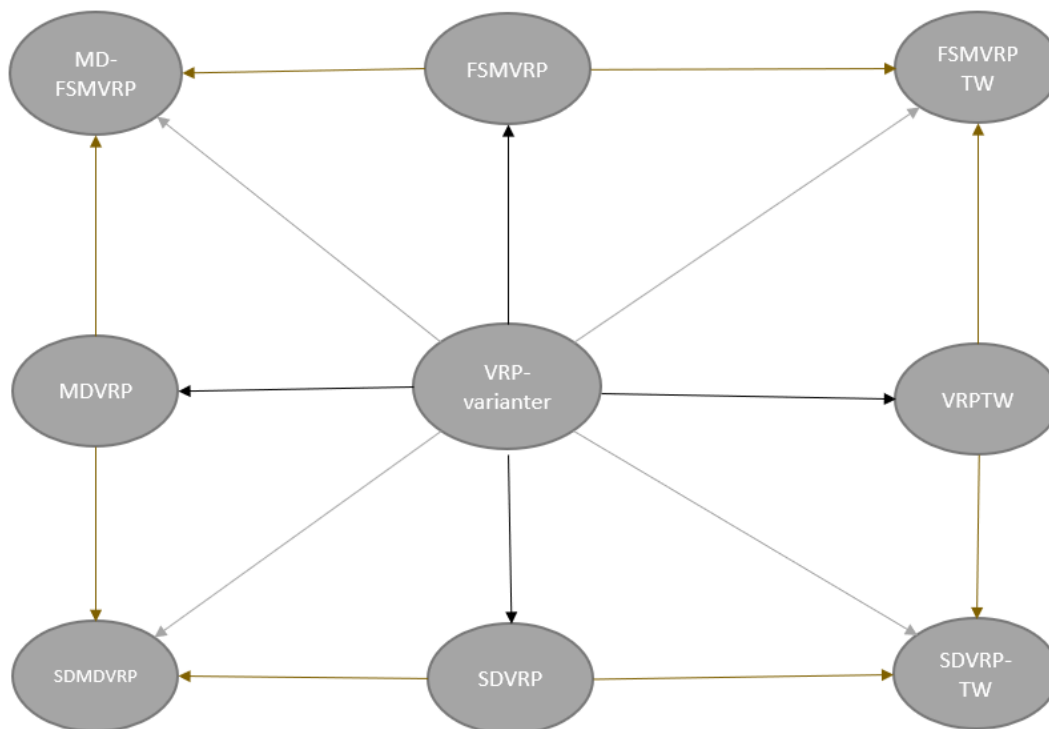
Arbeidsmiljøloven og Vegtrafikkloven regulerer arbeidstidens lengde og kjøretøyets vekt. En sjåfør som kjører en lastebil med tillatt totalvekt på over 7,5 tonn, kan ikke kjøre mer enn ni timer om dagen, og dette må inkludere en hviletid på minst 45 minutter etter 4,5 timers kjøring (Lovdata, 2020).

Derfor skal konsolidering av partigods og stykkgoods i prinsippet gi færre antall kjøretøy, men økt antall stopp per forsendelse. Dette krever et større behov for en effektiv og optimal rutehåndtering.

«Vehicle Routing Problem» (VRP) kan defineres som et problem som har som hensikt å finne det optimale leverings- eller henterute fra et eller flere depoter til en rekke kunder, samtidig som det skal tilfredsstille gitte begrensninger. VRP spiller en sentral rolle innenfor moderne distribusjon og logistikk, og har vært et omfattende forskningsområde, med mange studier av ulike VRP-varianter (Kenderaan & Penyelesaian, 2008).

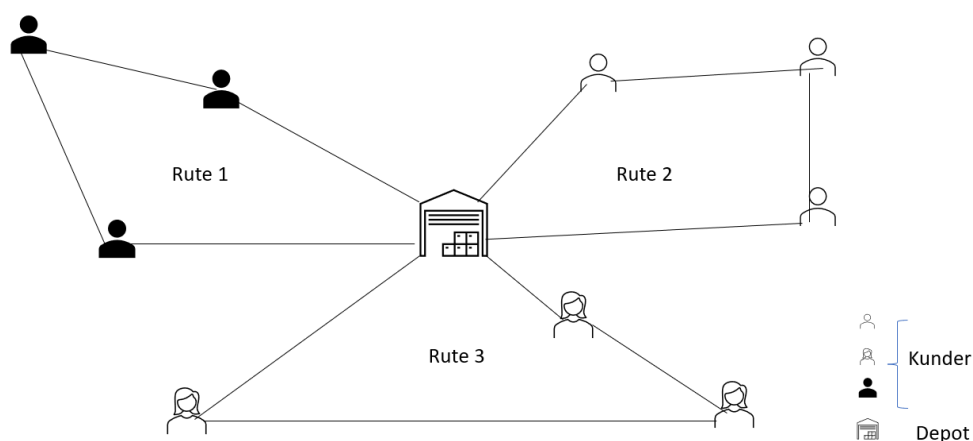
VRP-varianter og forkortelser	
Multi-depot-VRP	MDVRP
Fleet size mixed-VRP	FSMVRP
VRP-time window	VRPTW
Split demand-VRP	SPVRP
Capacitated-VRP	CVRP
Multi-trip-VRP	MTVRP

Tabell 5.2: Tabellen viser noen av VRP-modellene som finnes i dag, med tilhørende forkortelsene som blir brukt når man refererer til dem.



Figur 5.2: Figuren viser ulike VRP-varianter, og hvordan VRP-varianter kan kombineres for å lage nye varianter. De fire variantene markert med svarte biler er de fire øverste fra tabell 5.2. Fra disse variantene er det fargelagte piler som danner en ny VRP-variant som kombinerer de to variantene. Denne figuren kunne vært utvidet enda mer med flere varianter, som viser til det store omfanget man har innenfor VRP.

Bruk av databaserte VRP-algoritmer i distribusjon har vist seg å være svært kostnadsbesparende, og i flere tilfeller resultert til en reduksjon på 5%-20% i transportkostnader (P. & Vigo D., 2001). Blant alle VRP-modeller, skal vi i dette teorikapittelet fokusere på den klassiske VRP-modellen som vil bli presentert under.



Figur 5.3: Figuren viser tre ulike ruter ut fra et depot til flere kunder. VRP kan generere flere ruter for å betjene alle kundelokasjoner.

I klassikk VRP, er kundene kjent på forhånd, samt kjøretiden mellom kundene og servicetiden. Den klassiske VRP kan defineres slik (Kenderaan & Penyelesaian, 2008): La $G = (V, A)$ være en graf hvor $V = \{1, \dots, n\}$ er et sett med toppunkter som representerer kunder med depot plassert i toppunkt 1, og A er settet med linker i nettverket. Med hver link (i, j) $i \neq j$ er assosiert med en ikke-negativ distansematrise $C = (C_{ij})$. I ulike problemer, kan (ij) defineres som transportkostnader eller transportdistanse. I klassiske VRP-modeller, er det tre generelle restriksjoner som må inkluderes (Kenderaan & Penyelesaian, 2008).

- i. Alle kunder er betjent nøyaktig én gang av én lastebil
- ii. Alle ruter må starte og avslutte på samme depot
- iii. Sidebegrensinger oppfylt

Objekt funksjon:

$$MIN \sum_{i \neq j} d_{ij} x_{ij}$$

VRP-modellen kan matematisk formuleres slik:

$\sum_j x_{ij} = 1, \forall i \in V$	Besøker kunde kun 1 gang
$\sum_i x_{ij} = 1, \forall j \in V$	Besøker kunde kun 1 gang
$\sum_i x_{ij} \geq S - v(S), \{S: S \subseteq V \setminus \{1\}, S \geq 2\}$	Sub-turer elimineres
$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall \{i, j\} \in E; i \neq j$	Binære variabler

Tabell 5.3: Tabellen viser de begrensingene som inkluderes i klassisk VRP (Kenderaan & Penyelesaian, 2008).

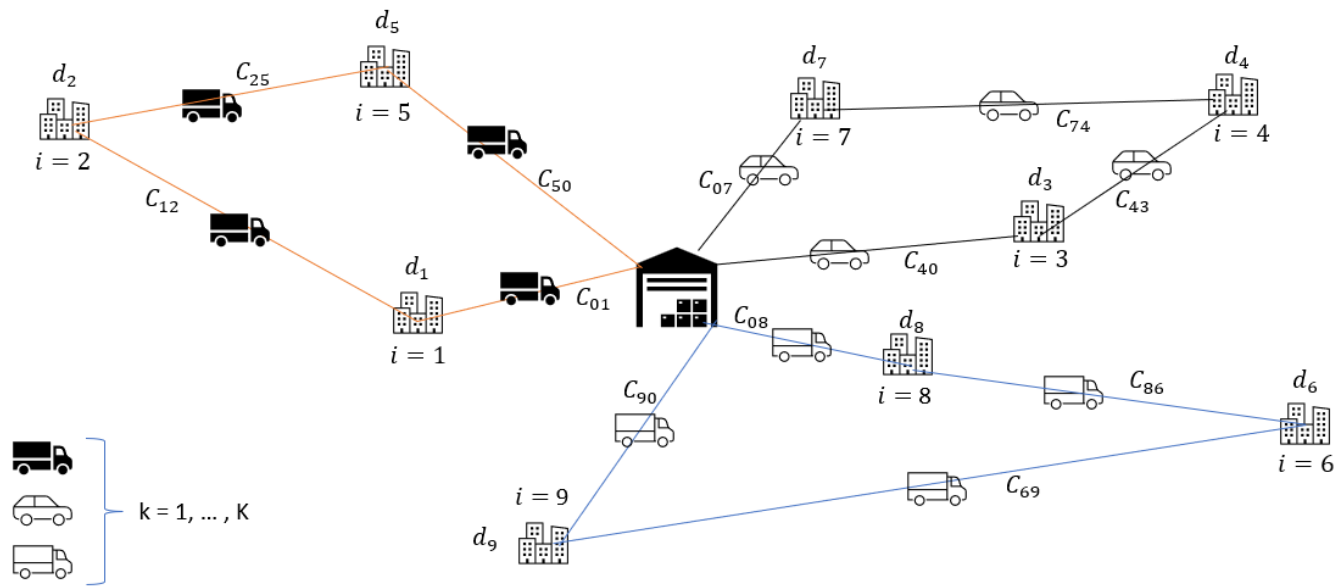
Objekt funksjon, de to første begrensingene, og den siste variabelen definerer et modifisert oppdragsproblem. Begrensing oppført i tredje kolonne i tabell 5.3 eliminerer muligheten

for sub-tur. $v(S)$ er en passende nedre grense for antall kjøretøy som kreves for å besøke alle toppunktene i S i den optimale løsningen (Kenderaan & Penyelesaian, 2008).

