

INSTITUTT FOR BYGG- OG MILJØTEKNIKK

TBA4542 FORDYPNINGSPROSJEKT I TRANSPORT (2020 HØST)

---

**Prosjektoppgave**  
Optimal plassering av omlastingsterminaler for  
gods fra veg til jernbane i region Trøndelag Sør

---

*Skrevet av:*  
Jon Lofthus Aarsand

Desember, 2020

---

## Forord

Denne prosjektoppgaven skrives i forbindelse med faget *TBA4542 Fordypningsprosjekt i Transport* høsten 2020. Oppgaven vektet 7,5 studiepoeng, og fungerer som en forberedelse til en masteroppgave som skrives våren 2021. Forberedelsen inneholder typisk å innhente teori, kontakter og andre datakilder, som vil være nødvendig for å påbegynne arbeidet på masteroppgaven.

Prosjektoppgaven og påfølgende masteroppgave skrives i samarbeid med NTNU og Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd, heretter benevnt *Rådet*. Fra NTNUs side er Inge Hoff og Kelly Pitera veiledere, mens fra Rådets side er Isak Busch, Ola Øie og Mari Løvli Yri kontaktpersoner.

Det skal også rettes en stor takk til Ali Taheri fra Statens vegvesen, Tor Nicolaisen fra Jernbanedirektoratet og Trude Tørset fra NTNU for hjelp til påbegynnende datainnsamling og annen informasjon.

---

## Sammendrag

Det er ventet en vekst i godstransport på veg med 84% i perioden 2018-2050, som resulterer i mer forsinkelser, ulykker, støy, slitasje, klimautslipp og lokal forurensing på veg. Det er dermed et politisk mål i Norge å få overført mer gods fra veg til sjø og bane for å redusere denne veksten på veg. Det er overførsel fra veg til bane som er spesielt sentral i denne rapporten.

Den totale effektiviteten innenfor godstransport bestemmer hvilket transportmiddel som brukes. Transpormiddel velges utfra forutsetninger som fysisk tilgjengelighet, kostnad og kvalitet på transporten. Per nå har vegen sterkest konkurranseevne, men det finnes mange forbedringer som kan gjøres på jernbanen. De handler i stor grad om å få ned total reisetid, totale kostnader og forbedring av kapasitet. I Norge er det fokus på nettopp disse punktene for å forbedre jernbanens konkurranseevne.

Innenfor total reisetid inngår effektive godsterminaler, samt tilgang til godsterminaler. Dette er den delen av transportkjeden som skal undersøkes i dette forprosjektets påfølgende masteroppgave. Denne dreier seg om plassering og bruk av små, lokale omlastningsterminaler i Trøndelag Sør, slik at vegnettet i Trøndelag Sør blir avlastet for en viss andel gods. Selve plasseringene utredes i en parallel masteroppgave, men effekter disse omlastningsterminalene kan gi skal undersøkes dypere. Da spesielt bærekraftseffektene trafiksikkerhet og utslipp. Disse effektene avhenger av hvor stor reduksjon i tungtrafikk i Trøndelag Sør de lokale omlastningsterminalene kan gi. Dette kan regnes på ved hjelp av å kvantifisere forutsetningene til å øke jernbanens konkurranseevne i kombinasjon med å kjenne til godsstrømmene i Trøndelag Sør. Nasjonal Godsmodell fra TØI kan være til god hjelp for dette arbeidet. I tillegg hentes en del reisedata for gods fra lokale aktører og næringer.

En måte å effektivisere godsterminalene er ved bruk av horisontal omlastning. En tradisjonell løsning er vertikal omlastning, men denne løsningen er tidskrevende, dyr og gir risiko for skade på godset. Fordeler med horisontal omlastning er raskere omlastningstid, mulighet for automatisering på godsterminal, godsterminalen kan bygges mer kompakt, ikke bruk av diesellokomotiv for skifting, samt ingen konflikt med kontaktledninger. Mange av løsningene innenfor horisontal omlastning krever imidlertid spesiell terminalinfrastruktur, spesielle togvonger, eller begge deler.

