



Bacheloroppgave

SCM600 Logistikk & SCM

**Valg av distribusjonslokaler og ruteplanlegging iht.
farlig gods**

Petter Tømmerberg Johansen

Sivert Fredrik Svane With

Totalt antall sider inkludert forsiden: 51

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.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
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: Arild Hoff

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: 31.05.2023

Antall ord: 9328

Forord

Innleveringen av denne oppgaven vil være konklusjonen for vår til i Molde ved bachelorstudiet for Logistikk & SCM her på HiMolde. Bakgrunnen for valget av tema er vår interesse for distribusjonsfaget og muligheten til å besvare komplekse spørsmål tydelig ved hjelp av matematiske modeller. Vi ser på dette som essensielt i logistikkfaget og gleder oss til å få bruk for det vi har lært disse tre årene i praksis.

Vi vil takke venner og familie som har vært med oss under hele studiet, samt vår veileder og underviser Arild Hoff.

Petter Tømmerberg Johansen & Sivert Fredrik Svane With

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven tar sikte på å sammenligne to forskjellige modeller og uthente viktige aspekter rundt hver av resultatene. Modellene består av å finne den korteste distansen ved ruteplanlegging og deretter å se det ved siden av den tryggeste ruten. Formålet er å finne avstandsbesparende løsninger for transport til utsalgssteder samtidig som man sikrer skadefri levering av varer. Ved hjelp av en kvantitativ analyse har vi identifisert optimal løsning både for korteste rute og tryggeste rute. Deretter har vi gjennomført en sammenligning av disse to strategiene for å vise hvordan en akseptabel løsning kan se ut.

Oppgaven har som mål å bistå bedrifter med en veloverveid avgjørelse når de ønsker å optimalisere ruteplanleggingen. De utviklede matematiske modellene er ikke spesifikke for en enkelt bedrift, og kan derfor tilpasses og brukes av ulike typer bedrifter som ønsker ruteoptimalisering og en tryggere transport.

Ved å sette søkelys på både avstandseffektivitet og sikkerhet, bidrar denne oppgaven til å levere en helhetlig analyse av ruteplanlegging. Resultatene vil være nyttige for bedrifter som ønsker å balansere behovet for økonomisk effektivitet med risikoreduksjon under transport av varer. Denne oppgaven gir et verdifullt bidrag til kunnskapsfeltet og kan brukes som veiledning for bedrifter som ønsker å ta mer informerte beslutninger når det gjelder ruteoptimalisering og trygg transport.

Innhold

1.0	Introduksjon	11
2.0	Problemstilling	12
2.1	Forskningsspørsmål og metode	12
2.2	Begrensninger	12
3.0	Teori	13
3.1	Behovet for transport	13
3.1.1	Transport	14
3.1.2	Økonomi	14
3.1.3	Rutevalg	15
3.1.4	Sikkerhet og miljø	16
3.2	Miljø	17
3.2.1	Triple bottom line	17
3.2.2	Samfunnsansvar	18
3.3	Infrastruktur av veinett	19
3.3.1	Veitransport vs andre transport typer	19
4.0	Metode	21
4.1	Kjennetegn på optimaliseringsproblem	21
4.2	Safest path	22
4.3	Transshipment and direct delivery	23
4.4	Matematisk modellering	24
5.0	Modelløsninger	26
5.1	Safest Path	26
5.1.1	Matematisk modell	26
5.1.2	Data og tabeller	27
5.1.3	Resultater og metode	28
5.1.4	Resultat	33
5.1.5	Oppsummering og analyse	36
5.2	Transshipment and direct delivery	37
5.2.1	Matematisk modell	37
5.2.2	Data	38
5.2.3	Resultater	40
5.2.4	Oppsummering og analyse	47
5.3	Sammenligning	48

6.0	Diskusjon.....	48
6.1	Distribusjonslagre og rutevalg.....	48
6.2	Modellene.....	49
7.0	Konklusjon.....	50
8.0	Siterte verk.....	51

Figuroversikt

Figur 1:	Et eksempel på et nettverk ved bruk av Safest driving route	23
----------	---	----

Figur 2:	Parametre i problemløseren.....	33
----------	---------------------------------	----

Tabelloversikt

Tabell 1:	Datasett hentet fra TRINE	27
-----------	---------------------------------	----

Tabell 2:	Ulykkesstatistikk på norske veier, hentet fra TRINE	28
-----------	---	----

Tabell 3:	Turer med last (mill.turer) fordelt på fylker	29
-----------	---	----

Tabell 4:	Utregnet ulykker i snitt per tur.....	29
-----------	---------------------------------------	----

Tabell 5:	Sannsynlighet for en ulykke fordelt på noder(fylker).....	30
-----------	---	----

Tabell 6:	Ulykkesansynlighet fra Sandefjord til hver av destinasjonene	30
-----------	--	----

Tabell 7:	Ulykkesansynlighet fra Hamar til hver av destinasjonene.....	31
-----------	--	----

Tabell 8:	Ulykkesansynlighet fra Bergen til hver av destinasjonene	31
-----------	--	----

Tabell 9:	Ulykkesansynlighet fra Trondheim til hver av destinasjonene.....	32
-----------	--	----

Tabell 10:	Resultatet av modellen med utregnet Simultan Sjanse for ingen ulykke	32
------------	--	----

Tabell 11:	Input til problemløseren.....	33
------------	-------------------------------	----

Tabell 12:	Ferdig utregnet modell.....	34
------------	-----------------------------	----

Tabell 13:	Sannsynlighetingen ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Sandefjord	35
------------	--	----

Tabell 14:	Sannsynlighetingen ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Bergen	35
------------	--	----

Tabell 15:	Sannsynlighetingen ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Trondheim	35
------------	---	----

Tabell 16:	Sannsynlighetingen ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Hamar	36
------------	---	----

Tabell 17:	Simultan sjanse for ingen ulykke for hver av distribusjonslokalene	36
------------	--	----

Tabell 18:	Distanse fra Sandefjord til hvert distribusjonslager.....	38
------------	---	----

Tabell 19:	Distanse fra produksjonslokale til hvert utsalgssted.....	39
------------	---	----

Tabell 20:	Distanse fra hvert distribusjonslokale til hvert utsalgssted.....	39
------------	---	----

Tabell 21:	Ruteplanløsningsmodell i Excel	40
------------	--------------------------------------	----

Tabell 22:	Resultat fra modellen	40
------------	-----------------------------	----

Tabell 23:	Rute fra Sandefjord til Oslo	41
------------	------------------------------------	----

Tabell 24:	Rute fra Sandefjord til Fredrikstad	42
------------	---	----

Tabell 25: Rute fra Sandefjord til Bergen	43
Tabell 26: Rute fra Bergen til Sandefjord	44
Tabell 27: Rute fra Sandefjord til Trondheim.....	45
Tabell 28: Rute fra Sandefjord til Tromsø	46

1.0 Introduksjon

Optimalisering av en verdikjede er alfa omega for å være kompetitiv i enhver næring.

Samtidig er trygg frakt av gods både helsemessig og sikkerhetsmessig viktig for miljøet, og enhver transportør har som ansvar å ta hensyn til miljøet langs alle ledd i en verdikjede.

Transportører som utnytter veinettet i Norge vet hvor krevende det kan være å optimalisere et rutenett der byene ofte ligger langs kysten og transporten må foregå over tomme fjell og i lange tunneller. Transport av farlig gods er en spesielt god bakgrunn for å

Matematiske modeller er blitt et enormt hjelpemiddel når det kommer til

verdikjedeoptimalisering grunnet de massive mengdene data vi har tilgjengelig. Ved å utnytte

de midlene vi har tilgjengelig i dagens moderne samfunn kan transportører enklere finne

strategiske og taktiske løsninger som sikrer miljøet i tillegg til å gi et effektivt og

kostnadsoptimerende resultat. Norges veinett er på mange måter utfordrende å håndtere og

planlegge gjennom, noe som er grunnen til at veitransporten av gods kun stod for 52.9% av all innenlandsk godstransport i 2021 (Statistisk Sentralbyrå, 2022). Dette er medregnet kabotasje,

men sjøveien står for en stor andel av den innenlandske godstransporten.

2.0 Problemstilling

Problemstillingen kommer fra faget Distribusjonsplanlegging og er basert på et fiktivt scenario der en produsent av diverse typer maling med et ukjent kvantum skal finne en effektiv distribusjonsplan basert på en rekke krav. De har en produksjonslokasjon i Sandefjord og vet allerede at de kan opprette utsalgssteder i Stavanger, Bergen, Trondheim, Oslo, Fredrikstad og Tromsø. Lokasjonene til distribusjonssentrene er blitt bestemt til å være Bergen, Trondheim eller Hamar grunnet tilgjengelige lokaler og kostnadene på disse lokasjonene. Det de ønsker å finne ut er hvordan de kan sette opp et rutenett der de minimerer tilbakelagt distanse, og hvordan de får den sikreste ruten for å unngå ulykker ettersom maling er underlagt ADR.

2.1 Forskningsspørsmål og metode

Vi har tatt utgangspunkt i de to problemene å finne korteste distanse, og sikreste rute. Det gir oss følgende forskningsspørsmål:

- Hvor skal distribusjonslokalene opprettes?
- Hvilke lokasjoner skal få leveranser fra hvilke distribusjonslokaler?
- Må de to problemstillingene løses hver for seg eller kan de kombineres til en felles løsning som utgjør nytte iht. begge problemene?

Vi utnytter kvantitative dataer til å besvare forskningsspørsmålene, distansene er hentet fra google maps og diverse andre dataer som blir benyttet er referert til. Vi vil formulere problemene matematisk og deretter skape modeller som vi løser gjennom problemløseren i Excel. Utgangspunktet for faget er Distribusjonsplanlegging-LOG530 av Arild Hoff (2023).

2.2 Begrensninger

Eksakte lokasjoner for lagre og utsalgssteder er ikke valgt som vil gi en mindre nøyaktig ruteplan. Ulykkesstatistikk er manglende offentlig ettersom det er vanskelig å finne eksakte tall for spesifikke typer ulykker der det ikke skjer personskade. Flere andre faktorer kan spille en rolle som kostnader og tilgjengelige antall lastebiler, noe som ikke er tatt hensyn til i oppgaven. En vei som går mye opp og ned og har trege svinger vil utgjøre en større kostnad enn en vei som går rett fram, grunnet dieselforbruk. Dette er ikke medregnet men ville i et virkelig scenario være faktorer som kan spille inn.

3.0 Teori

I dette kapittelet tar vi for oss teorien bak oppgaven. Det deles inn i to deler som hver for seg handler om transport og sikkerhet rundt transporten. Transport kommer herav behovet for å frakte produktene og de begrensningene problemstillingen tar for seg, imens sikkerhet og miljø kommer av behovet og begrensningene som kommer som produkt av problemstillingen.

3.1 Behovet for transport

Behovet for transport er et fundamentalt aspekt ved samfunns- og økonomisk utvikling. Transport spiller en avgjørende rolle i å lette fysisk forflytning av mennesker, varer og tjenester mellom ulike geografiske steder. Dette behovet oppstår som et resultat av flere faktorer og mekanismer. (Rodrigue, 2020) (ss. 2).

For det første er behovet for transport drevet av den økonomiske aktiviteten i samfunnet. Handel, industriproduksjon og forbruk av varer og tjenester krever en effektiv transportinfrastruktur for å muliggjøre logistikk og forsyningskjeder. Fra råvarelevering til produksjonssteder til distribusjon av ferdige produkter til markedene, spiller transport en kritisk rolle i å opprettholde en sømløs flyt av varer gjennom forsyningskjeden.

I tillegg er transport nødvendig for å imøtekomme mobilitetsbehovene til en befolkning. Individuell transport, som bil, sykkel eller offentlig transport, muliggjør reiser til arbeidsplasser, utdanningsinstitusjoner, helsetjenester og andre viktige destinasjoner. Transportnettverk bidrar til å koble mennesker og steder, og sikrer tilgjengelighet til essensielle tjenester og økonomiske muligheter.

En annen faktor som påvirker behovet for transport er regional utvikling i territoriell sammenheng. Transportinfrastruktur, som veier, jernbaner eller vannveier, spiller en nøkkelrolle i å knytte sammen forskjellige geografiske områder. Dette fremmer integrasjonen av økonomiske aktiviteter, utveksling av varer og tjenester, og sosial interaksjon mellom regioner. Transport blir dermed en katalysator for økonomisk vekst, sysselsetting og regional utvikling.