Slikt som forklart, finnes det en rekke ulike varianter av VRP-modeller som dekker ulike optimaliseringsbehov. I vårt problem stilles det krav til en utvidet variant av VRP, nærmere bestemt Fleet Size and Mixed Vehicle Routing Problem (FSMVRP). FSMVRP er et svært komplekst optimaliseringsproblem som innebærer å beslutte optimale ruter og fordeling av en gruppe kjøretøy med ulike kapasiteter som mål å betjene en gitt gruppe kunder eller steder (Golden, Assad, Levy, & Gheysens, 2003). Forskere antar ofte at kjøretøy er identiske, homogene flåter i mindre komplekse VRP-problem. Siden dette problemet har en gruppe med ulike kjøretøy tilgjengelig, har vi derfor en heterogen flåte som gjør problemet betydelig mer avansert.

Problemet blir stort sett definert ved en gruppe kundelokasjoner, med tilhørende etterspørselsbehov. En gruppe kundelokasjoner går under fagbegrepet «klynger», og er et mer utbredt ord innenfor VRP-forskning. FSMVRP blir fordelt i grupper med ulike kjøretøy med forskjellige kapasiteter, kostnader, og tilgjengelighetsrestriksjoner. Til slutt tar problemet for seg en gruppe ruter som brukes for å betjene kundene i klyngene. Hensikten med problemet er å minimere den totale kostnaden eller avstanden for å betjene alle kunder, inkludert kostnadsfaktoren for å benytte seg av de ulike kjøretøyene.

FSMVRP skiller seg fra den klassiske VRP-problemet, fordi det tillater forskjellige kjøretøy med varierende kapasiteter, samt kostnadsstrukturer. Dette resulterer til en mer fleksibel og realistisk modellering av distribusjons- og transportproblemer der en flåte av ulike kjøretøy er tilgjengelige for å optimalisere et ruteproblem. Bildet under illustrer en flåte på tre ulike kjøretøy med forskjellige egenskaper og kapasiteter.



Figur 5.4: Figuren illustrerer et “Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem”. Figuren er et stillbilde over FSMVRP og blir fordelt opp i ulike kjøretøy til ulike ruter og kunder. I vårt tilfelle har vi tre ulike kjøretøy, hvor $K=1, 2, 3$.

Parameter	Beskrivelse
$i = 0, 1, 2, \dots, I$	Sett av noder, depot inkludert.
$k = 1, 2, 3, \dots, K$	k er antall kjøretøy vi har tilgjengelig i et FSMVRP-problem, dette kan variere seg til ulike problem. I vårt tilfelle tar vi i bruk en kjøretøysflåte på 3 biler med ulike egenskaper.
$i = 1, 2, \dots, I$	Sett av noder, uten depot.
Q_k	Lastekapasiteten til bil k .

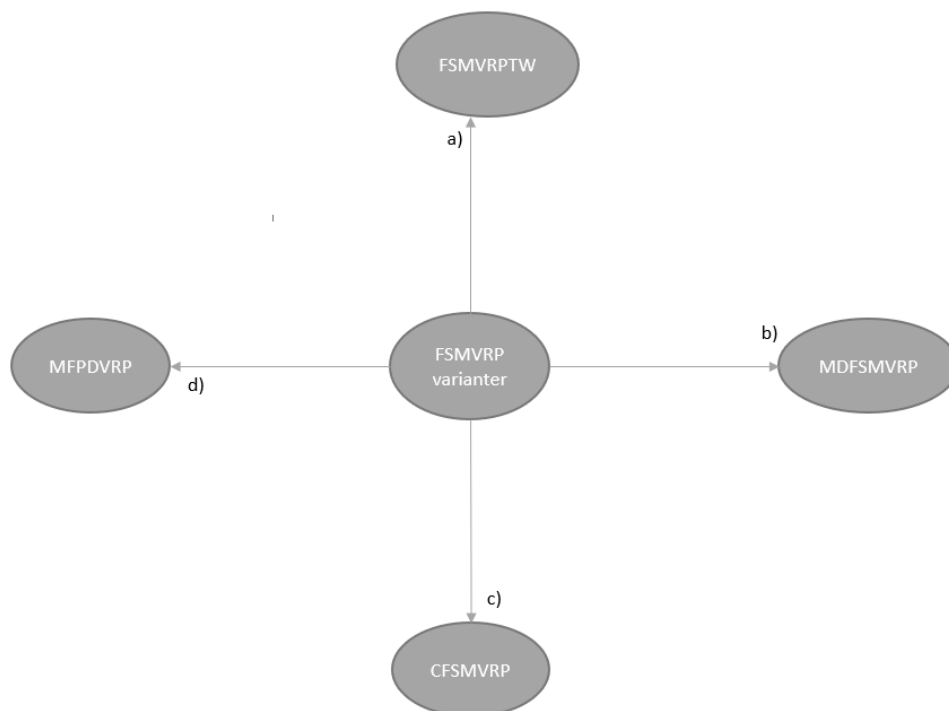
Tabell 5.4: Tabellen viser en oversikt over parametre som tilhører et FSMVRP-problem med en beskrivelse av de ulike parameterne.

Variabler	Beskrivelse
X_{ijk}	Fra node i til node j med kjøretøy k, hvor ($k = 1, 2, \dots, k$). Størrelsen på flåten blir bestemt av antall ulike kjøretøy.
Y_{ik}	Bil k kjører til node i = 1 hvis bil k kjører til node i, 0 hvis ikke.
Z_k	Bruke bil k = 1, 0 hvis ikke.

Tabell 5.5: Tabellen illustrer variablene som er relevant for dette problemet. Disse tre variablene er binære.

Oversikten vist ovenfor bygger videre på klassisk VRP, og har dermed direkte sammenheng med tabell 5.3. I FSMVRP har man også forskjellige teknikker og algoritmer som brukes for å løse ulike modeller.

FSMVRP har ulike variasjoner avhengig av problemet og modellens inklusjoner. Nedenfor vil ulike varianter av FSMVRP identifiseres:

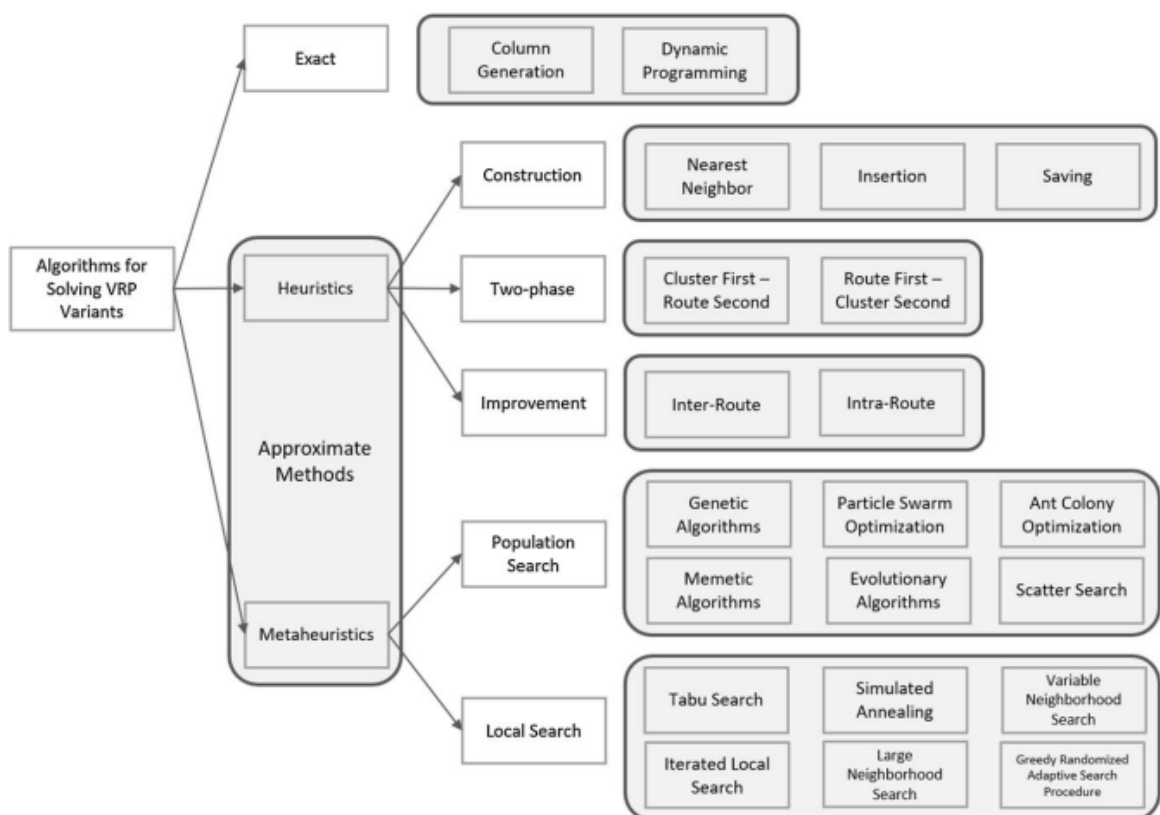


Figur 5.5: Figuren viser mulige varianter av FSMVRP med tankekart. Hver variant er markert med a til d som for å identifisere med forklaringen i den kommende teksten.

- a) FSMVRP med tidsvinduer: Denne optimaliseringsmodellen tillater et tidsvindu en kunde skal bli betjent. Tidsvindue angir den tiden hvor kunden er tilgjengelig for levering av gods. Derfor må denne modellen ta stilling til kunders tidsvindu.
- b) Multi-Depot FSMVRP: I disse tilfellene har problemet inkludert flere depoter som er tilgjengelige for gruppene med kjøretøy. Kjøretøyene må dermed plukke opp varer eller levere varer fra de forskjellige depotene, i tillegg til å betjene kundene.
- c) VRP med begrensede kjøretøy: For dette problemet er antall kjøretøy begrenset. Målet med dette problemet er å ruteoptimalisere med et begrenset antall kjøretøy.
- d) Delt levering/henting FSMVRP: I denne varianten av FSMVRP kan kjøretøyene plukke opp varer fra en kunde og levere dem til en annen kunde på vei til et depot.