---

# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn og hensikt . . . . .	1
1.2	Oppbygging av prosjektoppgaven . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Teorigrunnlag for intermodal godstransport på veg og jernbane</b>	<b>3</b>
2.1	Generelt om godsforløpet . . . . .	3
2.2	Lastbærere i intermodal transport . . . . .	4
2.3	Hvorfor vil man ha gods på jernbane? . . . . .	5
2.4	Hvordan få gods på jernbane? . . . . .	6
2.4.1	Etterspørselsiden - kundenes krav . . . . .	7
2.4.2	Tilbudssiden - krav til infrastruktur og teknologi . . . . .	8
2.4.3	Togets konkurranseevne i Norge i intermodale transporter . . . . .	9
2.5	Hvorfor horisontal omlastning? . . . . .	10
2.6	Ulike former for horisontal omlastning . . . . .	11
2.6.1	Sideløfter . . . . .	11
2.6.2	Sideskyvende løsninger . . . . .	11
2.6.3	Andre overføringssystemer . . . . .	11
2.7	Automatisering . . . . .	13
2.8	Vegens potensiale . . . . .	13
2.9	Trafikksikkerhet og tunge kjøretøy . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Veger, baner og godsterminaler i Trøndelag sør</b>	<b>15</b>
3.1	Vegnettet . . . . .	15
3.2	Jernbanenettet . . . . .	17
3.2.1	Dovrebanen . . . . .	17
3.2.2	Rørosbanen . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Forskningsspørsmål</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Forslag til fremgangsmåte og plan i masteroppgave</b>	<b>19</b>
5.1	Foreslått fremgangsmåte på stikkordform . . . . .	19
5.2	Spm. 1 - Godsstrømmer i Trøndelag Sør . . . . .	20
5.3	spm. 2 - Nytt omlastningspotensiale fra veg til jernbane . . . . .	21

---

5.4	Spm. 3 - Effekter i en bærekrafts sammenheng . . . . .	22
5.5	Liste over kontakter . . . . .	22
5.6	Budsjett for oppgaven . . . . .	23
5.7	Tidsplan . . . . .	23
<b>6</b>	<b>Scientific abstract</b>	<b>24</b>
	<b>Referanser</b>	<b>25</b>
	<b>Vedlegg 1</b>	<b>27</b>

---

## Figurer

1	Faktorer som påvirker transporttilbud . . . . .	3
2	Faktorer som påvirker transporttettersspørsel . . . . .	3
3	Godstransport på jernbane som del av en transportkjede . . . . .	4
4	Ulike lastbærere for intermodal transport . . . . .	5
5	Konkurranseflater mellom veg, sjø og bane . . . . .	7
6	Viktigste kriterier for valg av transportmiddel . . . . .	7
7	Eksempel på kostnadstruktur ved intermodal transport . . . . .	9
8	Typisk utforming av terminal med horisontal omlastning . . . . .	10
9	Skisse av prinsippet sidelaster . . . . .	11
10	Hvordan «Cargo Beamer» fungerer . . . . .	12
11	Hvordan «Cargo Beamer» fungerer . . . . .	12
12	Hvordan «Modalohr» fungerer . . . . .	12
13	Hvordan «Modalohr» fungerer . . . . .	12
14	Skisse av prinsippet «Mega swing» . . . . .	12
15	Skisse av prinsippet «Flexiwaggon» . . . . .	13
16	Fordeling av type trafikkulykke der lastebil er involvert . . . . .	14
17	Fordeling av type lastebiler som er involvert i trafikkulykker . . . . .	14
18	Skisse over aktuelle veger og baner i Trøndelag sør . . . . .	15
19	GANTT-diagram . . . . .	23

---

## Tabeller

1	Andel lastbærere etter antall enheter på tog. Historisk og prognostisert . . . . .	5
2	Prognoser for godstransport frem til 2050 . . . . .	6
3	Forutsetninger for å velge godstransport på jernbane . . . . .	8
4	Ulike minimumslengder på tog for å være konkurransedyktig . . . . .	10
5	Trafikkmengde og andel lange kjøretøy på utvalgte strekninger . . . . .	16
6	Kontaktliste for innhenting av ulik data eller hjelp . . . . .	22

---

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn og hensikt

Det er ventet en vekst i godstransport på veg med 84% i perioden 2018-2050 (NTP, 2019). Dette vil gi mer forsinkelser, ulykker, støy, slitasje, klimagassutslipp og lokal forurensing (Foss mfl., 2010). Dermed er det en et politisk mål i Norge å få overført mer gods fra veg til sjø og bane for å redusere denne veksten på veg (Mjøsund mfl., 2019).