Globalisering og økt internasjonal handel er også viktige drivere for transportbehovet. Økningen av internasjonale handelsstrømmer krever effektiv og pålitelig transport over lange avstander, inkludert sjø- og luftfart. Dette sikrer forbindelser mellom ulike markeder, muliggjør eksport og import av varer, og fremmer økonomisk integrasjon og samarbeid på tvers av nasjonale grenser.

3.1.1 Transport

Transport av gods og produkter er definert som forflytningen av fysiske gjenstander fra ett sted til et annet. (Gundersen, 2020) . Denne definisjonen tar for seg alt fysisk som flyttes mellom to eller flere steder. Transport er nødvendig ettersom det muliggjør handel og markedsøkonomien som verden domineres av. Altså er transport av både mennesker, produkter, kraft, varme, og alt annet som er underlagt nødvendig i en moderne sivilisasjon.

3.1.2 Økonomi

Det økonomiske aspektet av transport omhandler generelt sett kostnader og inntekter rundt temaet transport. Her vil det omhandle kostnadene direkte relatert til å frakte varer, altså drivstoffkostnader, lønn til sjåfører, eventuelle bompenger samt de økonomiske konsekvensene veitransport har på miljøet. En mulig ulykke med en lastebil som frakter ADR-varer er potensielt mye større enn det er ved vanlig transport av en vare som er en mye mindre belastning på miljøet.

Det økonomiske aspektet av transport innebærer en analyse av kostnadene og inntektene knyttet til transportaktiviteter. Det fokuserer på vurdering av kostnadseffektiviteten av ulike transportformer og -metoder, inkludert direkte og indirekte utgifter. Samtidig tas det hensyn til de økonomiske konsekvensene av transport på miljøet, for eksempel utslipp og miljøskader. Målet er å identifisere tiltak som reduserer kostnadene og samtidig minimerer miljøpåvirkningen. En grundig analyse av det økonomiske aspektet gir et viktig grunnlag for beslutningstaking innen transportsektoren for å utvikle mer effektive og bærekraftige løsninger.

En transportstrategi basert på hub-and-spoke-systemet involverer samling av gods på et felles knutepunkt før det deretter distribueres videre i mindre forsendelser til sine endelige destinasjoner. Dette konseptet gir betydelige kostnadsfordeler sammenlignet med en point-to-point-strategi, der gods sendes direkte fra fabrikken til utsalgsstedet. Scala økonomi gjør det mulig for én operatør å betjene et bredt spekter av destinasjoner mer kostnadseffektivt enn flere operatører som tilbyr individuelle point-to-point-tjenester. (Prentice & Prokop, 2016) (ss. 81)

Full utnyttelse av transportmetoder er en lønnsom strategi med minimal økning i drivstoffkostnader ved økning i antall tonn transportert. Ved å bruke en større lastebil i stedet for to separate kjøretøy kan man oppnå besparelser på opptil 40% i kostnad per tonn/km (Prentice & Prokop, 2016) (ss.75). Denne tilnærmingen bidrar til økt kostnadseffektivitet og optimal utnyttelse av transportkapasiteten, noe som er viktig for å oppnå bedre økonomiske resultater.

Samkjøring av gods har vist seg å være en effektiv strategi for å oppnå kostnadsbesparelser og økt bærekraftighet i transportsektoren. Ved å kombinere flere godsleveranser i én transportenhet kan man optimalisere utnyttelsen av lastekapasiteten, redusere transportkostnader og bidra til lavere miljøpåvirkning. Samkjøring av gods gir betydelige fordeler som redusert tomkjøring, bedre utnyttelse av transportressurser, lavere drivstoffkostnader og forbedret trafikkflyt. Frakt av gods begge veier ville igjen ført til enda bedre utnyttelse av transporten da den nå blir brukt til å kjøre tom tilbake (Prentice & Prokop, 2016) (ss.83)

3.1.3 Rutevalg

Rutevalg og anvendelse av korrekt teori utgjør en avgjørende faktor innen transport og logistikk, da logistikkfaget har som grunnlag å effektivisere og maksimere/minimere potensielle inntekter og utgifter. Evnen til å tiltrekke seg kunder har alltid vært av stor betydning på tvers av ulike bransjer. I dagens globaliserte markeder, der flere aktører selger identiske varer, konkurransen er betydelig økt. Prispresset i dagens markeder er ekstremt, og det har derfor blitt av stor betydning å identifisere muligheter for kostnadsbesparelser i forsyningskjeden. En nøkkelrolle i denne sammenheng er å nøye evaluere rutevalgene og søke etter optimalisering av disse. Dette aspektet har derfor fått økt betydning for produsenter, da det gir potensial for økonomiske fordeler og effektiv ressursutnyttelse. (Weenek, 2019) (ss. 17)

Samtidig som det er hensiktsmessig å søke å minimere fraktprisene, er det av ytterste viktighet å unngå skader på gods under transport, da dette kan hindre leveransen. For å oppnå en optimal servicegrad er det avgjørende å ta hensyn til sikkerheten på ruten og sannsynligheten for potensielle driftsforstyrrelser. Dette sikrer at godset blir levert intakt og i tide. Bevaring av godsets integritet og transportens pålitelighet er sentrale faktorer for å opprettholde høy servicekvalitet i logistikksystemet.

3.1.4 Sikkerhet og miljø

Sikkerheten er av avgjørende betydning innen både kommersiell og privat transport, uavhengig av om det gjelder frakt av varer, personer eller andre fysiske objekter. Dette skyldes de omfattende kostnadene som oppstår som følge av manglende sikkerhet, utilstrekkelige håndteringsmetoder og mangel på hensyn til operative forhold. Slike kostnader omfatter ikke bare miljømessige og økonomiske konsekvenser, men også fare for tap av liv.

Ved transport av farlig gods på vei er det av kritisk betydning å benytte seg av teoretiske prinsipper og konsepter for å sikre en høy grad av sikkerhet. Sikkerhet og miljø omfatter ikke kun transport men også klassifisering av farlige stoffer, korrekt emballasje, riktig merking og implementering av nødvendige sikkerhetstiltak. Det er også av stor betydning å regulere tilgangen til farlige stoffer og overholde bestemmelsene fastsatt i ADR-regelverket (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route). Videre spiller konseptet "inherent safety" en sentral rolle i denne konteksten, og fokuserer på bruk av mindre farlige stoffer og forenkling av prosesser for å redusere risikoen knyttet til transport av farlig gods. Ved å orientere seg rundt dette, og å skape gode rammeverk kan man effektivt redusere risikoer og sikre en trygg transport av farlige materialer på veiene.

Moderne transport er underlagt strenge reglement for hvordan omtrent hvert eneste produkt skal produseres og fraktes slik at det gjøres på en sikker og forsvarlig måte. Her er det viktig å sette seg inn i regelverk og å følge det til enhver tid. En bedrift har også et sosialt ansvar gjennom CSR (Corporate Social Responsibility) for å ikke kun følge og opprettholde regelverk men også å ta egne steg i å forbedre sikkerhet og egne prosedyrer for å sikre samfunnsikkerhet. (McKinnon, Browne, Piecyk, & Whiteing, 2015) (ss. 111)

Transport av malingsprodukter er underlagt forskrifter og klassifisering i henhold til ADR-regelverket. Avhengig av det spesifikke produktet, kan malingsprodukter bli klassifisert som enten klasse 3 (brannfarlig væske) eller klasse 8 (etsende stoff). Som et resultat krever transport av malingsprodukter spesiell forsiktighet og etterlevelse av de generelle bestemmelsene i ADR-regelverket som gjelder i relevante land. Innen logistikkfeltet gir dette en interessant mulighet til å utforske ulike teoretiske distribusjonsmetoder. Vanligvis vil et selskap benytte seg av et hub-and-spoke-nettverk eller andre etablerte økonomiske og

vellykkede metoder for distribusjon av varer, der transporten ikke er begrenset eller underlagt spesifikke forskrifter, bortsett fra de generelle transportbetingelsene.

Informasjon om ADR-Forskriftene er hentet fra DSB. (Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, 2023)

3.2 Miljø

Relevant til denne oppgaven vil miljøkonsekvensene av en mulig ulykke være en av hovedfaktorene i metodikken og problemstillingen. Samtidig er bærekraftig logistikk og transport sentralt i en moderne forsyningskjede, og å ha miljøet som en sentral tanke i hvert ledd er viktig.

For å håndtere miljøfaktorene forbundet med veitransport, er det nødvendig med en rekke tiltak for å fremme bærekraftighet. Dette inkluderer overgangen til miljøvennlige drivstoff og alternative drivsystemer, slik som elektriske kjøretøy og fornybart drivstoff som biodrivstoff eller hydrogen. Videre er det viktig å forbedre drivstoffeffektiviteten gjennom teknologiske fremskritt, optimalisering av motorer og drivlinjer, samt ved å implementere drivstoffbesparende kjøremetoder. En annen viktig tilnærming er å fremme kollektivtransport og utvikle sykkelinfrastruktur for å redusere antall biler på veiene og lette trafikkproblemer. Effektiv planlegging og logistikk spiller også en vesentlig rolle, inkludert ruteoptimalisering, lastoptimalisering og samkjøring av varer. I tillegg er et sterkt regulatorisk rammeverk med utslippsstandarder, avgifter eller insentiver for miljøvennlige kjøretøy avgjørende for å stimulere overgangen til mer bærekraftige transportløsninger. Gjennom implementeringen av disse tiltakene kan veitransport bidra til å redusere klimaendringer, forbedre luftkvaliteten og skape en mer bærekraftig fremtid.

3.2.1 Triple bottom line

Triple Bottom Line (TBL) er en teoretisk ramme som har som mål å vurdere organisasjoners ytelse og bærekraft basert på tre dimensjoner: økonomi, miljø og sosial påvirkning. Denne tilnærmingen søker å gå utover den tradisjonelle økonomiske modellen og integrere miljømessige og sosiale faktorer i vurderingen av en organisasjons suksess.

Den økonomiske dimensjonen i TBL fokuserer på organisasjonens økonomiske ytelse og evnen til å skape økonomisk verdi. Dette innebærer vurdering av inntekter, kostnader, lønnsomhet, økonomisk vekst og investeringer.

Miljødimensjonen i TBL handler om organisasjonens påvirkning på miljøet. Dette inkluderer vurdering av energiforbruk, utslipp, avfallshåndtering, ressursbruk og miljøbevaring. Målet er å minimere negativ miljøpåvirkning og øke bærekraftig praksis.

Den sosiale dimensjonen i TBL omhandler organisasjonens forpliktelse til å skape positiv sosial påvirkning. Dette innebærer vurdering av arbeidsforhold, arbeidstakerrettigheter, samfunnsengasjement, mangfold og inkludering. Målet er å bidra til sosial rettferdighet og samfunnsutvikling. (Miller, 2020)

3.2.2 Samfunnsansvar

Enhver bedrift i et moderne marked er nødt til å ta for seg samfunnsansvaret man har som produsent, distributør eller selger. Dette er i praksis at bedrifter velger å aktivt ta del i samfunnet rundt seg og å konstant jobbe for å forbedre samfunnet økonomisk og miljømessig.

Transportbedrifter har et betydelig samfunnsansvar som strekker seg over flere dimensjoner. I litteraturen identifiseres fire hovedområder der transportbedrifter har et ansvar:

miljøpåvirkning, sikkerhet, samfunnsutvikling og etisk forretningspraksis.

Når det gjelder miljøpåvirkning, er transportbedrifter i søkelyset på grunn av deres betydelige utslipp av klimagasser og forurensende stoffer. Teorien understreker viktigheten av å implementere miljøvennlige tiltak, for eksempel ved bruk av alternative drivstoff og investeringer i energieffektive kjøretøy. Videre bør bedriften vurdere ruteplanleggingssystemer som optimaliserer transportruter for å minimere kjørelengde og redusere miljøbelastningen.

Sikkerhet er en annen kritisk dimensjon for transportbedrifter. Det kreves at de opprettholder høye sikkerhetsstandarder for å beskytte både ansatte og reisende. Dette innebærer nødvendig opplæring, implementering av sikkerhetstiltak og overholdelse av relevante transportsikkerhetslover og -forskrifter.

Transportbedrifter har også et ansvar for å bidra til samfunnsutvikling. Dette kan omfatte støtte til lokaløkonomien gjennom sysselsetting og samarbeid med lokale leverandører.

Videre kan bedriften være involvert i samfunnsaktiviteter og tiltak som fremmer sosial inkludering og bærekraftig utvikling.