5.4 VRP algoritmer

Innenfor VRP kan man bruke ulike algoritmer for å løse problemstillingen. Under ser man hvordan man kan klassifisere de ulike algoritmene.



Figur 5.6: Figuren viser klassifisering av algoritmer for VRP (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020).

Øverst i figuren har vi eksakte algoritmer. Dette er algoritmer basert på matematiske modeller som beregner seg frem til å finne den optimale løsningen. Dette er hovedforskjellen fra omtrentlige algoritmer. Omtrentlige algoritmer er løsningsmetoder som gir suboptimale løsninger. Dette er løsninger som kan være gode, men er ikke den best mulige løsningen (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020). Når man skal finne en løsning er det eksakte algoritmer som gir det beste resultatet, men i problemer med høy kompleksitet og mange variabler kan dette føre til at beregningene og tiden det tar blir så omfattende at det å finne den optimale løsningen blir upraktisk. Da kan man isteden bruke omtrentlige algoritmer som heuristiske og metaheuristiske algoritmer, som gir en bedre balanse mellom praktisk gjennomføringsevne og kvalitet på løsningen man kommer fram til (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020).

Omtrentlig algoritme blir delt inn i heuristiske algoritme og metaheuristiske algoritme i modellen over. Som vist i figuren over deler man heuristiske algoritme i tre hovedkategorier som er «Construction», «TwoPhase» og «Local Improvement heuristics». Innenfor disse hovedkategoriene finner man videre inndelinger i algoritmer som tilhører hovedkategorien (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020).

Metaheuristiske algoritme er i likhet med heuristiske algoritme en omtrentlig algoritme som ikke finner de optimale løsningen, men finner en løsning som er nærme nok den optimale løsningen slik at den tilfredsstillende formålet. Metaheuristiske algoritme er en søkealgoritme som vist i figuren over blir delt inn i population search og local search. Innenfor disse hovedkategoriene har man igjen flere ulike algoritmer, i likhet med heuristiske algoritmer. Styrken til metaheuristiske algoritmer er deres evne til å utforske et søkeområde og samtidig utnytte allerede oppnådde løsninger. Dette resulterer i at man kan bruke algoritmene til å finne nye løsninger som er bedre, eller forbedre allerede gode løsninger (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020).

5.5 Lasteheter for veitransport

Det finnes et stort antall lastebiler, som har definert ulike egenskaper og kapasiteter. Tabellen under gir oversikt over tre ulike lastebilegenskaper. Oversikten tar høyde for europaller størrelse 80cm x 120cm, med et maksimum lastevækt i Norden som tilsvarer 30

tonn. Lasteenheterne inkluderer kun relevante lastebiltyper med tilhørende kostnadsfaktor for denne bacheloroppgaven.

Lastebil	Maksimum lastevikt	Pallplass
Lastebil Liten	1 tonn	8 paller
Lastebil Stor	10 tonn	21 paller
Semitrailer	30 tonn	34 paller

Tabell 5.6: Lasteenheter for lastebiler som er relevant for denne bacheloroppgaven

(Collicare, u.d.)

Lastebil	Kostnadsfaktor
Lastebil Liten	430kr per time.
Lastebil Stor	510kr per time.
Semitrailer	650kr per time

Tabell 5.7: Kostnadsfaktor for tilhørende kjøretøy i tabell 5.6 (PostNord, 2023).

5.6 Kjøretøyutnyttelse og fyllingsgrad

Fyllingsgrad er en viktig faktor innen transportøkonomi og refererer til graden av utnyttelsen til et kjøretøy når det frakter passasjerer eller gods. Det er et målingsverktøy for å finne ut av mye av kapasiteten til kjøretøyet som er i bruk i forhold til det totale antallet passasjerer eller mengden gods som kan transporteres.

Mer spesifikt, fordeles definisjonen om fyllingsgrad på fem ulike lastefaktorer (Pahlén & Börjesson): vektbasert lastefaktor, tonn-km lastefaktor, volumetrisk lastefaktor, dekkareal dekning og nivå av tomkjøring (Tabell 5.8).

Lastefaktor	Definisjon
1. Vektbasert lastefaktor	1. Forholdet mellom den faktiske vekten av varer og den maksimale vekten som kunne ha blitt fraktet på en lastet tur.
2. Tonnkilometer lastefaktor	2. Forholdet mellom de faktiske tonnkilometer flyttet til det maksimale tonn-km som kunne vært flyttet hvis kjøretøyet hadde gjort det reist med maksimal lovlig vekt.
3. Volumetrisk lastefaktor	3. Andelen kubikkplass i kjøretøyet som er brukt
4. Gulvareal brukt	4. Andelen av kjøretøyets gulv som dekkes av last, som representerer et 2-dimensjonalt-bilde av kjøretøyet lasting.
5. Nivå av tomkjøring	5. Andelen av lastebilkilometer som går tomme.

Tabell 5.8: Tabellen illustrerer de ulike variantene av lastefaktorer (Pahlén & Börjesson).

Den gjennomsnittlige lastefaktoren er en indikator på hvor mye last et kjøretøy bærer i gjennomsnitt på hver tur. Tradisjonelt har denne faktoren blitt målt utelukkende i vekt. Imidlertid blir stadig mer godstransport volumbegrenset i stedet for vektbegrenset. Dermed vil det være nyttig å også inkludere målinger av lastestørrelsen. Dessverre er det lite tilgjengelig data for å gjøre dette. Dette kan ha implikasjoner for transportplanlegging og -effektivitet, og det er derfor viktig å undersøke nærmere hvordan man kan inkludere slike målinger i fremtidig forskning (McKinnon, Browne, Piecyk, & Whiteing, 2015).

6.0 Metode og data

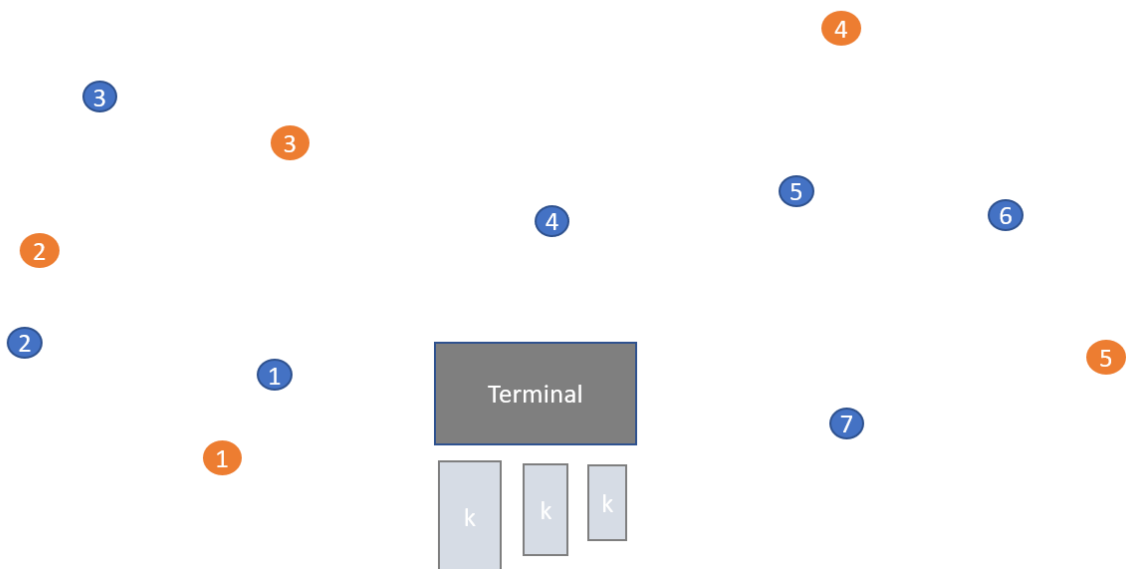
6.1 Metode

For å adressere utfordringen med å øke fyllingsgraden og redusere antall lastebilturer i sisteledds-distribusjonen for PostNord i Harstad- og Stokmarknesregionen, vil en passende forskningsmetode være en kvantitativ tilnærming for samkjøring av varestrømmene. Ved å benytte en kvantitativ metode vil man kunne sikre nøyaktige og objektive målinger av hvordan man kan forbedre kapasitetsutnyttelsen ved å ruteoptimalisere varestrømmene ved samkjøringsmetodikk. Det har som hensikt å identifisere potensielle områder for forbedring og optimalisering, og dermed legge grunnlaget for mer ressurs- og tidseffektive leveranser. Som tidligere har blitt nevnt, gjøres denne prosessen stegvis.

Steg 1.

Første steget i ruteoptimaliseringen blir å kun se på distribusjonen fra én terminal, eller depot som det blir beskrevet i modellen, som blir terminalen i Harstad. Essensen med dette er å kun se på begrensinger som gjelder sisteledds-distribusjonen, fra lokal terminal til sluttkunde.