En viktig forutsetning for å få gods over på bane er terminalkapasiteten på de ulike godsterminalene, og derfor utredes det nå å bygge en ny terminal på Torgård ved Trondheim (Jernbanedirektoratet, 2019a). Per nå har Trondheim to godsterminaler, Brattøra og Heggstadmoen, hvor sistnevnte ble bygd i perioden 2016-2018 som strakstiltak for gods på jernbane (Jernbanedirektoratet, 2019c). Heggstadmoen kostet 300 millioner kroner og gav en økt kapasitet for gods på jernbane med 72% (Svinsås, 2018). Torgård-terminalen, på sin side, er forventet å koste et sted mellom 3,8 og 6,0 milliarder kroner utfra valg av utforming. Kapasiteten vil bli på minimum 300.000 TEU, som er en økning på 200% fra kapasitetsnivået før Heggstadmoen ble bygget (Jernbanedirektoratet, 2019c)(Svinsås, 2018). En viktig fordel med Torgård er at all godshåndtering for jernbane vil bli behandlet på ett sted, og ikke to som i dag. Dette gir logistikkmessige fordeler (Jernbanedirektoratet, 2019c).

Basert på tallene ovenfor virker det å samle all godshåndtering på ett sted ganske fordyrende sammenliknet med bruk av mindre godsterminaler. Derfor er det en intensjon å se på mulighetene med bruk av mindre, mer lokale, godsterminaler. Basert på litteraturstudie virker det ikke som et slikt konsept er utredet i noen stor grad her i Norge. Det er dermed et mål i den påfølgende masteroppgaven å se på mulighetene for å plassere mindre godsterminaler rundt omkring på strategiske knutepunkt i Trøndelag Sør. Utredningen av dette er et eget konsept, og vil dermed ikke inkludere den planlagte byggingen av Torgård-terminalen. Resultatet av plasseringene til disse mindre godsterminalene brukes til å se på hvilken effekter disse kan gi i en bærekrafts sammenheng, og da spesielt innenfor miljø og trafikksikkerhet. Det er disse effektene som vil bli hovedproduktet av masteroppgaven.

En viktig motivasjon for å gjøre denne studien er at en del transportkjeder virker å starte ute i distriktene, der det er langt til nærmeste godsterminal for tog. Dermed velges veg fremfor det mer miljøvennlige togalternativet. Et viktig problem med å få overført gods fra veg til jernbane er rett og slett mangelen på terminaler i nærheten (Mjøsund mfl., 2019). Et resultat av dette er at lastebilen må fortsette på veg, selv om den gjerne kjører langs en jernbane. Et viktig eksempel er laks som kommer fra kysten av Trøndelag, kjører ned til Berkåk, og videre på vegen E6 mot Oslo-området. Ville det da ikke ha vært bedre at lakselasten ble omlastet over til Dovrebanen (som så å si følger E6) i Berkåk, og fraktet videre på denne?

I tillegg er en viktig motivasjon for å gjøre dette studiet forsinkelsene og trafikkfaren store kjøretøy kan stå for. En reduksjon i trafikkarbeid med lastebil gir gode effekter innenfor trafikksikkerhet (Langeland og Phillips, 2016).

## 1.2 Oppbygging av prosjektoppgaven

Denne prosjektoppgaven er ment som en introduksjon for masteroppgaven, og dreier seg i stor grad om å skaffe info om hvordan godstransport fungerer på veg og jernbane. Prosjektoppgaven tar for seg en del teori om godstransport generelt, hvilke forutsetninger som kreves for godsoverførsel til bane, bruk av horisontal omlastning og automatisering, samt trafikksikkerhet og tunge kjøretøy.



---

Videre gis det litt info om veg- og jernbanenettet som ligger i masteroppgavens foreløpige fokusområde.