Etisk forretningspraksis er et sentralt aspekt av samfunnsansvaret til transportbedrifter. Dette innebærer å etterleve høye standarder for integritet, ansvarlighet og kundetilfredshet.

Bedriften bør beskytte kundenes rettigheter, forhindre korrupsjon og sikre at forretningspraksisen er i tråd med etiske retningslinjer.

(Regjeringen, 2008)

3.3 Infrastruktur av veinett

Norge er kjent for å være et langstrakt land med et omfattende veinett, som totalt strekker seg over 97 746 km ifølge offentlige veidata (OFV, u.d.). Imidlertid er det i dag et betydelig etterslep når det gjelder veiutbedringer i landet, noe som øker risikoen for trafikkulykker på norske veier. Generelt sett er det et påtrengende behov for bedre kartlegging av veinettet i Norge (Bartolomei, 2021) ettersom dette vil bidra til økt sikkerhet og reduksjon av risikofaktorer knyttet til skred og steinsprang som kan resultere i alvorlige ulykker.

Veinettet i Norge blir hovedsakelig administrert og vedlikeholdt av Statens vegvesen, som gjør det til et attraktivt valg for både private og offentlige formål. En av de bemerkelsesverdige fordelene med det norske veinettet er at bruken av veiene i seg selv er "gratis" i den forstand at det ikke er en synlig avgift som må betales direkte for veibruken. I stedet blir kostnadene knyttet til veibruk indirekte dekket gjennom skatter, miljøavgifter og andre typer veibruksrelaterte gebyrer, som ferje- og bompenger. Dette finansieringsmodellen bidrar til å opprettholde infrastrukturen og støtte vedlikeholdet av veinettet, samtidig som det pålegger brukere indirekte kostnader basert på deres veibruk og miljøpåvirkning. (Rodrigue, 2020)(ss. 161)

3.3.1 Veitransport vs andre transport typer

Transport av varer og passasjerer er en essensiell komponent i moderne samfunn og økonomi. Veitransport er en av de mest utbredte og synlige transportmetodene globalt sett. Imidlertid er det viktig å vurdere veitransport i forhold til andre transportalternativer som sjøtransport, lufttransport og jernbanetransport for å få en helhetlig forståelse av deres teoretiske egenskaper og potensielle fordeler og begrensninger.

Sjøtransport er en langvarig og betydningsfull metode for internasjonal handel og frakt av store mengder gods. Denne transportmetoden innebærer forflytning av varer og passasjerer over havet ved hjelp av skip, båter og maritime fartøyer. Sjøtransport har teoretiske fordeler

som inkluderer evnen til å transportere store mengder gods på en enkelt reise, potensielt lavere kostnader per enhet sammenlignet med veitransport og en lavere miljøpåvirkning. Likevel kan sjøtransport oppleve lengre transporttid og er begrenset til områder tilgjengelig via havner og terminaler.

Ved sammenligning med sjøtransport er veitransport kjent for sin fleksibilitet og tilgjengelighet, med direkte punkt-til-punkt-levering og evnen til å nå avsidesliggende områder. På den annen side kan veitransport være kostbart per enhet sammenlignet med sjøtransport og ha høyere miljøpåvirkning. Lufttransport tilbyr rask levering og global rekkevidde, men til høyere kostnader, begrenset lastekapasitet og betydelige klimagassutslipp. Jernbanetransport har høy kapasitet og lavere kostnader per enhet, men begrensede ruter og avhengighet av terminaler.

Valget av transportmetode avhenger av faktorer som avstand, mengde gods, leveringstid, kostnad og miljøpåvirkning. En helhetlig vurdering av disse transportmetodene er avgjørende for å sikre effektiv og bærekraftig transport av varer og passasjerer.

4.0 Metode

Problemstillingen dreier seg om planlegging av ruter til ulike steder i Norge. I denne oppgaven har vi benyttet to ulike optimaliseringsmetoder som setter søkelys på to forskjellige utfordringer. Den første utfordringen er å finne den tryggeste ruten, der målet er å identifisere den ruten med minst sannsynlighet for nedbrudd.

Den andre metoden fokuserer på å finne den korteste kjøreavstanden mellom stedene. Dette innebærer å beregne den optimale ruten som minimerer den totale avstanden som må tilbakelegges. Ved hjelp av matematiske algoritmer og grafteori kan vi finne den korteste veien mellom punktene basert på veiavstander og eventuelle begrensninger.

Altså skal rutene optimaliseres ved bruk av to forskjellige optimaliseringsproblemer for deretter å sammenlignes.

4.1 Kjennetegn på optimaliseringsproblem

Dette optimaliseringsproblemet har to deler. Først må vi avgjøre hvilke av de tre distribusjonslagrene i Hamar, Bergen og Trondheim som bør tas i bruk langs rutene fra Sandefjord til Trondheim, Oslo, Fredrikstad, Bergen, Stavanger og Tromsø. Deretter må vi finne den optimale ruten for å levere varer fra fabrikken til utsalgsstedene.

I den første delen av problemet ønsker vi å minimere maksimalavstanden mellom fabrikken i Sandefjord og utsalgsstedene ved å bestemme hvilke distribusjonslagre som bør benyttes. Målet er å minimere den lengste avstanden mellom fabrikken og av salgsstedene.

I den andre delen av problemet ønsker vi å finne den optimale ruten for varelevering fra fabrikken til hvert salgssted. Vi vil finne den mest effektive ruten som minimerer kjøreavstanden og dermed reduserer kostnadene og tiden for varelevering.

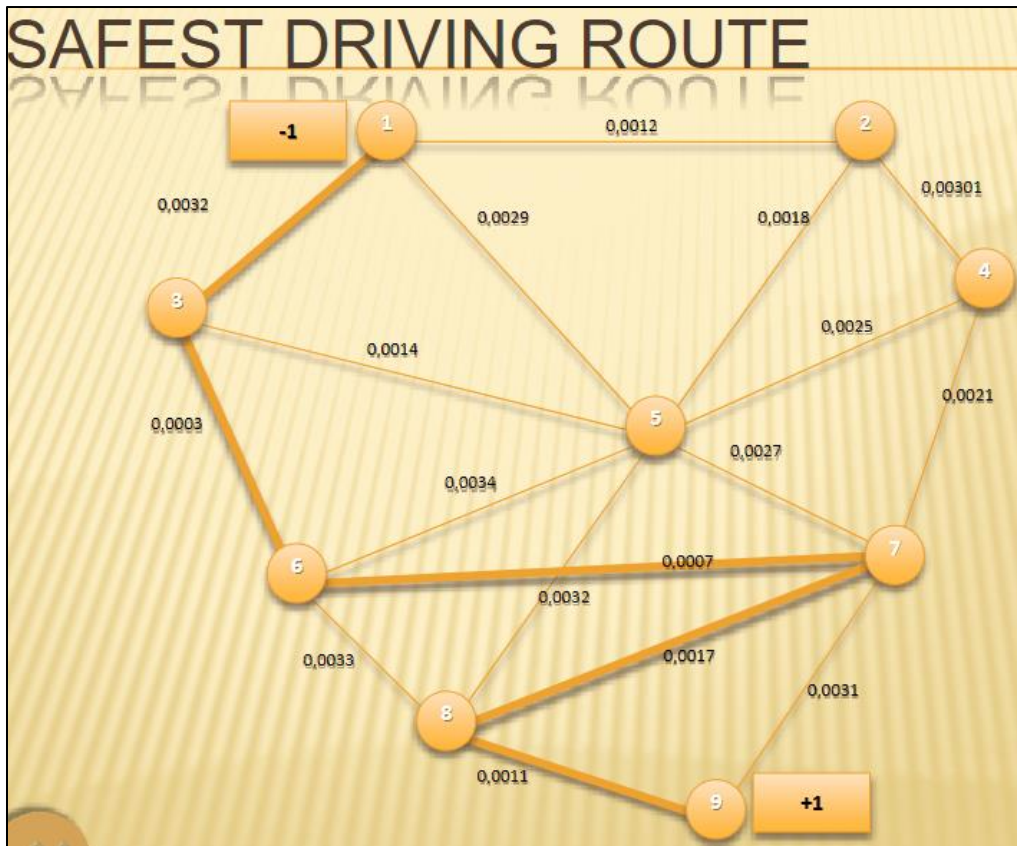
Ved å bruke matematiske modeller, algoritmer og optimaliseringsmetoder, søker vi å finne løsninger som optimaliserer valget av distribusjonslagre og rutene for varelevering. Ved å

minimere maksimalavstanden mellom fabrikken og salgsstedene kan vi oppnå en mer kostnadseffektiv samt miljøvennlig distribusjon.

Optimalisering av ruteplanlegging ved bruk av Solver i Excel er en effektiv tilnærming for å finne den beste ruten basert på definerte kriterier og restriksjoner. Ved å formulere objektfunksjonen og definere variabler og restriksjoner, kan Solver i Excel gjennomføre en iterativ prosess for å finne den optimale løsningen. Etter utførelsen kan resultatene analyseres for å identifisere den optimale ruten basert på ønskede mål.

4.2 Safest path

Safest driving route vil bli brukt i sammenheng med lokaliseringen og ruteplanleggingen. Safest driving route er et distribusjonsproblem der sannsynligheten for en ulykke brukes til å finne sannsynligheten for å ikke være i en ulykke for hver alternative rute. Her vil modellen brukes til å finne den ruten med minst samlet sjanse for å havne i en ulykke. Grunnen til at denne metoden brukes i oppgaven er for å vise den ruten med minst sjanse for å havne i en ulykke og direkte redusere sannsynligheten for å skade miljøet. For å løse problemet skapes noder med en matematisk satt sannsynlighet for å være i en ulykke fra hver node til en mulig node å reise til. Det vi trenger er altså sannsynligheten for ulykker ved hver strekning, modellen må dog gjøres om ettersom et slikt problem som regel skal finne den ruten minste sannsynligheten for en ulykke ved å gå gjennom flere noder fra A til Å, vist under. Vi skal derimot finne den kombinasjonen av distribusjonslagre som gir minst sannsynlighet for en ulykke.



Figur 1: Et eksempel på et nettverk ved bruk av Safest driving route

4.3 Transshipment and direct delivery

Transshipment and direct delivery viser til de to metodene transshipment og direct delivery. Der direct delivery er direkte fra produsent til kunde, og transshipment er fra produsent til distribusjonslager og deretter kunde. Her er målet å minimere den totale distansen som blir kjørt for å minimere kostnader. Noder skapes for hver lokasjon og en gitt distanse mellom nodene blir lagt inn i problemet. Et slikt problem trenger etterspørsel ved hver kunde og kapasitetsbegrensninger ved produksjonslokalet samt distribusjonslokalene. Dataen som behøves er distansen mellom hver node, altså distansen for hver rute. Når vi har alt dette kan vi legge problemet inn i en problemløser som vil regne ut den beste kombinasjonen av ruter for å tilfredsstille etterspørselen ved å minimere den totale distansen som blir kjørt.

4.4 Matematisk modellering

«Matematiske programmeringsmetoder gir kraftige og omfattende verktøy for å knuse store mengder numeriske data som beskriver forsyningskjedene til mange selskaper.» (Shapiro, 2007)

I denne oppgaven benytter vi matematisk modellering i hver av de to deloppgavene. Metode gås nærmere inn på for hver av deloppgavene innenfor sine respektive kapitler, fellesnevneren er at Microsofts Excel vil bli brukt med hjelp av tilleggsprogrammet «problemløser» som også blir kalt «solver» (Microsoft, u.d.). Det er flere forskjellige programmer som kan brukes for å fremstille slike problemer men vi har valgt excel og problemløseren. Excel og problemløseren gir oss muligheten til å formulere det matematiske problemet kvantitativt. Utforming av modellen vil være noe av det viktigste å gjøre nøye og med presisjon i en kvantitativ modell ettersom du skal føre virkelige problemer og tall inn i en modell der det er vanskelig å formulere og definere alle de ulike aspektene som forekommer i virkeligheten. Modellen må være rekonstruerbar slik at parameterne kan endres dersom det skal legges ved ytterligere aspekter som ikke har blitt tatt hensyn til før, og behøver derfor å være ryddig og oversiktlig.

Modelleringsprosessen er definert i syv steg i boken Practical Management Science ss. 7-8 (Winston & Albright, 2016);

1. Defineringsproblemet

Først må problemet analyseres for å spesifisere objektivet og hva som må bli studert for å kunne løse problemet. I dette tilfellet er objektivene å minimere distanse og minimere sjansen for en ulykke. For å løse problemet må det deretter løses hvordan dette problemet kan løses.