Modell 1



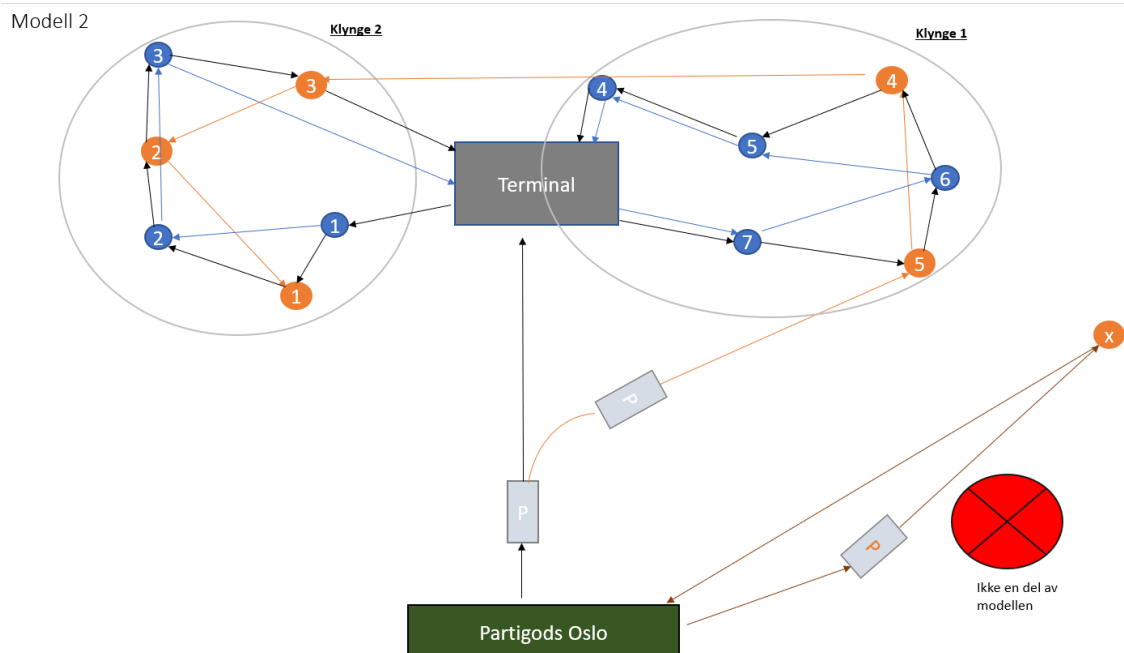
Figur 6.1: Figuren viser modell 1, første subproblem som omhandler distribusjon fra terminal til endestinasjoner i en region. Blå noder representerer stykkgoods og oransje noder representerer partigods som utgjør spredningen av kundene. Vi skal her utnytte

bilparken vi har til gode, tre ulike typer kjøretøy markert med k til å finne en løsning på hvordan vi kan betjene kundene.

Figuren over er ett stillbilde uten tildelte ruter med piler mellom nodene da det er den optimale ruten vi skal planlegge i denne modellen, og vi skal allokere lastebiler til kunder og lage en optimal rute for sisteleddsdistribusjonen. Det er dette, som vi også har nevnt tidligere i oppgaven, som er det største mulighetsområdet for forbedring hos PostNord. I dette steget tar vi forgitt at partigods og stykk gods befinner seg på terminal, og vi tar forgitt at man har uendelig tilgjengelighet på lastebiler. Bilpark bestående av semitrailer, stor lastebil og liten lastebil med kapasitetsbegrensninger vist i tabell 5.6 og kostnadsfaktorer vist i tabell 5.7. Tidsbegrensning for spesifikke kundeleveringer er ikke inkludert i modellen. Når vi lager ruten er en begrensning at ruten må gjennomføres på ni timers arbeidsdag der regelverket for kjøretid og hvile blir opprettholdt.

Steg 2.

I neste steg utvider vi problemet, og øker kompleksiteten av oppgaven. Steg 2 innebærer partigodssendinger fra Oslo og opp til regionen.



Figur 6.2: Figuren viser andre subproblem som er en utvidelse av første, hvor vi inkluderer partigodssendingen når den blir sendt fra Oslo og hvordan dette påvirker modellen. I denne figuren har vi identifisert to klynger i kundespredningen, med partigodskunder markert

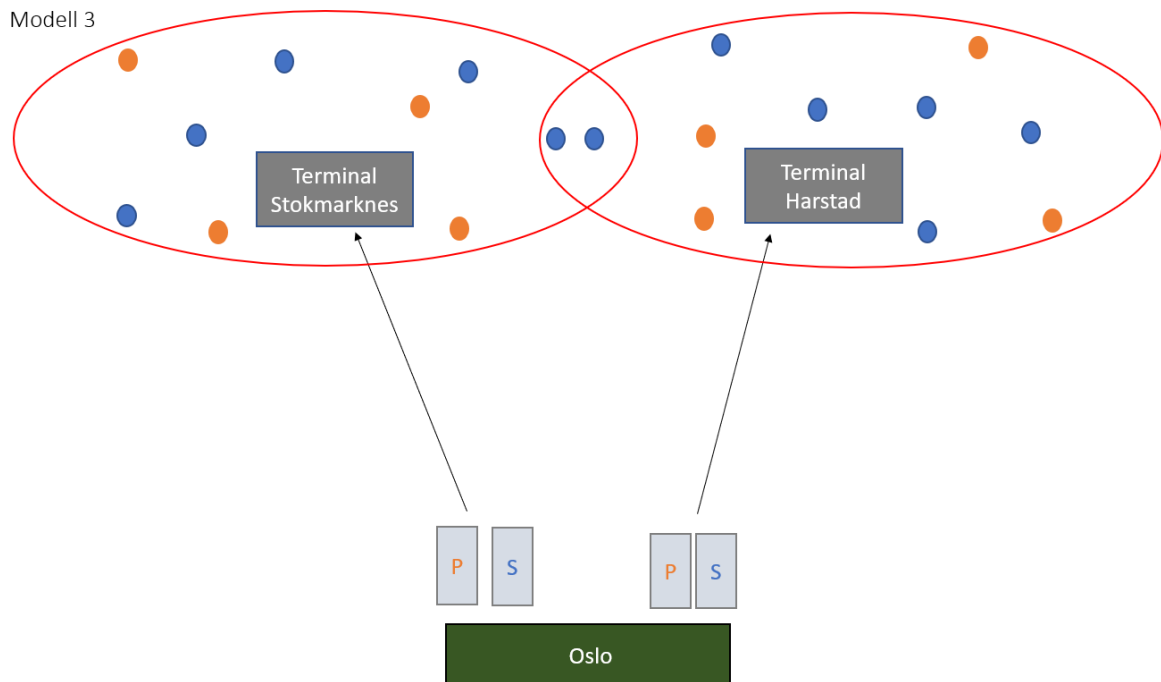
med blåe noder og stykkgodskunder markert med oransje. Modell to tar for seg problemstillingen om den eksisterende modellen eller vår foreslåtte modell er best. Svarte piler illustrerer konsolidert distribusjon. Blå og oransje piler illustrerer PostNord eksisterende modell. Leveranse til partikunde x illustrerer kunder som ikke blir tatt med.

Grunnen til at partigodssendingene fra Oslo blir viktig, er fordi i noen tilfeller kan det lønne seg å transportere partigodsforsendelsene direkte til kunde. Dette er i situasjoner hvor lastebilen har tilstrekkelig fyllingsgrad slik at det er kostnadseffektivt med direkte levering. I disse tilfellene vil ikke forsendelsene konsolidere med terminal, og derfor vil de bli utelukket i bacheloroppgaven. Dette er vist i figur 6.2 med levering til kunde x.

I andre tilfeller, vil partigodsforsendelsene frigjøre last på veien før ankomst på terminalen i Harstad og vil derfor skape plass til stykkgoods. Alternativt vil en full lastebil med stykkgoods kjøre innom terminalen der den må omlastes. Det medfører en kostnadsfaktor for å kjøre innom terminalen istedenfor å kjøre til kunden, som må inkluderes og gjør modellen mer kompleks. Vi må dermed undersøke om det er bedre å implementere ny modell eller å beholde den gamle. Vist i figur 6.2 er det tegnet en rute med svarte piler. Her drar lastebilen fra Oslo med partigods innom terminal, laster av partigods tilknytt klynge to og fyller på med stykkgoods til klynge en. Videre drar lastebilen og betjener både stykkgoods og partigodskunder i klynge en. Alternativt ser vi på figuren at lastebilen svinger av og kjører direkte til partikunder, illustrert med oransje piler. En konsekvens av dette er at man også må kjøre ut to biler for å levere til stykkgodskunder, illustrert med blå piler. For at den nye modellen skal være foretrukket må summen av blå og oransje rute være høyere en svart rute.

Steg 3.

Det siste steget er det mest komplekset, og skal innebære terminalene i både Harstad og Stokmarknes. Samtidig som de foregående stegene inkluderes, må man i dette steget undersøke hvilke kunder som skal betjenes av hvilket depot. Dette er fordi terminalene ligger nærme hverandre og det kan være tilfeller at kunder overlapper hverandre, noe som gjør problemet mer omfattende.



Figur 6.3: Figuren viser siste subproblem som er en utvidelse av første og andre modell, hvor vi inkluderer terminalen i Stokmarknes, i tillegg til den i Harstad. Vi har i denne modellen to terminaler i Nord som får tilsendt partigods og stykkgoods fra Oslo. Dette er illustrert med lastebiler markert P for partigods og S for stykkgoods med piler pekende mot tilknyttet terminal. Figuren viser også kundespredning med blå og oransje noder rundt terminalene. De røde sirklene viser området de to terminalene kan dekke, hvor det er overlapp mellom terminalene og to noder.

Den tilknyttet VRP-modellen blir i dette steget utvidet til å inkludere multi-depot (MDFSMVRP). Denne modellen bryter med det eksisterende systemet til PostNord da dem deler opp områder terminalene betjener med postnummer. Hensikten med dette er at vi ikke begrenser modellen, og at modellen selv skal finne den beste løsningen. Det er ikke utenkelig at ruten som blir laget av modellen krysser postnumrene da avstanden mellom terminalene ikke er stor. Dette fører til en ekstra utfordring da man må planlegge hvilken terminal som skal betjene en kunde før godset blir lastet og sendt fra Oslo. Eksempelvis kan vi ikke bestemme at begge kundene i den overlappede sonen i figuren skal bli betjent av Stokmarknes om varen til en av kundene blir sendt til Harstad for omsortering.

Denne utvidelsen kan ytterligere optimalisere ruteplanleggingen, fordi man kan se på to eller flere terminaler som en enhet eller region. Hvis man finner en VRP-løsning som

støtter påstanden om å ruteoptimalisere på tvers av regioner, kan dette være svært interessant, og kan potensielt spare PostNord for ytterligere transportkostnader.

6.2 Data – sendingsstatistikk 2019

Før vi formulerer ruteoptimaliseringsmodellen, er det avgjørende å innhente relevant informasjon fra datasettet som er mottatt fra PostNord. Vi har mottatt sendingsstatistikk for året 2019 til å bruke i vår analyse (PostNord, 2023). Vi har valgt å analysere data fra 2019 siden dette er året som trolig vil være mer representativt, da det siste årene har vært preget av Covid-19 og krigen i Ukraina som har påvirket markedet.

Sendingsstatistikken inkluderer alle sendingsnummer som har blitt transportert til, i, mellom og fra terminalene i Nord-Norge. Ettersom sendingsstatistikken for 2019 inkluderer flere terminaler som ikke vil være vårt fokusområde, vil de bli sortert ut når vi analyserer dataen. Vi vil også sortere ut dataen relatert til forsendelser som går fra Stokmarknes og Harstad og ut til andre regioner i Norge.