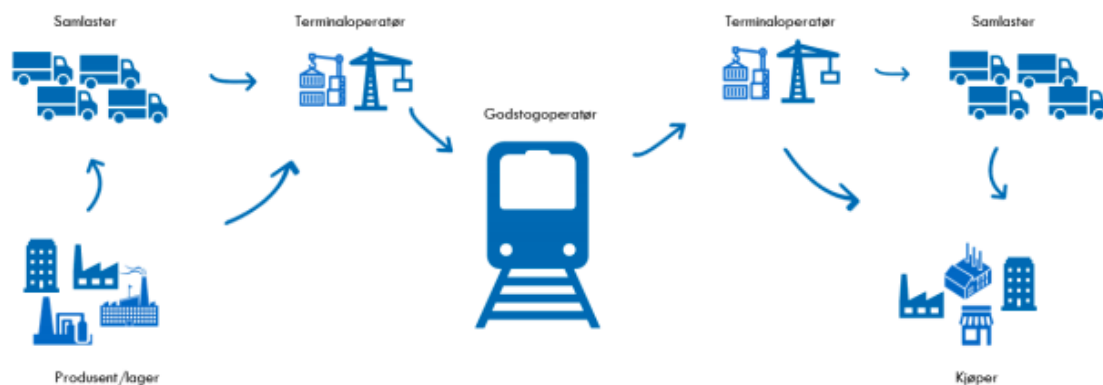
Siste del av prosjektoppgaven dreier seg om forskningsspørsmål masteroppgaven har til hensikt å besvare, samt fremgangsmåten for å besvare disse spørsmålene. Fremgangsmåten er foreløpig, og vil sannsynligvis måtte utvides, spesifiseres og endres i starten av 2021. Et forslag til budsjett og tidsplan ligger også under metoden.



Etterspørselen henger mer sammen med utforming av logistikksystemer, som igjen avhenger av kostnadsstruktur. Dermed finnes det ulike logistikksystemer som er tilpasset de ulike næringene, hvor i hovedsak den lengste godsreisen tas med bil, båt eller bane (Grønland mfl., 2014). Hvordan et produkt reiser kan også kalles en transportkjede.

Det er imidlertid mest interessant å se på bruk av bane, og en typisk transportkjede kan se ut som i figur 3. Innenfor en slik kjede vil tilbudssiden være godstogoperatører og terminaloperatører. Førstnevnte er ulike selskap som tilbyr togfrakt. Terminaloperatørene sørger for operering av godsterminalene, og det finnes ulike eiere av disse. De terminaler som eies av Bane NOR fungerer slikt at Bane NOR er grunneier, og leier ut tilganger for å levere terminaltjenester til ulike operatører (OsloEconomics, 2018).

På etterspørselsiden har man de som etterspør transport, som i hovedsak består av samlastere og vareiere. Samlastere defineres som “Logistikkselskaper som tilbyr transportløsninger fra dør til dør, og benytter et omfattende distribusjonsnett bestående av ruter på vei, sjø og bane bundet sammen av terminaler” (OsloEconomics, 2018). Verdt å merke seg er at samlastere står for den største andelen av kombivolum (last som er en del av en intermodal transportkjede (Jernbanedirektoratet, 2019b)) på jernbane. Vareiere bruker i stor grad samlastere, og som regel har da vareieren ikke innblikk i hvilket transportmiddel som da brukes. De større vareierne kan imidlertid påvirke valg av transportmiddel, ved for eksempel be samlastere benytte tog der det er mulig grunnet miljøhensyn. Noen store vareiere, som i hovedsak har volumer store nok til å fylle hele tog, kjøper togtransport direkte fra godstogselskap. Dette krever at man har egne lastbærere (OsloEconomics, 2018).



**Figur 3:** Eksempel på hvordan godstog kan inngå som en del av en transportkjede (OsloEconomics, 2018)

## 2.2 Lastbærere i intermodal transport

Det finnes ulike former for lastbærere i intermodal transport, og hvordan man skal håndtere de ulike lastbærerne varierer. Dermed er det viktig å vite hvordan utviklingen i bruken av lastbærere vil være for å gjøre godsterminaler egnet til fremtidige transportbehov (Grønland, Mjøsund og Hovi, 2018).