2. Datainnhenting

Etter problemet er definert vil den som utfører analysen behøve å innhente data for å estimere parameterne og deres verdier. Estimatenes er det som brukes til å utvikle modellen og å forutse løsninger. Data er blitt mer og mer viktig de siste årene grunnet den massive mengden data som er tilgjengelig, og de stadig økende mulighetene til å utnytte disse i beslutningstakings-prosesser.

3. Modellutvikling

Modellutviklingen vil ta betraktning i de parameterne som er blitt innhentet for deretter å utvikle en deterministisk optimaliseringsmodell eller en simuleringsmodell. Disse er de mest vanlige og har som mål å enten maksimere eller minimere et objektiv, imens simuleringsmodeller gir oss sannsynlighetsfordelinger. Det finnes også modeller som er for komplekse matematisk til å kunne uttrykke enkelt ved hjelp av formler, men disse er ikke relevante i dette problemet.

4. Modellverifisering

I steg fire må det testes om modellen gir en tilnærmet riktig representasjon av virkeligheten. I det aller minste må den bestå «plausibilitetskontroller». Dette går ut på å føre inn varierende variable verdier får å se om resultatet er plausibelt.

5. Optimalisering og beslutningstaking

Utvikleren må her velge en beslutning eller strategi som møter de ønskede objektivene. Altså om modellen har et sett med mulige valg må den som løser problemet gjøre strategisk riktige valg for å best løse problemet.

6. Modellkommunikasjon

Modellens resultater må kommuniseres til den eller de den er relevant for, les de som ønsker objektivet løst. Det hender også at man presenterer flere mulige løsninger og lar organisasjonen eller de som hadde behov for modellen velge det eller de beste alternativ(ene).

7. Modellimplementering

Dersom modellen aksepteres som brukbar og pålitelig må analytikeren som utviklet den hjelpe med implementeringen av modellen i organisasjonen eller oppdragsgiveren. Den må følges opp og bli overvåket og oppdatert konstant for å sørge for at den konstant møter objektivet.

I vår case blir nødvendigheten av hver av stegene varierende men dette er et viktig fundament i å utvikle en trygg og korrekt modell til scenarioet.

5.0 Modelløsninger

5.1 Safest Path

5.1.1 Matematisk modell

Denne delen omhandler å finne safest path med de gitte parameterne våre. Først uttrykker vi modellen matematisk.

n	Antall noder	
N	Sett med noder	$N = \{1, 2, \dots, n\}$
G	Sett med lenker mellom noder	
d_j	Etterspørsel ved node j	$j \in \{N\}; d_j \in \{-1, 0, +1\}$
p_{ft}	Sannsynlighet for en ulykke mellom node f og t	$(f, t) \in \{G\}$

Beslutningsvariabel:

X_{ft}	Sier hvorvidt lenken fra node f til t blir brukt	$(f, t) \in \{G\} \quad X_{ft} \in \{0, 1\}$
----------	--	--

Objektivfunksjon:

$\max \prod_{(f,t) \in G} (1 - p_{ft} X_{ft})$	Maksimerer den simultane sannsynligheten for at det ikke skjer noen ulykker langs alle de brukte lenkene i nettverket
--	---

Begrensninger:

$\sum_{(f,j) \in G} X_{fj} - \sum_{(j,t) \in G} X_{jt} = d_j \forall j \in N$	Sum transportert/mottatt ved en node minus summen transportert/sendt fra samme node, må møte etterspørselen i noden. Dette gjelder for alle noder.
---	--

Altså vil etterspørsel være -1 i startnoden, det er den noden vi må dra fra. Begrensningen vil tvinge oss til å fortsette dersom en node har etterspørsel 0 for å reise til noden(e) med etterspørsel 1.

5.1.2 Data og tabeller

Ruteplanleggeren som er brukt for å finne ut hvilke fylker og reiseruter de forskjellige lokasjonene vil ha til hverandre vil være Google Maps grunnet simpliciteten og muligheten til å kun velge en spesifikk type veier.

Ulykkesstatistikken hentes fra Statens Vegvesens trafikkulykkesregister, statistikken er hentet ut gjennom nettsiden TRINE (Statens Vegvesen) som lar oss frembringe tabeller med de dataene vi trenger. Fra TRINE har vi hentet ut antall ulykker i hvert fylke som omgår lastebiler helt tilbake til 1990. Nøyaktig datasett:

Tabell 1: Datasett hentet fra TRINE

Rader, Kolonner og Filtre
Datasett: Antall personskadeulykker
Rader:
År
Kolonne:
Fylke
Filter
Tettsted: Ikke tettsted
Vegkategorier: E Europaveg
Enhetstype hovedkategori: Bil for godstransport
Enhetstype underkategori: Lastebil

Statistikken fra TRINE baseres på data fra Politiet og SSB. Feilkilder vil naturligvis være at enkelte ulykker ikke meldes inn, og spesielt der det er mindre personskader. Statistikken omfatter politi-rapporterte vegtrafikkulykker (dødsulykker eller ulykker med betydelig personskade) i Norge, noe som gjør at vi kan gå glipp av ulykker som skjer på veier der det ikke meldes om personskade. Altså vil ikke kun ulykker der kjøretøyene skades bli meldt inn. Vi har valgt å fortsatt bruke TRINE ettersom det er den tryggeste statistikken vi kom over som er hentet fra statlige kilder.

Antall turer kommer fra Statistisk sentralbyrå som er en god kilde til alle mulige rapporter og statistikker fra mange forskjellige fagfelt. Vi har brukt SSB til å få fram en tabell om antall turer kjørt med tungtransport i hvert fylke for de årene som var mulig. De årene vi fikk hentet ut statistikk i var 2018, 2015, og 2008.

Grunnet fylkessammenslåingen er tabellene gjort om av oss for å reflektere de nye fylkene, og dersom statistikk har vært registrert for fylkene før sammenslåingen har vi manuelt slått sammen dataene for de fylkene som er blitt sammenslått.

5.1.3 Resultater og metode

For å finne den tryggeste reisen er det nødvendig å først finne den minst trygge reisen. For å gjøre dette har vi brukt statens vegvesen sin egen ulykkesstatistikk gjennom programmet TRINE. I TRINE har vi funnet statistikk over ulykker langs europaveier som involverer lastebiler siden 1990, vist her:

Her får vi antall ulykker per år i hvert fylke på europaveier med lastebiler.

År	3 - Oslo	11 - Rogaland	15 - Møre og Romsd	18 - Nordland	30 - Viken	34 - Innlandet	38 - Vestfold og Telemar	42 - Agder	46 - Vestland	50 - Trøndelag	54 - Troms og Finnmar	Sum
2021	0	3	4	6	21	8	7	8	5	7	10	79
2020	0	4	4	10	9	7	9	1	7	8	12	71
2019	15	9	3	10	27	8	6	8	10	12	8	116
2018	11	3	1	6	24	13	7	5	6	9	5	90
2017	15	5	2	4	17	5	6	4	9	7	8	82
2016	19	4	3	11	14	10	10	2	10	14	7	104
2015	17	3	2	8	18	6	6	3	7	11	12	93
2014	18	6	6	10	12	5	6	10	14	12	3	102
2013	18	8	2	11	26	5	11	8	12	13	9	123
2012	18	5	6	9	24	8	5	3	27	22	13	140
2011	17	8	4	13	37	7	8	13	22	16	13	158
2010	30	8	4	16	31	9	11	12	21	17	16	175
2009	23	10	3	14	23	6	6	11	32	15	10	153
2008	18	7	9	19	39	12	11	13	25	23	10	186
2007	32	15	6	11	30	15	13	13	18	20	11	184
2006	24	7	10	10	27	7	11	11	19	18	9	153
2005	27	5	6	12	34	8	6	7	23	22	9	159
2004	24	20	8	12	51	14	9	19	27	11	8	203
2003	15	8	8	14	45	3	12	10	22	21	14	172
2002	32	7	9	10	35	11	7	9	21	25	6	172
2001	36	8	6	16	31	12	6	8	21	16	9	169
2000	23	8	6	13	31	11	10	2	17	20	19	160
1999	24	7	11	15	31	12	8	9	18	25	10	170
1998	42	9	3	10	32	9	6	6	12	25	19	173
1997	29	9	6	13	31	12	13	9	12	22	9	165
1996	28	6	7	8	21	13	6	5	8	7	9	118
1995	0	10	5	11	33	9	9	5	18	16	13	129
1994	0	5	4	16	20	12	6	7	16	12	11	109
1993	0	11	4	8	26	7	8	6	12	9	3	94
1992	6	6	8	9	18	12	5	4	12	9	10	99
1991	3	11	2	18	29	9	6	2	9	9	13	111
1990	0	8	3	11	20	8	2	5	8	12	12	89
Sum	564	243	165	364	867	293	252	238	500	485	330	4301

Tabell 2: Ulykkesstatistikk på norske veier, hentet fra TRINE

	Turer med last (mill. turer)		
	2008	2015	2018
30 Viken	.	.	.
01 Østfold (-2019)	5,1	2,8	4,1
02 Akershus (-2019)	10,6	8,4	9,2
06 Buskerud (-2019)	2,0	3,8	4,7
03 Oslo	13,9	11,0	10,0
34 Innlandet	.	.	.
04 Hedmark (-2019)	3,2	3,4	3,4
05 Oppland (-2019)	4,0	3,0	3,3
38 Vestfold og Telemark	.	.	.
07 Vestfold (-2019)	4,1	4,7	3,7
08 Telemark (-2019)	3,5	3,0	2,8
42 Agder	.	.	.
09 Aust-Agder (-2019)	2,1	2,0	2,3
10 Vest-Agder (-2019)	3,3	1,7	3,0
11 Rogaland	10,9	10,8	9,4
46 Vestland	.	.	.
12 Hordaland (-2019)	9,7	6,2	8,6
14 Sogn og Fjordane (-2019)	2,0	2,3	2,0
15 Møre og Romsdal	5,2	4,2	5,0
50 Trøndelag - Tröndelage	.	.	6,9
16 Sør-Trøndelag (-2017)	4,8	4,2	.
17 Nord-Trøndelag (-2017)	3,7	2,9	.
18 Nordland - Nordlännda	4,8	4,5	4,1
54 Troms og Finnmark - Romsa ja Finnmärku	.	.	.
19 Troms - Romsa (-2019)	3,4	1,6	2,7
20 Finnmark - Finnmärku (-2019)	1,3	1,1	1,5

Tabell 3: Turer med last (mill.turer) fordelt på fylker

Ulykkesstatistikken er derimot verdiløs uten et referansepunkt om hvor mange lastebiler som reiser på disse strekningene hvert år, og vi har derfor brukt SSB sin statistikk over antallet reiser med tungtransport hvert år i hvert fylke, vist til venstre. Ved å omgjøre statistikkene slik at de passer de nye fylkene kan vi bruke ulykkesstatistikken imellom 2008 og 2018 til å få et gjennomsnittlig referansepunkt for antall ulykker fordelt på antall turer i hvert fylke for hvert år.

Ved å finne gjennomsnittet og gange de så de får riktig mengdeforamt kan vi regne ut et prosenttall for hvert fylke.

er med last i mill.	3 - Oslo	11 - Rogaland	15 - Møre og Romsdal	18 - Nordland	30 - Viken	34 - Innlandet	38 - Vestfold og Telemark	42 - Agder	46 - Vestland	50 - Trøndelag	54 - Troms og Finnmark	Sum
2018	13,9	9,4	5	4,1	18	6,7	6,5	5,3	10,6	6,9	4,2	90,6
2015	11	10,8	4,2	4,5	15	6,4	7,7	3,7	8,5	7,1	2,7	81,6
2008	10	9,4	5,2	4,8	17,7	7,2	7,6	5,4	11,7	8,5	4,7	92,2
Gj.Snitt	11,63333333	9,86666667	4,8	4,46666667	16,9	6,76666667	7,26666667	4,8	10,26666667	7,5	3,86666667	88,13333333
Gj.Snitt i mill.	11 633 333	9 866 667	4 800 000	4 466 667	16 900 000	6 766 667	7 266 667	4 800 000	10 266 667	7 500 000	3 866 667	88 133 333
Ulykker (2008-2018)	204	67	42	121	265	86	87	84	185	159	106	1406
Ulykker pr. år	20,4	6,7	4,2	12,1	26,5	8,6	8,7	8,4	18,5	15,9	10,6	140,6
Ulykker i snitt pr tur	0,0000175 0,000175 %	0,0000068 0,000068 %	0,0000088 0,000088 %	0,0000271 0,000271 %	0,0000157 0,000157 %	0,0000127 0,000127 %	0,0000120 0,000120 %	0,0000175 0,000175 %	0,0000180 0,000180 %	0,0000212 0,000212 %	0,0000274 0,000274 %	0,0000160 0,000160 %

Tabell 4: Utreget ulykker i snitt per tur

Hvert fylke vil dermed få et prosenttall som viser til:

$$\frac{\text{Ulykker pr år}}{\text{Gj.snitt reiser}} = X^i \quad \text{Derav X er Ulykker i snitt per tur og i er fylket.}$$

Vi får dermed muligheten til å sette opp noder for hvert fylke, med en nå tilsvarende ulykkesrisiko for gitte fylke. Som sagt er dette sannsynligheten for at en lastebil kjørende på en europavei vil havne i en ulykke i hvert fylke.