Excel-filen er delt inn i fire kvartal. Total på de fire kvartalene er det om lag 600 000 unike sendinger. Excel-filen er oppdelt med sendingsnummer for hver enkelt ordre i kolonne A. I Excel-arket vil hver kolonne med sendingsnummer inneholde informasjon om antall kolli, produktkode, virkelig vekt, volum, lastemeter, fraktberegningsvekt og registrert data. I tillegg får vi informasjon om dato og klokkeslett for kp1, kp2, kp4, og kp6. «Kp» er en forkortelse for «kontrollpunkt»:

Kontrollpunkt	Beskrivelse
Kp1	Godset er hentet hos kunde.
Kp2	Godset ankommer terminal nummer 1.
Kp3	Godset sendes ut fra terminal nummer 1.
Kp4	Godset ankommer terminal nummer 2.
Kp5	Godset lastes på bil for levering lokalt.
Kp6	Godset har ankommet siste destinasjon.

Tabell 6.1: Tabellen viser de ulike kontrollpunktene som er listet opp i Excel-filen, og beskriver leveringsstatusen til godset (PostNord, 2023). Kp3 og kp5 er ikke inkludert i Excel-filen fordi det ikke er relevant for vår problemstilling.

Videre i Excel-filen står det også informasjon om avsenderens avdeling, avsenderens postnummer og sted samt avsenderens navn, altså hvem PostNord frakter for. Videre står det hvilken avdeling frakten blir levert til, med tilknyttet postnummer og sted. Til slutt står det sluttkundens navn ved kolonne T. Det er også en kolonne lengst til høyre som viser om forsendelsen har vært via avdeling en eller to.

Produktkode	Produktnavn
a	PostNord Courier
b	PostNord MyPack Home Small
v	Enhetspris container
d	Dagligvarer
e	Parcel
g	PostNord Groupage
h	PostNord MyPack Home Unattended
i	InNight
j	Express samme dag
k	Multipallet
l	PostNord Pallet
m	Termofrakt
o	Postnord Groupage Single
p	PostNord Parcel
q	PostNord MyPack Home Attended
r	PostNord Partloads
s	MyPack Small
t	PostNord Life Sciences
u	InNight next day
v	Økonomibrev
w	PostNord Service Solutions
x	Express neste dag
z	PostNord MyPack Collect
y	Nordic Groupage
n	Industri

Tabell 6.2: Tabellen viser en oversikt og forklaring av produktkodene som er brukt i datasettet (PostNord, 2023).

Tabellen over inkluderer alle produktkodene som er mottatt i datasettet. For å spesifisere, deler man inn i partigods som forsendelse på 2,5 tonn og over, og stykkgoods med under 2,5 tonn. Likevel har man flere underkategorier for å skille mellom ordrer.

Den eneste produktkoden som ikke vil bli inkludert i analysen produktkode m, termofrakt. Dette er fordi termofrakt er utenfor avgrensningen i oppgaven vår.

7.0 Analyse

Vi vil i analysen presentere den matematiske modellen for steg 1. Dette er en modell basert på VRP-varianten FSMVRP med kapasitetsbegrensning for last på kjøretøyene. For å understreke har vi ubegrenset kapasitet på antall kjøretøy i bilparken som vil si at vi kan tildele ønsket antall av alle kjøretøytypene.

7.1 Steg 1 – Sisteleddsdistribusjon fra Harstad med FSMVRP

Bacheloroppgavens mål er å formulere en FSMVRP-modell for å forbedre sisteleddsdistribusjon i Harstad. Vi tar utgangspunkt i at alle varene ligger på depot i Harstad. Utgangspunktet vårt er at vi har en ubegrenset kapasitet av de tre ulike kjøretøyene vi har disponibel til å løse problemet. Modellen må derfor ta hensyn til at den skal kunne bruke ulike kjøretøytyper. Modellen må også ta hensyn til er at alle kunder heretter omtalt som noder blir betjent. Vi må også legge inn at en forsendelse må starte og avslutte på depotet, og at kapasitetsbegrensningen til de enkelte kjøretøyene overholdes. Vi trenger variabler som representerer om et bestemt kjøretøy brukes, og om det brukes til og fra bestemte noder, og hvilken kostnad som er tilknyttet dette valget. Målfunksjonen vil bli å minimere den totale kostnaden, $\min C$.

Parameter:

$i = 0, 1, 2, \dots, I$ Noder inkludert depot, hvor depot er null

$k = 1, 2, \dots, K$ Kjøretøy

Q_k Kapasiteten til bil k

Variabler:

$Y_{ik} = 1$ hvis lastebilen k brukes, 0 hvis ikke. $i = 1, \dots, I$

$X_{ijk} = 1$ hvis lastebilen k kjører fra node i , 0 hvis ikke. $i = 0, 1, \dots, I$

$Z_k = 1$ hvis lastebil nummer k blir brukt, 0 hvis ikke

Kostnadsfaktor:

C_k fastkostnad for å bruke bil k

C_{ijk} kostnaden av å bruke bil k til ruten (i, j) . Dette er en variabelkostnad

Formler:

Målfunksjon:

$$\min C = \sum_{i,j,k} C_{ijk} X_{ijk} + \sum_k C_k Z_k \quad (1)$$

Føringer:

$$\sum_K \sum_j X_{0jk} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_K \sum_j X_{j0k} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_k Y_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, I \quad (4)$$

$$\sum_i d_i Y_{ik} \leq Q_k Z_k \quad k = 1, \dots, K \quad (5)$$

$$Y_{ik} = \sum_{j=0}^I X_{jik} \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K \quad (6)$$

$$Y_{ik} = \sum_{j=0}^I X_{ijk} \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K \quad (7)$$

$$\sum_{j=0}^I X_{ijk} = \sum_{j=0}^I X_{jik} \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K \quad (8)$$

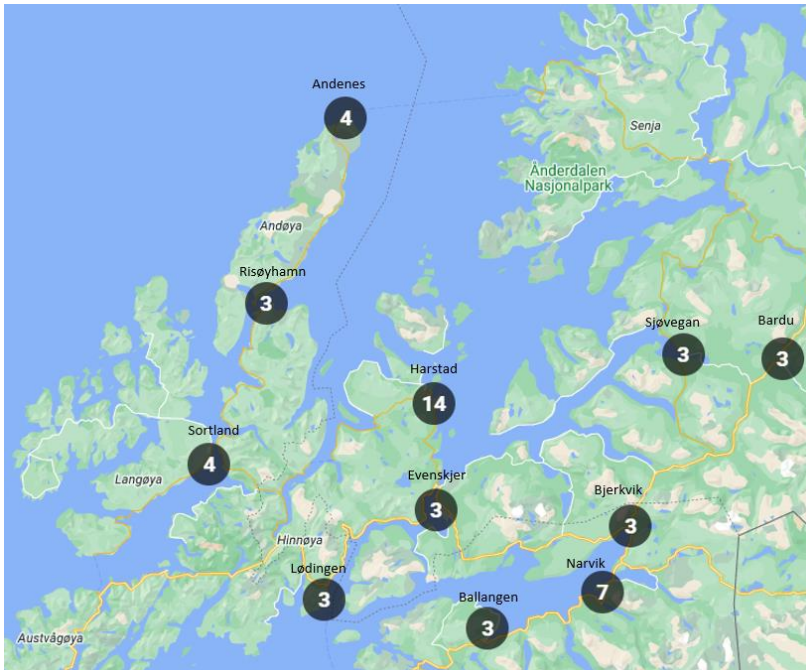
$$Y_{ik} \leq Z_k \text{ for alle } i \text{ og } k \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K \quad (9)$$

Forklaring av formler:

Målfunksjon (1) summer fast- og variabelkostnadsfaktor med transport, med mål om å minimere transportkostnaden. Føring (2) forteller at en forsendelse må starte fra depotet. Føring (3) forteller at man må avslutte forsendelsen på depotet. Føring (2) og (3) er viktig da lastebilen som leverer varer må starte ruten fra depot og skal avslutte ruten ved å kjøre

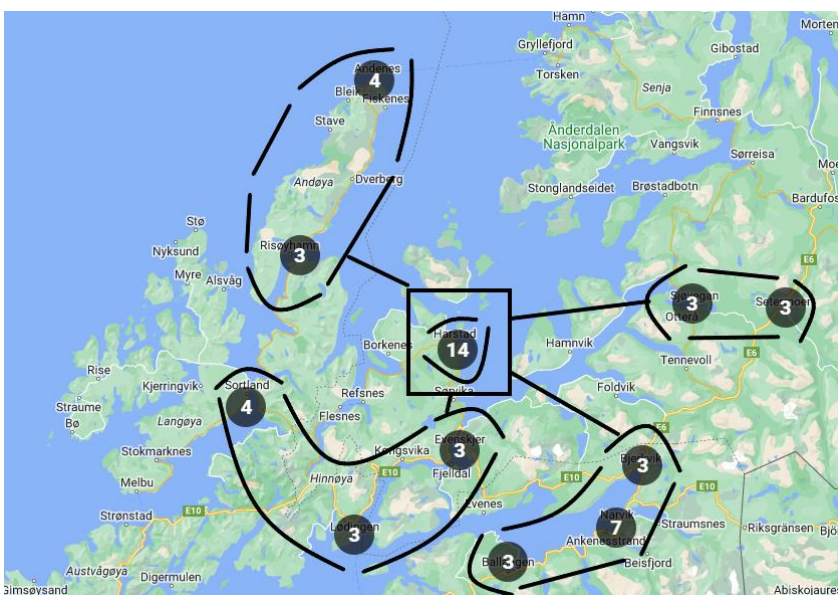
tilbake til depot når den er ferdig med å levere varene til kundene. Førings (4) forteller at alle noder i , besøkes nøyaktig en gang. Dette er viktig da vi må sikre oss at alle kunder blir betjent i modellen. Førings (5) forteller at man må overholde kapasitetsbegrensningen for kjøretøy k . Denne førings er viktig da modellen ikke kan overstige lasteevnen til lastebilene i flåten. Førings (6) begrenser modellen til at nøyaktig en lastebil kjører innom hver node. $Y_{ik} = 1$ betyr at bil k kjører innom node i . Neste førings (7) forteller at nøyaktig en bil kjører ut av hver node. $Y_{ik} = 1$ betyr at bil k kjører ut av node i . Den nest siste førings trenger vi for å forsikre oss om at samme lastebil som kjører inn i hver node fra førings (6) er samme som kjører ut fra noden i førings (7). Førings (8) forteller at kjøretøy k som ankommer en node skal være samme kjøretøy som forlater noden. Hensikten til førings (9) er hvis lastebil k ikke er i bruk, $Z_k = 0$, kan den ikke besøke noen noder, $\sum Y_{ik} = 0$. Denne førings hjelper med å minimere kostnadene ved å unngå unødvendig bruk av lastebiler. Hvis man ikke har denne førings kan en lastebil bli tildelt node, men blir ikke faktisk brukt, noe som fører til feilaktige eller suboptimale løsninger.