De tre viktigste lastbærerne for intermodal transport er vekselflak, container og semitrailer. Vekselflak er den mest utbredte lastbæreren på jernbane, og skiller seg fra containeren ved at den er bredere, slik at plassutnyttelse på lastebil og jernbanevogn er bedre. Vekselflaget har i motsetning til containeren ikke fester i toppen av rammen, ei heller muligheten til å stables. Dermed er container bedre egnet til sjøtransport. Containerne og vekselflakene har like fester i bunn av rammen, slik at begge kan benyttes på samme jernbanevogn og biler. Vekselflaget hensettes også på egne bein. Semitraileren er en egen henger som trekkes av en trekkvogn. Dette er en vanlig form for lastbærer på veger. Figur 4 viser de ulike lastbærerne. Merk at megatrailer ikke brukes i Norge

under normale omstendigheter i dag (Grønland, Mjøsund og Hovi, 2018).



**Figur 4:** Foto av de ulike lastbærerne bruk i intermodal transport (Grønland, Mjøsund og Hovi, 2018)

Valg av lastbærer på jernbane i fremtiden retter seg mot dagens hovedstandarder, som er vekselflak på 25 fot og semitrailere på 13,6m. Dersom man får en bedre overgang mellom sjø og jernbane, vil dette kunne øke andelen containere. Tabell 1 viser historisk og prognostisert lastbærerandel (Grønland, Mjøsund og Hovi, 2018).

**Tabell 1:** Historisk og prognostisert utvikling av relativ fordeling mellom lastbærere etter antall enheter på tog (Grønland, Mjøsund og Hovi, 2018)

År	Containere	Vekselflak	Semitrailer
2011	5%	77%	18%
2012	5%	76%	19%
2013	5%	78%	17%
2014	5%	77%	18%
2015	5%	79%	16%
2016	5%	77%	18%
2017	5%	77%	17%
2030	5%	81%	14%

## 2.3 Hvorfor vil man ha gods på jernbane?

At man skal ta hensyn til klimagassutslipp, bedre fremkommelighet på vegene og bedret trafikk-sikkerhet, gjør at godsoverføring fra veg til sjø og bane er et politisk mål i mange land, og deriblant Norge. Norge har forpliktet seg til Paris-avtalen, samt egne rammeverk fra EU. Her er det et mål om at den ikke-kvotepiktige sektoren, som i stor grad utgjøres av transportsektoren, skal redusere utslipp med 30% innen 2030 (Mjøsund mfl., 2019).

Videre påfører tunge vegfarende kjøretøy eksterne kostnader, altså kostnader tungtransport påfører andre trafikanter i form av (Foss mfl., 2010):

- Forsinkelser
- Ulykker
- Trafikkstøy
- Vegslitasje
- Lokal og regional luftforurensing (Partikler,  $NO_x$ , og annet)
- Utslipp av klimagasser

Spesielt med tanke på ulykker er tunge kjøretøy en viktig bidragsyter til alvorlige ulykker på veg. Godsoverføring fra veg kan dermed bidra til å redusere samfunnsøkonomiske kostnader slik at man får en forbedring på punktene ovenfor (Mjøsund mfl., 2019).

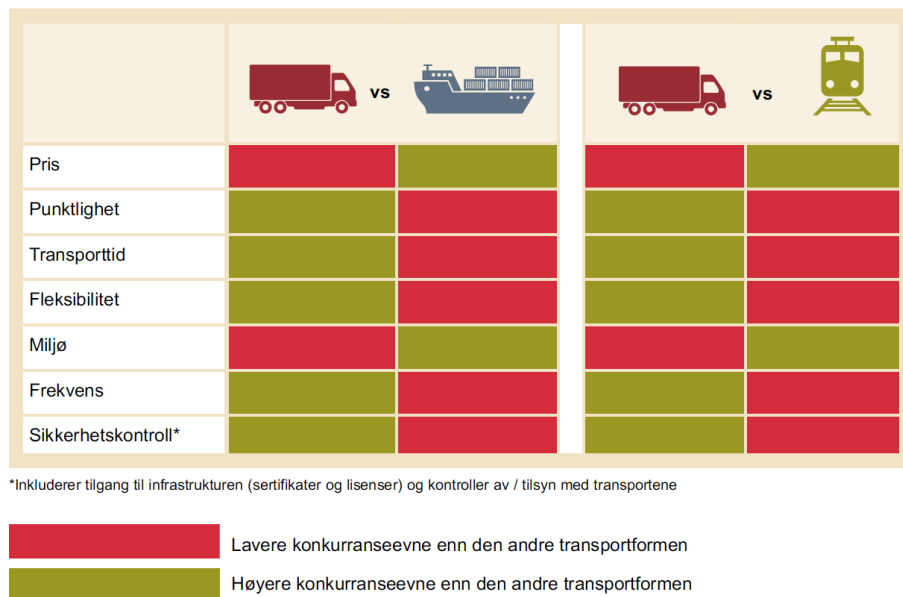
Det er ventet en vekst i godstransport, og denne tas hovedsak på veg. Veksten vises i tabell 2 og tar utgangspunkt i en uendret samferdselspolitikk, altså at rammebetingelsene for de ulike transportformene beholdes like som da veksten ble beregnet (Hovi mfl., 2015). Merk at prognosen er allerede fem år gammel, slik at prognosene kan avvike noe fra det som ville ha blitt funnet i dag. I tillegg gjelder tallene kun innenlands gods. En økning i transport på veg vil styrke de eksterne kostnadene som er nevnt over (Foss mfl., 2010).