Fylke	Node	Ulykkesstatistikk
Agder	1	0,000175 %
Innlandet	2	0,000127 %
Møre og Romsdal	3	0,000088 %
Nordland	4	0,000271 %
Oslo	5	0,000175 %
Rogaland	6	0,000068 %
Troms og Finnmar	7	0,000274 %
Trøndelag	8	0,000212 %
Vestfold og Telen	9	0,000120 %
Vestland	10	0,000180 %
Viken	11	0,000157 %

Tabell 5: Sannsynlighet for en ulykke fordelt på noder(fylker)

Nå som dette er gjort har vi gjort klart utgangspunktet til å regne oss fram til den samlede sannsynligheten for en gitt rute ved å finne ut hvilke fylker enhver rute kjører igjennom. Ved hjelp av Google Maps har vi funnet hver rute, med utgangspunkt at vi kun reiser i Norge, og bruker Europaveier der det er mulig.

Sandefjord:

Til	Bergen	Trondheim	Hamar	Oslo	Stavanger	Tromsø	Fredrikstad	
Fra Sandefjord	Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9 Vestfold og Telemark	9
	1 Vestland	10 Viken	11 Viken	11 Viken	11 Agder	1 Viken	11 Viken	11
		Oslo	5 Oslo	5 Oslo	5 Rogaland	6 Oslo	5 Oslo	5
		Innlandet	2 Innlandet	2		Innlandet	2	
		Trøndelag	8			Trøndelag	8	
						Nordland	4	
						Troms og Finnmark	7	
Sum	0,000300 %	0,000791 %	0,000579 %	0,000452 %	0,000363 %	0,001336 %	0,000452 %	
Gj.snitt sjanse	0,000150 %	0,000158 %	0,000145 %	0,000151 %	0,000121 %	0,000191 %	0,000151 %	

Tabell 6: Ulykkesanssynlighet fra Sandefjord til hver av destinasjonene

Fra Sandefjord til hver av destinasjonene er resultatet av sannsynligheten for en ulykke kalkulert til:

Bergen	0,000300%
Trondheim	0,000791%
Hamar	0,000579%
Oslo	0,000452%
Stavanger	0,000363%
Tromsø	0,001336%
Fredrikstad	0,000452%

Hamar:

Til	Bergen	Trondheim	Oslo	Tromsø	Fredrikstad	Stavanger	
Fra Hamar	Innlandet	2 Innlandet	2 Innlandet	2 Innlandet	2 Innlandet	2 Innlandet	2
	4 Vestland	10 Trøndelag	8 Viken	11 Trøndelag	8 Viken	11 Viken	11
			Oslo	5 Nordland	4 Oslo	5 Oslo	5
				Troms og Finnmark	7	Vestfold og Telemark	9
						Agder	1
						Rogaland	6
Sum		0,000307 %	0,000339 %	0,000459 %	0,000884 %	0,000459 %	0,000695 %
Gj.snitt sjanse		0,000154 %	0,000170 %	0,000153 %	0,000221 %	0,000153 %	0,000116 %

Tabell 7: Ulykkesansynlighet fra Hamar til hver av destinasjonene

Bergen	0,000307%
Trondheim	0,000339%
Oslo	0,000459%
Tromsø	0,000884%
Fredrikstad	0,000459%
Stavanger	0,000695%

Bergen:

Til	Trondheim	Oslo	Stavanger	Tromsø	Fredrikstad	
Fra Bergen	Vestland	10 Vestland	10 Vestland	10 Vestland	10 Vestland	10
	2 Innlandet	2 Viken	11 Rogaland	6 Innlandet	2 Viken	11
	Trøndelag	8 Oslo	5	Trøndelag	8 Oslo	5
				Nordland	4	
				Troms og Finnmark	7	
Sum		0,000519 %	0,000512 %	0,000248 %	0,001064 %	0,000512 %
Gj.snitt sjanse		0,000173 %	0,000171 %	0,000124 %	0,000213 %	0,000171 %

Tabell 8: Ulykkesansynlighet fra Bergen til hver av destinasjonene

Trondheim	0,000519%
Oslo	0,000512%
Stavanger	0,000248%
Tromsø	0,001064%
Fredrikstad	0,000512%

Trondheim:

Til	Bergen	Oslo	Tromsø	Fredrikstad	Stavanger	
Fra Trondheim	Trøndelag	8 Trøndelag	8 Trøndelag	8 Trøndelag	8 Trøndelag	8
	3 Innlandet	2 Innlandet	2 Nordland	4 Innlandet	2 Innlandet	2
	Vestland	10 Viken	11 Troms og Finnmark	7 Viken	11 Vestland	10
		Oslo	5	Oslo	5 Rogaland	6
Sum		0,000519 %	0,000671 %	0,000757 %	0,000671 %	0,000587 %
Gj.snitt sjanse		0,000173 %	0,000168 %	0,000252 %	0,000168 %	0,000147 %

Tabell 9: Ulykkesannsynlighet fra Trondheim til hver av destinasjonene

Bergen	0,000519%
Oslo	0,000617%
Stavanger	0,000587%
Tromsø	0,000757%
Fredrikstad	0,000671%

Fra	Til	Bruk	Ulykkesjans	Sannsynlighet for ingen ulykke
1	2	1	0,000150 %	99,9998500 %
1	3	1	0,000158 %	99,9998418 %
1	4	1	0,000145 %	99,9998553 %
1	5	1	0,000151 %	99,9998493 %
1	6	1	0,000121 %	99,9998790 %
1	7	1	0,000191 %	99,9998091 %
1	8	1	0,000151 %	99,9998493 %
2	3	1	0,000173 %	99,9998270 %
2	5	1	0,000171 %	99,9998293 %
2	6	1	0,000124 %	99,9998760 %
2	7	1	0,000213 %	99,9997872 %
2	8	1	0,000171 %	99,9998293 %
3	2	1	0,000173 %	99,9998270 %
3	5	1	0,000168 %	99,9998323 %
3	6	1	0,000147 %	99,9998533 %
3	7	1	0,000252 %	99,9997477 %
3	8	1	0,000168 %	99,9998323 %
4	2	1	0,000154 %	99,9998465 %
4	3	1	0,000170 %	99,9998305 %
4	5	1	0,000153 %	99,9998470 %
4	6	1	0,000116 %	99,9998842 %
4	7	1	0,000221 %	99,9997790 %
4	8	1	0,000153 %	99,9998470 %
Simultan sjanse for ingen ulykke				99,9962094 %

Dette vil gi oss muligheten til å lage en slik tabell, som vi kan bruke for å finne den kombinasjonen av ruter som gir oss minst mulige sjanse for å havne i en ulykke med en av lastebilene. Problemløseren vil bruke de begrensningene vi setter til å finne den beste kombinasjonen av ruter fra distribusjonslager og produksjonslokasjon.

Tabell 10: Resultatet av modellen med utregnet Simultan Sjans for ingen ulykke

5.1.4 Resultat

Ved bruk av problemløseren med de gitte parameterne:

Figur 2: Parametre i problemløseren

Løs Max Simultan_sjans

Der

Bruk=Binært

Netto=Demand

Vil problemløseren regne ut en kombinasjon der det er maksimum sjans for at det ikke skjer en ulykke, så lenge det er et binært antall ruter fra hver lokasjon og etterspørselen fra hver lokasjon blir møtt.

Sted	Node	Inn	Ut	Netto	Demand
Sandefjord	1	0	6	-6	-6
Bergen	2	1	0	1	1
Trondheim	3	1	0	1	1
Hamar	4	0	0	0	0
Oslo	5	1	0	1	1
Stavanger	6	1	0	1	1
Tromsø	7	1	0	1	1
Fredrikstad	8	1	0	1	1

Tabell 11: Input til problemløseren

Resultatet problemløseren gir oss ved bruk av de følgende begrensningene er som følger:

Fra	Til	Bruk	Ulykkessjans	Sannsynlighet for ingen ulykke
1	2	1	0,000300 %	99,9997000 %
1	3	1	0,000791 %	99,9992090 %
1	4	0	0,000579 %	100,0000000 %
1	5	1	0,000452 %	99,9995480 %
1	6	1	0,000363 %	99,9996370 %
1	7	1	0,001336 %	99,9986640 %
1	8	1	0,000452 %	99,9995480 %
2	3	0	0,000519 %	100,0000000 %
2	5	0	0,000512 %	100,0000000 %
2	6	0	0,000248 %	100,0000000 %
2	7	0	0,001064 %	100,0000000 %
2	8	0	0,000512 %	100,0000000 %
3	2	0	0,000519 %	100,0000000 %
3	5	0	0,000671 %	100,0000000 %
3	6	0	0,000587 %	100,0000000 %
3	7	0	0,000757 %	100,0000000 %
3	8	0	0,000671 %	100,0000000 %
4	2	0	0,000307 %	100,0000000 %
4	3	0	0,000339 %	100,0000000 %
4	5	0	0,000459 %	100,0000000 %
4	6	0	0,000695 %	100,0000000 %
4	7	0	0,000884 %	100,0000000 %
4	8	0	0,000459 %	100,0000000 %
Simultan sjans for ingen ulykke				99,9963061 %

Tabell 12: Ferdig utregnet modell

Enkelt forklart beregner altså problemløseren at det er størst sjans for at det ikke skjer en ulykke dersom *ingen* av distribusjonslagrene brukes. Dette kommer av at sannsynligheten for en ulykke vil øke når man legger til en ekstra rute til distribusjonslageret. Se eksempelet:

	Fra	Til	
Sannsynlighet for ulykke	Sandefjord	Bergen	0,000300%
Sannsynlighet for ulykke	Sandefjord	Stavanger	0,000363%
Sannsynlighet for ulykke	Bergen	Stavanger	0,000248%

Her er det lett å se for seg at å bruke lageret fra Bergen til å sende til Stavanger vil gi minst sjanse, men når du regner det ut:

$0,000300\% + 0,000248\% = 0,000548$ og $0,000548\% > 0,000363\%$

Vi ser her at sannsynligheten øker fordi vi må ta en «ekstra» tur innom Bergen før vi kjører til Sandefjord, altså vil modellen konstant be oss om å ikke bruke *noen* distribusjonslagre overhode til å frakte varer fra produksjonssted til utsalgssteder.

Dog om vi sier til modellen at den *må* bruke distribusjonslagre, som f. eks at vi ikke har muligheten til å lagre varer ved produksjonslokalet vårt kan vi manuelt be modellen regne ut den samlede sannsynligheten for hvert av distribusjonslagrene.

Da legger vi kun inn at hver av distribusjonslagrene skal brukes til alle destinasjoner slik som modellen tidligere ba oss om å gjøre fra Sandefjord:

Fra	Til	Bruk	Ulykkessjans	Sannsynlighet for ingen ulykke
1	2	1	0,000300 %	99,9997000 %
1	3	1	0,000791 %	99,9992090 %
1	4	0	0,000579 %	100,0000000 %
1	5	1	0,000452 %	99,9995480 %
1	6	1	0,000363 %	99,9996370 %
1	7	1	0,001336 %	99,9986640 %
1	8	1	0,000452 %	99,9995480 %

Tabell 13: Sannsynligheten ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Sandefjord

Bergen:

2	3	1	0,000519 %	99,9994810 %
2	5	1	0,000512 %	99,9994880 %
2	6	1	0,000248 %	99,9997520 %
2	7	1	0,001064 %	99,9989360 %
2	8	1	0,000512 %	99,9994880 %

Tabell 14: Sannsynligheten ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Bergen

Trondheim:

3	2	1	0,000519 %	99,9994810 %
3	5	1	0,000671 %	99,9993290 %
3	6	1	0,000587 %	99,9994130 %
3	7	1	0,000757 %	99,9992430 %
3	8	1	0,000671 %	99,9993290 %

Tabell 15: Sannsynligheten ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Trondheim

Hamar:

4	2	1	0,000307 %	99,9996930 %
4	3	1	0,000339 %	99,9996610 %
4	5	1	0,000459 %	99,9995410 %
4	6	1	0,000695 %	99,9993050 %
4	7	1	0,000884 %	99,9991160 %
4	8	1	0,000459 %	99,9995410 %

Tabell 16: Sannsynligheten ulykke for ulykke til alle destinasjoner fra Hamar

Som gir oss resultatet:

Sandefjord	->	Bergen	99,9953451
Sandefjord	->	Trondheim	99,9956451
Sandefjord	->	Hamar	99,9915833
Sandefjord	->	Alle	99,9963061

Tabell 17: Simultan sjanse for ingen ulykke for hver av distribusjonslokalene

5.1.5 Oppsummering og analyse

Det er blitt klart at Trondheim er det distribusjonslageret gir oss størst sannsynlighet for at lastebilene ikke blir utsatt for noen ulykker.