8.0 Resultat



Figur 8.1: Figuren viser hvordan en sannsynlig fordeling av kundenettverket kan være rundt Harstadregionen

I figur 8.1 er kundene til en viss grad tilfeldig utvalgt, men forsøkt å fordele representativt. Tallene inn i nodene representerer hvor mange kunder det er i en node. Merk at depotet i Harstad også er representert i node Harstad i denne figuren. Dette er fordi at det ikke var mulig å skille mellom dem på kartet grunnet korte avstander. Ideelt sett skal depot ha egen node. Kundene som er brukt i figur 8.1 og 8.2 kan man se i tabell 8.3.



Figur 8.2: Figuren illustrerer forslag på mulig klyngestruktur fra terminalen i Harstad.

Selv om vår bacheloroppgave ikke skal løse modellen og finne optimale ruter, er det illustrerende å se på potensielle resultater på hvordan en naturlig klyngestruktur kan se ut. Figur 8.2 tar hensyn til geografisk beliggenhet og tar med kjøretid i betraktning, slik at ingen kjøretøy overskrider total kjøretid på ni timer. Ifølge PostNord er det estimert en tidsbruk for kundeleveringer på omtrent 20 minutter (PostNord, 2023). Imidlertid vil ikke denne faktoren inkluderes i tidsberegningen da den kan variere avhengig av mengde varer og kundens plassering.

Ruteforslag basert på geografisk beliggenhet	Anslått tid
Harstad – Risøyhamn – Andenes – Harstad	6t 23 min
Harstad – Sortland – Lødingen – Evenskjer – Harstad	4t 9 min
Harstad – Bjerkvik – Narvik – Ballangen – Harstad	4t 26 min
Harstad – Bardu – Sjøvegan – Harstad	5t 7 min

Tabell 8.1: Tabellen viser en potensiell rute mellom nodene som kan vises i figur 8.2.

Anslått tid ble funnet ut ved å regne ut tidsbruken mellom nodene listet i tabellen. Grunnen til dette er for å kunne forholde seg til arbeidsmiljøloven om ni timers maksimal kjøretid.

I figur 8.1 og 8.2 benytter vi områder som noder og lager derfor en forenklet avstandstabell mellom nodene i figurene. Det er viktig å merke seg at i en fullstendig løsning må denne avstandstabellen utvides for å inkludere alle avstandene mellom kunder og depot. Tabell 8.2 illustrerer en forenklet avstandstabell.

Avstandstabell	Terminal	Harstad	Bardu	Andenes	Evenskjer	Narvik	Ballangen	Sortland	Bjerkvik	Lødingen	Sjøvegan	Risøyhamn
Terminal	0	5	152	174	29,5	99	141	79,1	84,3	74,3	140	125
Harstad	5	0	153	170	30,6	100	142	74,8	84,3	75,3	141	121
Bardu	152	153	0	183	126	84,7	127	230	68,8	180	39,4	276
Andenes	174	170	183	0	209	272	314	101	256	152	313	50,2
Evenskjer	29,5	30,6	126	209	0	73,2	115	107	57,3	57,7	144	153
Narvik	99	100	84,7	272	73,2	0	42	177	15,9	127	72,9	223
Ballangen	141	142	127	314	115	42	0	125	57,9	169	115	171
Sortland	79,1	74,8	230	101	107	177	125	0	161	57	138	51,6
Bjerkvik	84,3	84,3	68,8	256	57,3	15,9	57,9	161	0	111	57	161
Lødingen	74,3	75,3	180	152	57,7	127	169	57	111	0	168	111
Sjøvegan	140	141	39,4	313	114	72,9	115	138	57	168	0	56,9
Risøyhamn	125	121	276	50,2	153	223	171	51,6	161	111	56,9	0

Tabell 8.2: Tabellen viser avstandene i km mellom nodene i figur 8.1 og 8.2. Merk at det er lagt inn en ekstra node (terminal) som representerer depot som i figur 8.1 og 8.2 ligger under node Harstad.

Node	Stykkgodskunde	Partigodskunde
Harstad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lindex 2. Universitetssykehuset 3. Jula Harstad 4. Neumann Bygg AS 5. Industri & Anlegg 6. Norbil AS 7. Mix Storkiosk 8. Scanmark AS 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solar 2. Clas Ohlson 3. Bygger `n Harstad 4. Monter 5. Brødrene Dahl
Narvik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Spar 2. Bravida 3. Ofoten Rør 4. VVS Proffen 5. Norengros 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Brødrene Dahl 2. BA Servicesenter
Evenskjer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coop Extra 2. LB Rør AS 	<ol style="list-style-type: none"> 1. XL bygg
Ballangen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coop Extra 2. S. Thorstensen AS 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Miljøkalk AS
Andenes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coop Prix 2. Andøy Installasjon 3. Karstein Kristiansen Entreprenør 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monter
Risøyhamn	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nye Vølingen Auto AS 2. Hålogaland element 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hålogaland element
Sortland	<ol style="list-style-type: none"> 1. GK inneklime AS 2. OBS bygg 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blokken Skipsverft eiendom AS 2. Clas Ohlson
Lødingen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vestfjord Elektro 2. Lødingen Elektro 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Byggtorget Trelast AS
Sjøvegan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maxi Miljø 2. Coop Extra 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Byggtorget byggvare
Bardu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rema 1000 2. Forsvars Bygg avd. Nord 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bardu Byggindustri AS
Bjerkvik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forsvarets verksted 2. Sveiva Norden avd. Ofoten 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bygger ´n

Tabell 8.3: tabellen viser et utvalg av kunder som er identifisert i datasettet, og gir en oversikt over kundespredningen fra figur 8.1 og 8.2. Tabellen deler kunder inn i lokasjon, og om kunden er stykkgodskunde eller partigodskunde.

Tabell 8.3 inkluderes for å få informasjon om kundenes navn når man skal løse problemet. Dette trenger man blant annet for å lage en komplett avstandstabell som inneholder avstandene mellom alle nodene i modellen.

9.0 Diskusjon

Resultatet vi fikk baseres på ulike elementer som inkluderes eller ekskluderes i modellen. Dersom man inkluderer mange faktorer, kan rutemodellen bli mer presis, men også svært komplisert og tidskrevende. Det nevnes gjentagende ganger at VRP er et avansert emne, og et omfattende forskningsområde. Av den grunn, er det derfor viktig å både velge hvilken teknikk man benytter seg av, og hvilke faktorer som bør inkluderes i modellen. I teorikapittelet vises det et systematisk oppsett av forskjellige FSMVRP-modeller, og hva de ulike tilnærmingene inkluderer i modellen. Samtidig blir ulike algoritmer og teknikker for løsningsmetodikk redegjort. Disse faktorene og teknikkene gir bakgrunn for ulike svakheter og styrker i modellen som vi skal ta for oss nå.

9.1 Svakheter i modellen

Til tross for at det vært god utvikling og fremgang av ulike teknikker og algoritmer for å løse FSMVRP-modeller, er det fortsatt muligheter for svakheter i modellen. En av de viktigste svakhetene ved modellen formulert i denne bacheloroppgaven er dens manglende evne til å tilpasse seg, VRP-modeller er lite dynamiske og gir usikkerhet i planleggingsfasen. Slike modeller forutsetter at man har statisk informasjon om ordrer, kostnader knyttet mot distribusjon, og tilgjengelighet av kjøretøysflåte. I den virkelige verden kan imidlertid informasjon om disse eksemplene endre seg raskt.

En annen svakhet med denne modellen er at tidsbegrensinger slik som tilpasset kundebehov og kundeleveringer ikke blir tilfredsstillt, disse begrensingene er mer kjent som «Vehicle Routing with Time Windows» eller forkortet til VRPTW (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020). Det finnes tilfeller hvor kunder må prioriteres i leveringsrekkefølge, eller at kunder krever levering på et gitt tidspunkt. «Vehicle Routing with Pick up deliveries» eller forkortet til VRPDP er også noe som er naturlig å inkludere i modellen. Eksempelvis kan lastebilen som kjører til Andenes også ta med seg returvarer tilbake til Harstad.

Vi tar også forgitt i analysen at partigods og stykkgoods befinner seg på terminal, men varer som kunne blitt losset av tidligere på veien tar vi ikke hensyn til. Eksempel på dette er partigodskunder i Narvik og Ballangen (om de transporterer med lastebil fra Oslo), da lastebilen uansett vil kjøre fordi området før den kommer til terminalen i Harstad. Selv om

modellen er formulert matematisk, har disse modellene ofte en tendens til å være vanskelige å implementere og løse i praksis. Dette skyldes delvis dets store krav på tilgjengelig data som må samles og behandles for å løse modellen.

9.2 Styrker i modellen

På den andre siden har FSMVRP-modeller vist seg å være verdifulle verktøy for planleggingen av logistikkoperasjoner. En av de viktigste styrkene med denne modellen er at den optimaliserer ressursbruken, som inkluderer kjøretøy, drivstofforbruk, sjåfører og tid. En bedre ressursbruk i form av reduserte kjøretøy, bedre produktallokering til optimal rute, reduksjon av sjåfører og tid kan dette bidra til å minimere distribusjonskostnader for PostNord. FSMVRP-modellen vil også tildele kjøretøy til ulike ruter som den er mest egnet til, både med hensyn til lastefaktor og kostnadsfaktor.

En annen fordel med vår modell er at den minimerer transportavstander mellom kunder og terminal. Dette vil ha både positiv innvirkning på distribusjonskostnader og klima, som et resultat av mindre kjøretid. Ved en vellykket FSMVRP-løsning kan man også få en bedre flåtestyring. Siden denne tar for seg tre ulike kjøretøy kan man optimalisere sammensettingen av kjøretøyflåten (se vedlegg A) til egnet rute.