**Tabell 2:** Utvikling i transportmiddelfordelte varestrømmer innenriks, gitt i millioner tonn. Eksklusive råolje og naturgass (Hovi mfl., 2015)

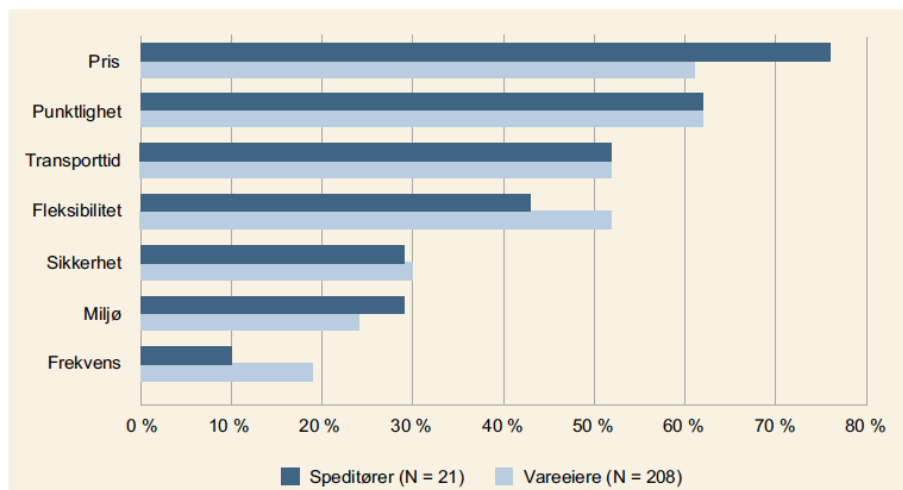
År	Veg	Sjø	Jernbane	Sum
2012	265,6	28,1	10,0	303,7
2018	299,5	29,6	11,4	340,5
2022	324,0	31,0	12,2	367,2
2028	365,8	33,2	12,8	411,8
2040	432,2	36,8	14,2	483,1
2050	484,2	40,5	15,5	540,3

## 2.4 Hvordan få gods på jernbane?

Et viktig begrep innenfor konkurransen mellom veg, sjø og bane er *konkurransflate*. Dette er, som skrevet i *Konkurransflater i transport* (2011) “når transportbrukerne står overfor alternativer når transportoppgaver skal løses” (Hovi og Grønland, 2011). Dette betyr altså at når valg av transportmiddel bestemmes, ses tilbudene til transport utfra forutsetninger som fysisk tilgjengelighet, samt kostnad og kvalitet på transporten (Hovi og Grønland, 2011). Den totale effektiviteten innenfor godstransport bestemmer hvor konkurransedyktig intermodal transport kan være, fremfor å bruke direkte transport uten terminalbehandling (Hovi, Skyberg og Bøe, 1999). Konkurranseflatene kan oppsummeres som figur 5 fra Riksrevisjonens undersøkelse av overføring av godstransport fra vei til sjø og bane. I tillegg viser figur 6 hvilke forutsetninger, eller kriterier, som ses på som de viktigste for valg av transportform (Riksrevisjonen, 2018).