Bergen	99,9953451
Trondheim	99,9956451
Hamar	99,9915833
Alle	99,9963061

En evaluering av resultatene viser at Bergen og Trondheim er relativt like når det kommer til sikkerhet på rutevalget, men når sannsynligheten er høyere reflekterer det at det er en litt sikrere vei. Usikkerheter i dataene og statistikken må tas i forhold ettersom vi ikke vet grunnen til ulykkene som er registrert, da det kan være alt fra førerfeil til usikre veier. Det svaret vi har kommet fram til er et resultat av utregningene og begrensningene vi har satt, eventuelle feil som omkommer ved bruk av statistikk vil forekomme.

Alt i alt viser det at det er en ekstremt lav sannsynlighet for vogntog og lastebiler å havne i ulykker på norske veier, og spesielt på europaveiene. 99,9953451% sannsynlighet for ikke å havne i en ulykke tilsvarer at $\frac{4,3}{1\ 000}$ vil det forekomme en ulykke på disse rutene, det er verdt å nevne at dette ikke nødvendigvis er en av våre lastebiler men dette vil gjelde for alle lastebiler på de gitte rutene.

5.2 Transshipment and direct delivery

5.2.1 Matematisk modell

Matematisk modell som beskriver transshipment og direkte levering

Parametere	hvor
$P = \text{Antall fabrikker}$ $l = \text{Antall distribusjonslagere}$ $k = \text{Antall utsalgsteder}$ $L = \text{Alle distribusjonslagrene}$ $K = \text{Alle utsalgstedene}$ $G = \text{Alle nodene}$ $q_h = \text{kapasitet ved fabrikk } h$ $N_i = \text{kapasitet ved distribusjonslager } i$ $d_j = \text{Etterspørsel hos utsalgsted } j$ $c_{ft} = \text{distanse fra node } f \text{ til node } t$	$L = \{p + 1, \dots, p + k\}$ $K = \{p + l + 1, \dots, p + l + k\}$ $G = (P * L) \cup (L * K)$ $h \in P$ $i \in L$ $j \in K$ $(f, t) \in G$
Beslutnings variabel	
X_{ft} Mengde transportert fra node f til node t	$(f, t) \in G$
Objektivfunksjon:	Hvor
$\min F = \min \sum_{(f,t) \in G} C_{ft} X_{ft}$	Minimer den totale summen av distanse * med mengden ($C_{ft} * X_{ft}$) for alle koblinger i nettverket.
Begrensninger:	Hvor
$\sum_{t \in L, K} X_{ht} \leq q_h \forall h \in P$ $\sum_{f \in P} X_{fi} \leq N_i \forall i \in L$	<p>Summen levert til alle lager og kunder fra en fabrikk må være mindre enn eller lik kapasiteten til fabrikken. Dette gjelder for alle fabrikker.</p> <p>Summen levert fra alle fabrikker til et lager må være mindre eller lik kapasiteten til lageret. Dette gjelder for alle lager.</p>

$\sum_{f \in P, L} X_{fj} \geq d_j \forall j \in K$	<p>Summen levert fra alle lager og fabrikker til en kunde må være minst like stor som etterspørselen hos kunden. Dette gjelder for alle kunder.</p>
$\sum_{f \in P} f_i \geq \sum_{t \in K} X_{it} \forall i \in L$	<p>Summen levert fra alle fabrikker til et lager må være minst like stor som summen levert til alle kunder fra samme lager. Dette gjelder for alle lager.</p>
ikke-negativitetsbegrensning	
$X_{ft} \geq 0 \forall (f, t) \in G$	

5.2.2 Data

Vi har brukt Google Maps til å finne den nødvendige informasjonen om avstandene Solveren trenger. Siden vi ikke har eksakte data om plasseringen av utsalgsstedne, distribusjonssentre og fabrikken, har vi gjort en omtrentlig vurdering basert på byene der salget, distribusjonen og produksjonen antas å være.

For å beregne den korteste ruten til hvert utsalgssted, må vi først finne avstanden fra fabrikken til distribusjonslagrene, fabrikken til utsalgsstedene, samt avstanden mellom distribusjonslagrene og utsalgsstedene. Alt av avstander er oppgitt i kilometer.

Først må vi finne ut hvor langt det er fra fabrikken til Distribusjonslagrene

Sandefjord-->Hamar_lager	249
Sandefjord-->Bergen_lager	444
Sandefjord-->Trondheim_lager	612

Tabell 18: Distanse fra Sandefjord til hvert distribusjonslager

Så må vi finne distansen som er direkte fra fabrikkene til hvert av utsalgstedene

Sandefjord-->Oslo	122
Sandefjord-->Stavanger	434
Sandefjord-->Tromsø	1861
Sandefjord-->Fredrikstad	91
Sandefjord-->Bergen	444
Sandefjord-->Trondheim	612

Tabell 19: Distanse fra produksjonslokale til hvert utsalgsted

Til slutt må vi finne distansen som er mellom hvert av distribusjonslagrene og utsalgstedene.

Bergen_lager-->Oslo	464
Bergen_lager-->Stavanger	208
Bergen_lager-->Tromsø	1785
Bergen_lager-->Fredrikstad	529
Bergen_lager-->Bergen	0
Bergen_lager-->Trondheim	628
Trondheim_lager-->Oslo	492
Trondheim_lager-->Stavanger	838
Trondheim_lager-->Tromsø	1129
Trondheim_lager-->Fredrikstad	579
Trondheim_lager-->Bergen	628
Trondheim_lager-->Trondheim	0
Hamar_lager-->Oslo	129
Hamar_lager-->Stavanger	675
Hamar_lager-->Tromsø	1630
Hamar_lager-->Fredrikstad	214
Hamar_lager-->Bergen	474
Hamar_lager-->Trondheim	382

Tabell 20: Distanse fra hvert distribusjonslokale til hvert utsalgsted

5.2.3 Resultater

Når avstandene og etterspørselen til ulike steder er lagt inn, resulterer optimaliseringen i en ruteplanløsning som minimiserer den maksimale avstanden.

	From	To	Distanse	Amount		Node	Fabrikk	Produced	production capacity	
4	Sandefjord-->Hamar_stock	1	4	249	0					
5	Sandefjord-->Bergen_stock	1	2	444	1		1 Sandefjord	4	8	
6	Sandefjord-->Trondheim_stock	1	3	612	1					
7	Sandefjord-->Oslo	1	5	122	1		Distribusjonslager	In	Out	Capacity
8	Sandefjord-->Stavanger	1	6	434	0		2 Bergen_stock	1	2	6
9	Sandefjord-->Tromsø	1	7	1861	0		3 Trondheim_stock	1	2	6
10	Sandefjord-->Fredrikstad	1	8	91	1		4 Hamar_stock	0	0	6
11	Sandefjord-->Bergen	1	9	444	0					
12	Sandefjord-->Trondheim	1	10	612	0			Recived	demand	
13	Bergen_stock-->Oslo	2	5	464	0		5 Oslo	1	1	
14	Bergen_stock-->Stavanger	2	6	208	1		6 Stavanger	1	1	
15	Bergen_stock-->Tromsø	2	7	1785	0		7 Tromsø	1	1	
16	Bergen_stock-->Fredrikstad	2	8	529	0		8 Fredrikstad	1	1	
17	Bergen_stock-->Bergen	2	9	0	1		9 Bergen	1	1	
18	Bergen_stock-->Trondheim	2	10	628	0		10 Trondheim	1	1	
19	Trondheim_stock-->Oslo	3	5	492	0					
20	Trondheim_stock-->Stavanger	3	6	838	0					
21	Trondheim_stock-->Tromsø	3	7	1129	1					
22	Trondheim_stock-->Fredrikstad	3	8	579	0					
23	Trondheim_stock-->Bergen	3	9	628	0					
24	Trondheim_stock-->Trondheim	3	10	0	1					
25	Hamar_stock-->Oslo	4	5	129	0					
26	Hamar_stock-->Stavanger	4	6	675	0					
27	Hamar_stock-->Tromsø	4	7	1630	0					
28	Hamar_stock-->Fredrikstad	4	8	214	0					
29	Hamar_stock-->Bergen	4	9	474	0					
30	Hamar_stock-->Trondheim	4	10	382	0					
31										
32										
33			total Distance	2606						

Tabell 21: Ruteplanløsningsmodell i Excel

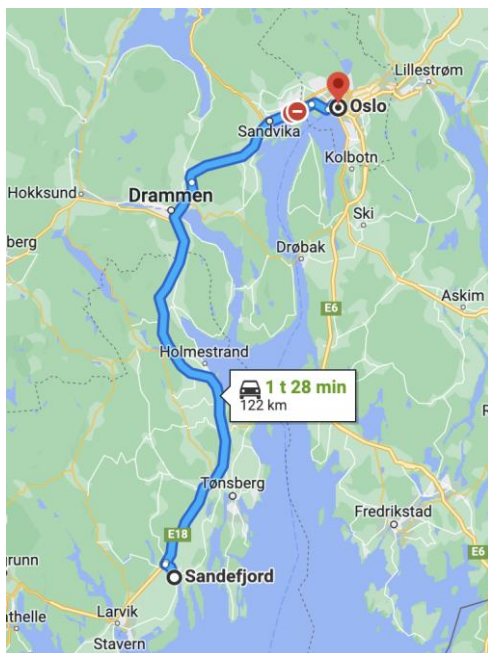
Basert på optimaliseringen med Solver har det blitt konkludert med at det er mest hensiktsmessig å benytte bare to av de tre distribusjonslagrene. Solver har funnet ut at det er fordelsaktig å samle flere forsendelser til disse distribusjonslagrene og deretter sende dem videre derfra til utsalgstedene. Spesifikt har Solver identifisert at det er lønnsomt å samkjøre gods til Bergen og Stavanger, samt å samkjøre gods til Trondheim og Tromsø.

	Distribusjonslager	In	Out	Capacity
2	Bergen_lager	1	2	6
3	Trondheim_lager	1	2	6
4	Hamar_lager	0	0	6

Tabell 22: Resultat fra modellen

5.2.3.1 Transport fra Sandefjord til Oslo:

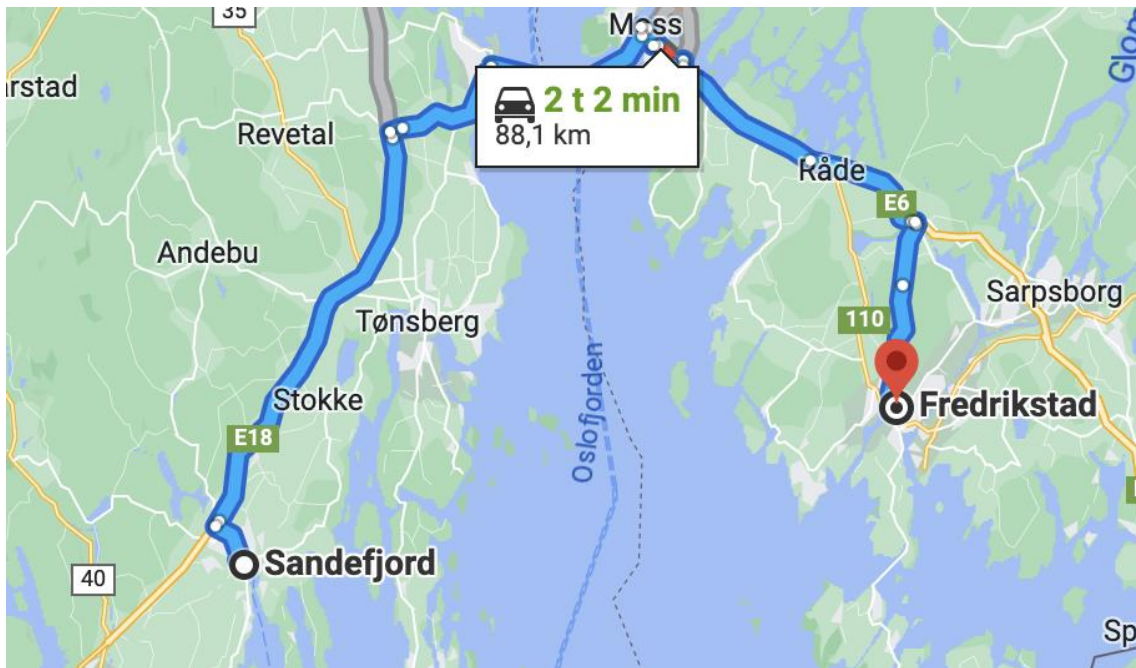
Ved hjelp av Solver-funksjonen i Excel har det blitt gjennomført en optimaliseringsanalyse for å finne den raskeste reiseruten mellom Sandefjord og Oslo. Basert på dette, har Solveren kommet frem til at den optimale løsningen er å benytte direkte transport uten noen stopp ved distribusjonssentrene underveis. Dette betyr at godset blir fraktet direkte fra Sandefjord til Oslo uten avvik fra hovedruten.