Ved en gjennomføring av modellen kan man øke nøyaktigheten av planlegging, og kan gi verdifull innsikt som kan støtte beslutningsprosesser. Modellen tar for seg sisteledds-distribusjon ut fra Harstad, og ved å fullføre modellen i et optimaliseringsprogram vil man kunne forbedre ruteplanen og øke kapasitetsutnyttelsen.

9.3 Hvilke algoritmer bør brukes til gjennomføring av modellen?

I litteraturdelen presenterte vi en artikkel som tok for seg VRP-algoritmer som er best egnet for ulike VRP-problemer. I denne artikkelen tar de for seg hvordan man kan løse et lignende VRP-problem ved å kombinere bruk av metaheuristiske algoritmer og eksakte algoritmer. Nærmere bestemt besto algoritmen av iterert lokalsøk basert heuristikk sammen med sett partisjonering (SP). SP modellen bruker en eksakt algoritme som kalles blandet heltallsprogrammeringsløser (Konstantakopoulos, Gayialis, & Kechagias, 2020, s. 20).

Denne løsningsmetodikken ble utformet og beskrevet som en algoritme som kan løse komplekse VRP-problem. Dette er fordi den har mulighet å håndtere flere ulike VRP-varianter i samme problem som multi-depot, tidsvindu og delt levering for å nevne noen (Penna, Subramanian, Ochi, Vidal, & Prins, 2017, s. 6). Dette vil si at algoritmen er mer tilpasningsdyktig til å løse flere VRP-varianter og man kan bruke den til flere kompleksitetsnivåer, som vil si at vi trolig kan bruke samme løsningsmetodikk i alle stegene i modellen vår. For å oppklare er HFVRP (Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem) som blir brukt i artikkelen, og FSMVRP-modellen som vi har utformet tilnærmet likt da begge begrepene refererer til det samme konseptet om en flåte med forskjellige kjøretøy med ulike kapasiteter og egenskaper.

9.4 Fremtidsutsikt for videre forskning

Fremtidsutsikten for vår modell legger til rette videre forskning som bygger på den matematiske modellen som er formulert i bacheloroppgaven. Det er mulig å legge til flere begrensninger og føringer som utvider modellen og øker kompleksiteten til modellen. Dette gir økt nøyaktighet, kan ytterligere bespare kostnader og avstander. Slikt som forklart i oppgaven, kan man i neste steg ta for seg hvilke partigodssendinger som skal innom terminal, eller om de skal direkte til kunde. Dette er en begrensning som ekskluderer partigodssendinger som er tilfredsstillt i optimaliseringsmodellen. Videre kan modellen inkludere kunder som overlapper hverandre i form av multi-depot FSMVRP. En slik utvidelse av løsningen ser på en helhetlig modell som kan ruteoptimalisere med hensyn om at vi har flere terminaler disponibelt til en optimal vareflyt.

Selv om vi ikke løser eller implementerer selve problemet, kan det være intuitivt å definere og utvikle en FSMVRP-modell som er representativ for virkelige kunder og steder/noder. Dette vil gi en bedre forståelse av problemet og hjelpe til med å identifisere eventuelle utfordringer eller begrensninger som kan påvirke løsningen. Ved å inkludere kundelokasjoner og noder, kan man videre teste og validere modellen på en realistisk måte, og undersøke om ulike noder har ubalanse i etterspørsel som igjen kan forårsake «Split Demand».

Hvorfor ble ikke modellen implementert i løsningen? I denne studien ble utformingen av en ruteoptimaliseringsmodell vektlagt, med FSMVRP-variant. I studier er det vanlig å formulere en matematisk modell for å løse et problem, uten å løse modellen i praksis.

Dette kan skyldes tidsbegrensninger og modellens kompleksitet. I vårt tilfelle har vi formulert en matematisk modell for sisteleddsdistribusjon i Harstad ved hjelp av FSMVRP-modelleringsteknikker. Modellen kan gi en optimal ruteplan for en leveringsflåte for å minimere kostnader og øke effektiviteten. Imidlertid kan det være utfordrende å implementere løsningen i virkeligheten. I tillegg kan modellen ha begrensninger og ikke ta hensyn til alle faktorer som påvirker sisteleddsdistribusjon i Harstad. Av disse grunnene ble ikke disse modellen implementert, men tilrettelegger for videre utvikling og gjennomføring.

Hvorfor formulerte vi ikke de matematiske ruteoptimaliseringsmodellene for steg 2 og steg 3 som ble forklart i metodekapittelet? PostNord har som nevnt, et stort potensial for å forbedre sisteleddsdistribusjonen i Nord-Norge. Derfor ble vårt primære forskningsområde å se på om det er overkommelig å forbedre dette mulighetsområdet ved hjelp av FSMVRP tilnærming, i henhold til problemstillingen. Tanken bak en utvidelse av modellen var å ytterligere forbedre den helhetlige modellen ved å inkludere flere føringer og faktorer som kan forbedres. Eksempelvis ved å se på linjetrafikken for partigods, og se om kunder som overlapper kan distribueres annerledes. Derfor benyttet vi muligheten til å tilrettelegge for videre forskning.

Det er mulig å generalisere vår løsning av problemet over på de andre terminalene som er lokalisert i Nord-Norge. Grunnen til dette er at siden vi kun ser på sisteleddsdistribusjon gjelder de samme begrensningene, variablene og målfunksjoner for de andre terminalene i Nord-Norge som også har tilsvarende problemer med en optimal sisteleddsdistribusjon, med partigods og stykk gods som fraktes hver for seg.

Forskningsspørsmålet som ble beskrevet under kapittel 3.0 Problemstilling, har blitt besvart. Vi har under denne studien redegjort en helhetlig modell, hvor vi har dekomponert modeller i tre submodeller. Vi har formulert en matematisk modell for en av disse modellene, nemlig spredningstransport ut ifra terminal i Harstad, og tilrettelagt for videre forskning for utvidelse av modellen som også har blitt beskrevet i denne oppgaven. Dette kan ha stor betydning for PostNord ved implementering av resultatet, det ble nevnt under teori at ruteoptimaliseringsmodeller kan redusere distribusjonskostnader mellom 5-20% (P. & Vigo D., 2001). Ved hjelp av litteratur om rammeverket for Last-Mile logistikk har vi kunne bygget argumenter for behovet for samdistribusjon som kan optimaliseres sammen.

I teorien ble det forklart at sisteleddsdistribusjon utgjør en stor andel av distribusjonskostnadene, og kan bestå av 13-75% av de totale transportkostnadene (Olsson, Hellström, & Pålsson, 2019). Dermed kan man på trygt grunnlag se behovet for samdistribusjon, og ruteoptimalisering for å bespare betydelige kostnader, derfor kan en fullføring av løsningen gi positive kostnadsreduksjoner for sisteleddsdistribusjon fra Harstad.

10.0 Konklusjon

Selv om sisteleddsdistribusjonen er en kritisk faktor for suksessen til mange bedrifter, kan det være en utfordring å optimalisere og effektivisere denne delen av leveringsprosessen. Det er flere faktorer som spiller inn, inkludert kostnader, avstander, kapasitetsutnyttelse og tidsbegrensninger. I denne bacheloroppgaven har vi utforsket hvordan FSMVRP-modell kan gjennom bruk av samdistribusjon av stykkgoods og partigods, bidra til å løse disse utfordringene og gi bedre resultater for PostNord. Ved å kombinere innsamlet teori har vi undersøkt hvordan denne tilnærmingen kan bidra til å forbedre sisteleddsdistribusjonen og samtidig redusere de totale kostnadene for området rundt Harstad. I denne konklusjonen viser vi til funnene fra forskningen og komme med anbefalinger for hvordan bedrifter kan ta i bruk denne modellen for å optimalisere sin sisteleddsdistribusjon og oppnå økt effektivitet og lønnsomhet.

Bacheloroppgaven tilsier at det finnes en løsning som kan øke kapasitetsutnyttelsen på, ved hjelp av FSMVRP som verktøy. Modellen inkluderer kapasitetsfaktorer tilknyttet en heterogen flåte, modellen kan implementeres i praksis for å finne den optimale løsningen. For å illustrere resultatet, har vi innhentet informasjon fra ulike kunder med ulike lokasjoner rundt om i Harstad fra sendingsstatikken. De kundene og lokasjonene som ble valgt, har blitt valgt fordi de enten har en representativ etterspørsel, eller kunder som gikk igjen i sendingsstatistikken. På tross av svakhetene i modellen, gir det gode indikasjoner på at modellen vil gi positiv innvirkning hos PostNord. Modellen legger et grunnlag for gjennomføring i praksis, for å undersøke den optimale ruten, ved en sammenslåing av partigods og stykkgoods. Ved å sjekke og implementere resultatet gjennom et optimaliseringsprogram vil man kunne finne beste løsning, basert på modellen og dens begrensninger.

Hovedfunnene i bacheloroppgaven var at modellen som ble redegjort for, kan også generaliseres til de andre terminalene i Nord-Norge, noe som er interessant å se på. Bakteppet for bacheloroppgaven var nettopp å optimalisere spredningsdistribusjon for alle terminalene i Nord-Norge. Ved å fokusere på Harstad, var funnet i bacheloroppgaven at man kan bruke lignende modell for å optimalisere de resterende terminalene også. Endringen som blir foreslått i modellen er konsolidering av partigods og stykkgoods.

11.0 Vedlegg A

11.1 Generelle ordforklaringer

Produksjon:

Produksjon i denne sammenheng referer til prosessen som omhandler last og avlast av lasterom, eksempelvis containere som inneholder varer og produkter. Dette distribueres fra produksjonsanlegg eller terminal, frem til en mottaker hvor eventuell last og avlast skjer. Dermed handler produksjon i distribusjonskontekst om å koordinere effektive metoder å laste og avlaste lasterom for å sikre en tilstrekkelig vareflyt (PostNord, 2023).

«Last mile delivery» eller sisteledds-distribusjon:

Sisteledds-distribusjon referer til det siste stadiet i distribusjonen, hvor produktet eller tjenesten skal leveres til sluttkunde (Hayes, 2022).

Lokal styring:

Lokal styring er det motsatte av fjernstyring og handler om å forflytte beslutninger og planlegging til produksjonssted, i vårt eksempel, Stokmarknes og Harstad. PostNord fjernstyrer beslutninger for terminalene i avdeling Nord, i Langhus i Oslo. Ved lokal styring, skal det i teorien være lettere å planlegge ruter, fyllingsgrad, og tilpasse ulike behov da de ansatte i de respektive regionene har bedre kjennskap til regionen. Lokal styring vil også si at de ansatte i regionen har resultatansvar ovenfor sin region (PostNord, 2023).