Tabell 23: Rute fra Sandefjord til Oslo

5.2.3.2 Transport fra Sandefjord til Fredrikstad:

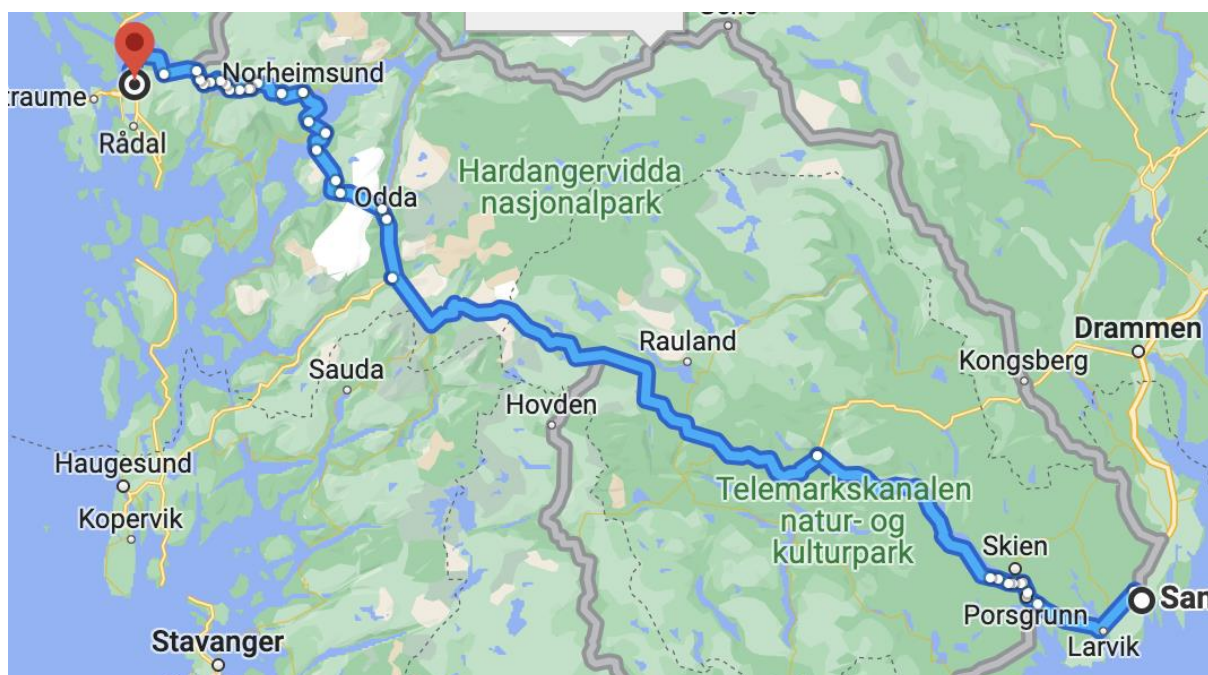
Ved hjelp av Solveren i Excel har det blitt identifisert den korteste reiseruten for transporten mellom Sandefjord og Fredrikstad. Analysen konkluderer med at den optimale løsningen er å velge direkte transport uten noen innomstopp ved distribusjonssentre. Godset blir dermed fraktet direkte fra Sandefjord til Fredrikstad, noe som gir den mest effektive og raskeste transportløsningen.



Tabell 24: Rute fra Sandefjord til Fredrikstad

5.2.3.3 Transport fra Sandefjord til Bergen:

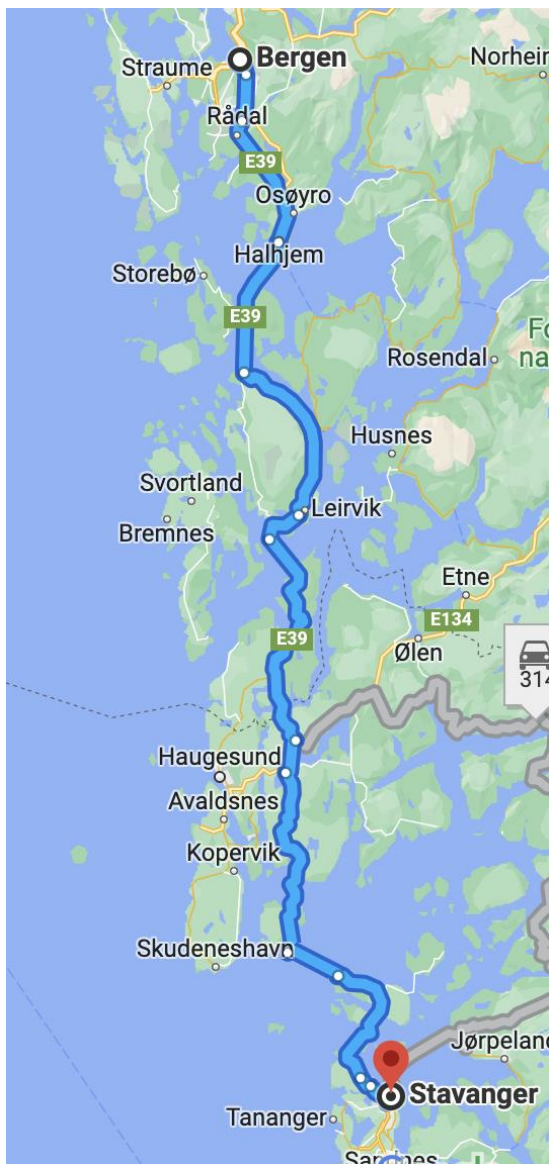
Solveren i Excel har tidligere vist at det lønner seg å samkjøre godset som skal til både Bergen og Stavanger. Derfor følger den optimale reiseruten for transporten fra Sandefjord til Bergen samme prinsipp. Godset som skal til Bergen transporteres først til distribusjonssenteret, etter dette blir godset videre sendt fra distribusjonssenteret til utsalgsstedet i Bergen. Denne samkjøringsmetoden reduserer kostnader og gir en mer effektiv utnyttelse av transportressurser.



Tabell 25: Rute fra Sandefjord til Bergen

5.2.3.4 Transport mellom Sandefjord og Stavanger:

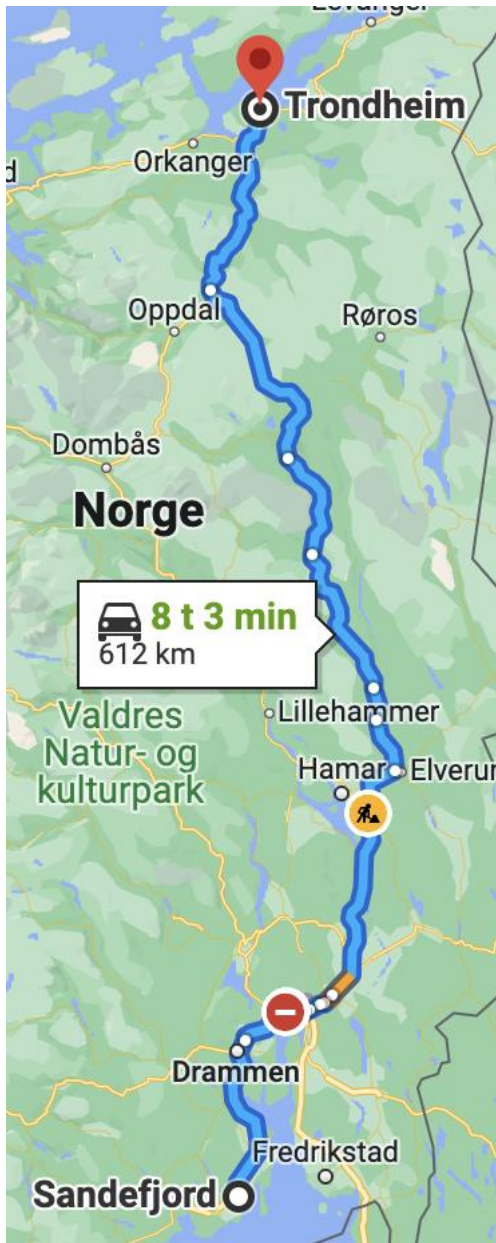
Når det gjelder transporten mellom Sandefjord og Stavanger, har Solveren i Excel blitt brukt til å finne den korteste reiseruten. Etter en grundig analyse har Solveren kommet frem til at den optimale løsningen er å samkjøre forsendelsen som skal til Stavanger og Bergen. Dette innebærer at godset blir transportert sammen til distribusjonssenteret i Bergen, deretter blir det sendt videre til Stavanger fra dette distribusjonssenteret. Ved å benytte denne samkjøringsmetoden oppnås en mer effektiv og økonomisk transportløsning.



Tabell 26: Rute fra Bergen til Sandefjord

5.2.3.5 Transport fra Sandefjord til Trondheim:

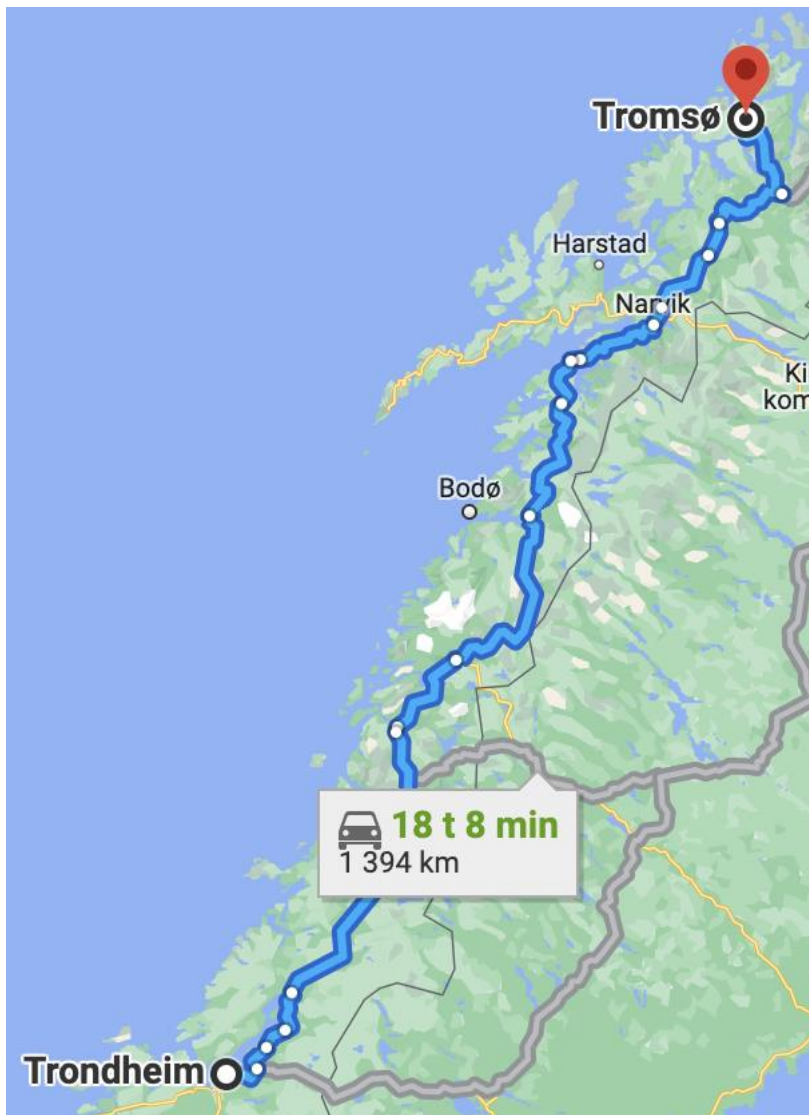
Ved hjelp av Solveren i Excel har man funnet den optimale reiseruten for transporten mellom Sandefjord og Trondheim. Analysen viser at det er mest hensiktsmessig å samkjøre godset som skal til både Trondheim og Tromsø. Godset som skal selges i Trondheim blir derfor fraktet fra distribusjonssenteret til utsalgsstedet. Dette samkjøringsprinsippet gir en mer kostnadseffektiv transportløsning og bedre utnyttelse av transportressurser.



Tabell 27: Rute fra Sandefjord til Trondheim

5.2.3.6 Transport fra Sandefjord til Tromsø:

Ved å hjelp av Solver-funksjonen i Excel for transporten fra Sandefjord til Tromsø, har det blitt konkludert med at det er økonomisk gunstig å samkjøre godset som skal til Tromsø sammen med godset som skal til Trondheim. Fra distribusjonssenteret i Trondheim blir det sendt videre til Tromsø.



Tabell 28: Rute fra Sandefjord til Tromsø

5.2.4 Oppsummering og analyse

I oppgaven konkluderes det med at det vil være økonomisk fordelaktig å benytte distribusjonslagrene både i Trondheim og Bergen. Solveren i Excel har identifisert at det er lønnsomt å transportere godset samlet, både for leveransene til Bergen og Stavanger samt leveransene til Trondheim og Tromsø. For de resterende leveransene viser analysen at direkte transport er det beste alternativet. På grunn av manglende spesifikk data i oppgaven anerkjennes det at modellen kan være noe unøyaktig, men på grunn av de store avstandene mellom fabrikken, distribusjonslageret og utsalgsstedene, vil mangelen på presis informasjon om nøyaktig plassering av utsalgsstedene ikke ha en vesentlig innvirkning på rutevalgene. Modellen er fleksibel og kan enkelt justeres hvis mer nøyaktig data blir tilgjengelig. Den totale kjørelengden for alle leveransene beregnes til å være 2606 km.

5.3 Sammenligning

En sammenligning av resultatene fra de to modellene viser at Bergen og Trondheim vil være de mest aktuelle lokasjonene å distribuere til resten av landet fra, der Stavanger og Tromsø vil få sine leveranser fra Bergen og Trondheim respektivt. Oslo og Fredrikstad vil få leveranser direkte fra Sandefjord grunnet den vesentlig kortere avstanden. Når modellene får optimalisere rutene vil Safest Path modellen gi oss alle ruter direkte fra Sandefjord, sett bort ifra Tromsø som har lik rute fram til Trondheim og kan regnes som lik om man bruker distribusjonslageret eller ei. Resultatene er matematisk utregnet men viser det man kunne sett for seg iht. lokasjonene og distansene imellom de. Modellen som tar for seg den mest mest effektive ruten vil fort speile den sikreste ruten ettersom hver eneste kilometer man legger bak seg vil føre til en økning i risikoen for en ulykke. Tross alt vil en rute som ikke eksisterer være den ruten med minst sannsynlighet for en ulykke.

6.0 Diskusjon

Vi har i denne oppgaven sett på to alternative løsninger på samme problem; Hvordan skal vi utnytte distribusjonslagre i henhold til forskjellige mål. Det ene målet er å minimere distanse, og det andre målet er å minimere ulykker. I dette kapitlet skal vi diskutere selve oppgaven samt de modellene vi har brukt og eventuelle betraktninger man må hensyn til.

6.1 Distribusjonslagre og rutevalg

I 2020 var det estimert at det finnes rundt 150 000 distribusjonslagre eller varehus og at dette tallet vil øke med 30 000 fram til 2025 (Placek, 2022). Distribusjonslagre er vitale for transport- og logistikkorganisasjoner for å effektivt transportere gods over store distanser. En økonomisk riktig plassering av et slikt lager vil være viktig for å sikre en god utforming av rutenett og å minimere kostnadene rundt transport. Et viktig aspekt ved distribusjonslagre er at de er dyre. Å leie eller å bygge er et aspekt vi ikke har tatt for oss, men dette ville også vært en fundamental del som må legges til dersom modellene og resultatene skal utnyttes i en enda virkeligere grad. Forskjellige lokasjoner samt forskjellige mengder med varer vil føre til varierte kostnader og hensyn som må tas stilling til, der det billigste varehuset ikke nødvendigvis fører til de mest optimale rutene og visa versa. Rutevalg vil naturligvis være et produkt av lokasjonene til disse lagrene og mengden varehus som skal bygges eller leies vil gå hånd i hånd med mengden som skal transporteres til de forskjellige utsalgsstedene. Forskjellige ruter vil også ha økonomiske forskjeller i forhold til drivstoffbruk, bomkostnader

og hviletider. Disse aspektene er ikke en del av vår oppgave men vil være noen av de begrensningene og hensynene en organisasjon ville måtte tatt i betraktning. Dersom bedriften har begrensninger iht. antall kjøretøy de har til disposisjon ville lagerlokasjonene kanskje endret seg også. Med gitte begrensninger som et fast antall utsalgssteder og objektiv som er å finne korteste kombinasjon av ruter, samt sikreste alternativ i henhold til sannsynlighet for ulykker vil modellene være utgangspunkter til hvordan man vil gå fram og utarbeide en løsning.

6.2 Modellene

Vi har brukt to modeller for å besvare spørsmålene stilt i problemstillingen. Først har vi funnet de sikreste rutene og deretter har vi funnet de korteste rutene. Det modellene viser er at de gitte lokasjonene gir få alternativer når det kommer til optimalisering av både sikkerhet og underlagt distanse. Det første resultatet til safest path modellen ga oss et resultat som ikke ville vært i samsvar med problemstillingen ettersom distribusjonslagre ikke ble utnyttet i det hele tatt. Ved å modifisere den slik at vi fant sannsynligheten for ulykker ved hver av distribusjonslokalene med utgangspunkt i at alle utsalgsstedene ble behandlet av samme distribusjonslager fikk vi et resultat som bedre reflekterer en mulig løsning til problemet. Når resultatet fra safest path modellen tas i betraktning til transshipment-modellen får vi muligheten til å diskutere og argumentere for og imot de forskjellige kombinasjonene av ruter. Å følge resultatet til en modell slavisk vil føre til at man ikke tar hensyn til den andre modellen, derav er en kombinasjon viktig for å kunne besvare spørsmålene vi har stilt. Begge modellene kan bygges videre på for å inkludere diverse kostnader eller hensyn man videre skulle ønske å ta, men det ville vært for en eventuell utvidelse av modellen til et annet bruk. Modellene er gjort med antagelser og data hentet fra eksterne kilder og kan som nevnt være noe unøyaktige og må endres for å tilpasses et spesifikt scenario. Utnyttelsen av disse modellene vil være relevant til en godstransportør av farlig gods, ettersom det er det de er beregnet for, men kan i stor grad være relevant for enhver transportør av gods. Dette er fordi en sikker rute fortsatt kan være attraktivt for en transportør som ikke frakter farlig gods, og minimering av distanse vil være en betraktning de fleste transportører er interessert i å optimalisere.

Der safest path modellen vil være manglende er relevant data for spesifikke godstyper og ulykkesstatistikk langs norske veier. Det er allerede blitt nevnt at ulykkesstatistikken som er brukt kun inkluderer de der personskader oppstod, og ulykker der kun godset ble skadet ikke

er inkludert. Dersom dette hadde vært med ville modellen blitt mer nøyaktig og bedre reflektert sannsynlighetene langs hver rute. Det er også mulig å finne ulykker for hver enkelt vei innenfor hver enkelt kommune, så det vil i teorien være mulig å utvikle en modell som gir sannsynligheten for en ulykke for et gitt kjøretøy dersom den eksakte ruten plottes. Dette krever en stor mengde data samt at eksakte lokasjoner velges, noe som vil være mer ønskelig dersom modellen utvikles for en gitt bedrift eller organisasjon. Distanseoptimaliseringen blir også mer nøyaktig om de eksakte lokasjonene og veiene velges.

7.0 Konklusjon

Problemstillingen og forskningsspørsmålene stilte spørsmål om å finne kjøreruter fra et produksjonslokale til gitte distribusjonslagre og utsalgssteder der tilbakelagt distanse og sannsynligheten for en ulykke ble minimert. Vi tok i bruk to modeller som tok for seg hvert sitt problem. Første modell er en Safest Path modell som fant at den sikreste ruten til hvert av utsalgsstedene var å kjøre direkte fra Sandefjord. En endret modell som ble tvunget til å bruke ett distribusjonslager resulterte i at Trondheim ville vært det sikreste valget, men at Bergen var nesten like sikker. Den andre modellen tok for seg transshipment og direkte levering som resulterte i at det skulle opprettes to distribusjonslagre, ett i Bergen og ett i Trondheim. Den ga oss også hvilke utsalgssteder som ble betjent av hvilke distribusjonslokaler. Et tredje spørsmål var om det var mulig å kombinere svarene på de to første spørsmålene eller om de måtte løses hver for seg, vi har drøftet at grunnet de relativt like resultatene iht. distribusjonslagre vil det å følge modell nummer to føre til en veldig sikker rute.

Altså vil det å opprette to distribusjonslagre som betjener Tromsø, Trondheim, Bergen, og Stavanger samt at Oslo og Fredikstad får direkte leveranser fra Sandefjord føre til en lav sannsynlighet for ulykker. Det ble argumentert med at dette var en akseptabel løsning ettersom sannsynligheten for en ulykke var lavest dersom Bergen eller Trondheim ble benyttet til distribusjon. Svaret til det siste forskningsspørsmålet er derfor at en kombinasjon av modellenes resultater vil være mulig. Begrensningene ved modellene og resultatene er fastsatt, og en effektiv rute som er sikker samt minimerer distanse er blitt kalkulert.

8.0 Siterte verk

- Bartolomei, R. T. (2021, Juni 22). *Samferdsel & Infrastruktur*. Hentet fra Slik blir norske veier sikrere: <https://www.samferdselinfra.no/slik-blir-norske-veier-sikrere/>
- Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap. (2023). *ADR/RID - Landtransport av farlig gods*. Hentet fra DSB.no: <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/andre-boker/adr-rid-2023-web.pdf>
- Gundersen, D. (2020, Juni 28). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra Transport: <https://snl.no/transport>
- McKinnon, A., Browne, M., Piecyk, M., & Whiteing, A. (2015). *Green Logistics 3rd Edition*. Koganpage.
- Microsoft. (u.d.). *Microsoft*. Hentet fra Define and solve a problem using Solver: <https://support.microsoft.com/en-us/office/define-and-solve-a-problem-by-using-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>
- Miller, K. (2020, Desember 8). *Harvard Business School Online*. Hentet fra The triple bottom line; what it is and why it's important: <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-the-triple-bottom-line>
- OFV. (u.d.). *OFV*. Hentet fra Veinettet: <https://ofv.no/politikk/veistandard-2-0>
- Placek, M. (2022, September 28). *Statista*. Hentet September 28, 2022 fra Number of warehouses worldwide from 2020 to 2025: <https://www.statista.com/statistics/1271245/warehouses-worldwide/>
- Prentice, B. E., & Prokop, D. (2016). *Concepts of transport economics*. World Scientific.
- Regjeringen. (2008, Mars). *Regjeringen.no*. Hentet fra Bedrifters samfunnsansvar – mindre bedrifter: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/ud/vedlegg/kompakt_mellomstore08.pdf
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Shapiro, J. F. (2007). *Modeling the Supply Chain*. Thomson Brooks/Cole.
- Statens Vegvesen. (u.d.). *Statens Vegvesen*. Hentet fra TRINE: <https://trine.atlas.vegvesen.no/om>
- Statistisk Sentralbyrå. (2022, September 28). *Nesten all persontransport på vei*. Hentet September 28, 2022 fra SSB.no: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/innenlandsk-transport/artikler/nesten-all-persontransport-pa-vei>
- Weenek, E. (2019). *Mastering the supply chain*. Koganpage.
- Winston, W. L., & Albright, S. C. (2016). *Practical Management Science 5th Ed*. Boston, Mass: CENGAGE Learning.