Stykkgoods og partigods

Stykkgoods og Partigods er to ulike tjenester PostNord tilbyr til kunder ved ulike behov. Stykkgoods er sendinger der en kunde kan samle flere kollier i forskjellige størrelser med samlet totalvekt opptil 2,5 tonn (PostNord, u.d.). Partigods er sendinger med en samlet vekt på mer enn 2,5 tonn, som i stor grad går direkte til kunde utenom godsterminal (PostNord, u.d.).

Siloeffekten:

Siloeffekten er en negativ effekt som oppstår i situasjoner der ansatte eller avdelinger internt i en bedrift fokuser så mye på egne arbeidsoppgaver at de mister oversikten over

hva som best tjener bedriften som en helhet (Jæger, 2017). I vårt eksempel kan man se tendenser til siloeffekter mellom partigods og stykkgoods, hvor disse tjenestene i dag blir distribuert separat i Nord-Norge (PostNord, 2023).

Befrakter

En befrakter er en yrkesutøver som har som formål å planlegge, tilrettelegge, formidle og bestille transportløsninger på vegne av en mottaker eller kunde. En befrakter har trafikkansvar for et geografisk område, samt inngående og utgående transport til og fra et område. Andre arbeidsoppgaver omfatter fraktløsninger, prisforhandlinger, rapporteringer, kontakt med kunder, og sende oppdragslister til sjåførere (Spurkeland, 2023).

Klynger:

En klynge i ruteoptimalisering-sammenheng refererer til en gruppe kunder som enten ligger geografisk nær hverandre, eller har tilsvarende etterspørselsbehov og kan dermed betjenes på en effektiv måte ved å samle dem i en enkelt rute. Klyngedannelse er en strategi som kan brukes for å redusere antall kjøretøyer og reiseavstander i en ruteplanlegging.

FSMVRP:

Er et optimeringsproblem som handler om å bestemme den optimale flåtestørrelsen for å effektivt levere varer og tjenester til en rekke kunder med ulike behov og geografiske begrensninger.

«Split Demand» eller etterspørselsdeling:

«Split Demand» eller etterspørselsdeling er situasjoner der etterspørselen etter en vare eller tjeneste er delt eller fragmentert mellom ulike destinasjoner eller mottakere. I vårt tilfelle kan årsaken oppstå av geografiske forskjeller og variasjoner i forbruksmønster (Aleman & Hill, 2010). En måte å håndtere etterspørselsdeling på er å ruteoptimalisere.

Etterspørselsdeling er en forutsetning vi ikke inkluderer i modellen, men noe vi antar oppstår hos PostNord.

Distribusjonskonsolidering:

Distribusjonskonsolidering er når avsender kombinerer flere forsendelser innenfor en bestemt region for å spare fraktkostnader, og øke ledig fyllingsgrad (Morris, 2022).

Problemet med konsolidering i kjøretøy er at det krever flere stopp, og antall stopp kommer med en begrensning av faktorer som kjøretid, avstand og lasteegenskaper. Avstand, kjøretøyets vekt- og kapasitetsbegrensning er faktorer som tas hensyn til i den matematiske modellen.

Kjøretøysflåte:

Kjøretøyflåte kan defineres som en samling av kjøretøy som tilhører en organisasjon, selskap eller en flåteoperatør (Toyota, u.d.). Kjøretøyflåten kan dermed bestå av ulike kjøretøy, for eksempel biler, lastebiler, busser eller andre transportmidler.

Flåteadministrasjonen involverer typisk planlegging, koordinering og styring av kjøretøyene for å oppnå optimal driftseffektivitet, kostnadsbesparelser og oppfyllelse av transportbehovene til organisasjonen. Dette kan omfatte aktiviteter som kjøretøyanskaffelse, vedlikehold, rutetildeling, drivstoffhåndtering, sjåførhåndtering og rapportering av flåtestatistikk (Magnanti, 1981). I vår sammenheng referer kjøretøyflåte til mengden lastebiler vi har tilgjengelig, noe som er ubegrenset i vårt tilfelle. Det referer også til hvilke lastebiler som skal tildeles til ulike ruter.

12.0 Bibliografi

- Aleman, R. E., & Hill, R. R. (2010). *A tabu search with vocabulary building approach for the vehicle routing problem with split demands*. Inderscience Enterprises Ltd.
- Andersen, S. (2005). *Erfaringer med fjernstyring*. NTNU.
- Burns, L. D., Hall, R. W., Blumenfield, D. E., & Daganzo, C. F. (1983). *Distribution Strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs*. Berkeley: Inform.
- Collicare. (u.d.). *Lasteenheter for veitransport*. Hentet fra Collicare:
<https://www.collicare.no/kjekt-%C3%A5-vite/lasteenheter/lasteenheter-veitransport>
- European Environment Agency. (2021, Februar 9). *European Environment Agency*. Hentet fra Load factors for freight transport: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/load-factors-for-freight-transport/load-factors-for-freight-transport-1>
- Farahani, R. Z., & Hekmatfar, M. (2009). *Facility Location Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*. Singapore: Physica-Verlag.
- Franco, M. (2020, September 25). *Calculating volumetric weight for road, air and sea freight shipments*. Hentet fra Eurosender:
<https://www.eurosender.com/blog/en/volumetric-weight/>
- Golden, B., Assad, A., Levy, L., & Gheysens, F. (2003). The fleet size and mix vehicle routing problem. I *Computer & Operations Research* (ss. 49-66). College Park: University of Maryland at College Park.
- Google maps. (2023, 03 27). Hentet fra Google:
<https://www.google.com/maps/@64.9098803,22.6975828,5.25z>
- Grønmo, S. (2021, Mars 6). *Clusteranalyse*. Hentet fra Store Norske Leksikon:
<https://snl.no/clusteranalyse>
- Grønmo, S. (2022, Januar 26). *deskriptiv*. Hentet fra Store Norske Leksikon:
<https://snl.no/deskriptiv>
- HageBack, C., & Segerstvedt, A. (2004). *The need for co-distribution in rural areas—a study of Pajala in Sweden*. 2002: International journal of production economics.
- Hayes, A. (2022, May 05). *Last Mile: What It Means in Reaching Customers*. Hentet fra Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/l/lastmile.asp>
- Hosseini, S. V., & Shirani, M. (2011). *Fill Rate in Road Freight Transport*. Göteborg: CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

- Hosseini, S. V., & Shirani, M. (2011). *Fill Rate in Road Freight Transport*. Göteborg: CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Haavet, M. (u.d.). *Avidly*. Hentet fra Hvordan markedsføring og salg kan skape verdi for din bedrift: <https://www.avidlyagency.com/no/innsikt-inspirasjon/blog/verdiskapning-markedsforing-og-salg>
- Jæger, B. (2017). *Forretningsprosesser og ERP*. Molde, Møre og Romsdal, Norway.
- Kenderaan, M. P., & Penyelesaian, D. (2008). *VEHICLE ROUTING PROBLEM: MODELS AND SOLUTIONS*. Malaysia: Journal of Quality Measurement and Analysis.
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P., & Kechagias, E. P. (2020). *Vehicle routing problem and related algorithms for logistics*. Springer-Verlag GmbH Germany.
- Lovdata. (2020, Januar 01). *Forskrift om arbeidstid for sjåførere og andre innenfor vegtransport*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-06-10-543>
- Magnanti, T. L. (1981). *COMBINATORIAL OPTIMIZATION AND VEHICLE FLEET PLANNING: PERSPECTIVES AND PROSPECTS*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Mahnken, D. (2018, September 25). *How to efficiently avoid empty runs and empty kilometres*. Hentet fra Saloodo: <https://www.saloodo.com/blog/how-to-efficiently-avoid-empty-runs-and-empty-kilometres/>
- McKinnon, A., Browne, M., Piecyk, M., & Whiteing, A. (2015). A model for green logistics research. I T. C. Transport, *Green Logistics Improving the Environmental Sustainability of Logistics* (ss. 21-24). Hong Kong: Graphicraft Limited.
- Mesa-Arango, R., & Ukkusuri, S. V. (2013). *Benefits of in-vehicle consolidation in less than Truckload freight transportation*. West Lafayette: Elsevier Ltd.
- Morris, C. (2022, September 08). *WHAT IS FREIGHT CONSOLIDATION?* Hentet fra Trinity : <https://trinitylogistics.com/what-is-freight-consolidation/>
- Olsson, J., Hellström, D., & Pålsson, H. (2019). *Framework of Last Mile Logistics Research: A systematic Review of the literature*. Lund: Lund University.
- P., T., & Vigo D. (2001). Branch-and-bound algorithms for the capacitated VRP. Society for Industrial and Applied. ss. 29-51.
- Pahlén, P.-O., & Börjesson, F. (u.d.). *Measuring resource efficiency in long haul*. Göteborg.

- Penna, P. H., Subramanian, A., Ochi, L. S., Vidal, T., & Prins, C. (2017). *A hybrid heuristic for a broad class of vehicle routing*. Springer Science + Business Media.
- PostNord. (2023, Februar - April). Møtereferat.
- PostNord. (u.d.). *Våre tjenester for deg som bedriftskunde*. Hentet fra Postnord:
<https://www.postnord.no/tjenester-bedrift>
- Rodrigue, D. J.-P. (2020). Rail transportation and Pipelines. I *The Geography of Transport Systems* (s. 456). New York: Routledge.
- s.6. (2014). *Kundenærhet som verktøy for samskaping av verdi*. Oslo: Markedshøyskolen.
- Sander, K. (2022, Mars 3). *Kvantitativ metode og design*. Hentet fra Estudie:
<https://estudie.no/kvantitativ-metode-design/>
- Segal, T. (2022, December 27). *Less-Than-Truckload Definition and Shipping Service Basics*. Hentet fra Investopedia:
<https://www.investopedia.com/terms/l/lessthantruckload.asp>
- Spurkeland, E. (2023, Mai 4). *Befrakter*. Hentet fra Store Norske Leksikon:
<https://snl.no/befrakter>
- Toyota. (u.d.). *Toyota Fleet Management*. Hentet fra Fleet Vehicles:
<https://www.toyotafleetmanagement.com.au/fleet-services/what-is-a-fleet-vehicle>