**Figur 5:** Figuren viser konkurranseflatene mellom veg, sjø og Bane (Riksrevisjonen, 2018)



**Figur 6:** Figuren viser hvilke kriterier som er de viktigste for valg av transportform (Riksrevisjonen, 2018)

Det er som sagt en del forutsetninger for å mer få gods over fra veg til jernbane både på etterspørsel- og tilbudssiden i følge Islam, Ricci og Nelldal, 2016. Oppsummert vises disse forutsetningene i tabell 3.

#### 2.4.1 Etterspørselsiden - kundenes krav

For at en speditør eller vareeier ønsker å bruke togtransport til godsfrakt, settes det krav til punktene vist på etterspørselsiden i tabell 3. For det første må toget tilby en pålitelig service, der godset ankommer til avtalt tid. I tillegg må reisetiden gjennom hele transportkjeden være konkurransedyktig mot kun bruk av veg. Det samme gjelder dør-til-dør-kostnaden, som ofte er høy på tog, spesielt på kortere avstander (Islam, Ricci og Nelldal, 2016). Godstransport med tog på avstander under 300 km klarer sjeldent å være konkurransedyktig mot transport på veg, og i Norge er det dermed godstransport spesielt på avstander over 300 km man ønsker å overføre til bane (Mjøsund mfl., 2019).

---

**Tabell 3:** Forutsetninger for å få gods over på jernbane. Etterspørselsiden viser til kundenes krav, mens tilbudssiden viser til tekniske og infrastrukturmessige krav (Islam, Ricci og Nelldal, 2016)

<b>Etterspørselsiden</b>	<b>Tilbudssiden</b>
Pålitelighet - reisetid med tog	Kapasitet på system
Totale kostnader	Fyllingsgrad
Tilgjengelighet og fleksibilitet	Aksellast
Sikkerhet	Hastighet til godstog
Miljøvennlighet	Akselerasjon og bremsing
	Mulig bredde og høyde på gods
	Toglengde
	Valg av lokomotiv
	Metode for omlastning

De tre neste punktene på etterspørselsiden i tabell 3 går ut på at god tilgjengelighet på service på godsterminaler er viktig, at godstransport på tog ofte er bedre sikret enn ved vegtransport, samt ønsket fra kunder om mer miljøvennlighet (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

#### 2.4.2 Tilbudssiden - krav til infrastruktur og teknologi

En reduksjon i driftkostnader er viktig for å øke togets konkurransedyktighet, og denne reduksjonen henger godt sammen med totale kapasiteten bane kan gi. Alt som står under tilbudssiden i tabell 3 vil kunne påvirke den totale kapasiteten (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

Togets kapasitet utgjøres av togets lengde og lastkapasitet, altså hvor mye gods et tog kan frakte. En økning av lengde på godstogene krever oppgradering av eksisterende infrastruktur og terminaler, og er kostbart. På en annen side minker behovet for dobbeltspor som ofte er dyrere enn oppgraderingen av eksisterende infrastruktur og terminaler. Tilrettelegging for lange tog, samt muligheten for bredere og høyere last vil kunne gi forbedret kapasitet. Lasthøyde og -bredde er ofte begrenset av passasjer gjennom tunneler, broer og andre strukturer. Dermed kan dette være kostbart å forbedre. En økning i lasthøyde og -bredde i kombinasjon med økt aksellast gir en bedre effekt kapasitetsmessig. Å tilrettelegge for høy aksellast er imidlertid dyrt (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

En annen viktig faktor er at selv om toget har en gitt kapasitet, betyr det nødvendigvis ikke at denne alltid er utnyttet. Dermed er fyllingsgraden, eller utnyttelsen, av togkapasiteten viktig å gjøre så stor som mulig for å senke driftskostnader. Høyere hastighet betyr mer energiforbruk, men samtidig vil det gi en lavere reisetid på transporten. Dermed kan man øke utnyttelsen av togkapasiteten per tidsenhet. I tillegg kan godstog med økt hastighet enklere kunne kjøre mellom passasjertog som holder høyere hastighet. Godstog bruker i tillegg lenger tid på akselerasjon og bremsing, slik at en forbedring på dette feltet vil kunne senke reisetiden ytterligere (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

Valg av lokomotiv går inn på hvilke togbaner som kan brukes med tanke på om banen er elektrifisert eller ikke. I tillegg kommer miljøaspekter inn, ettersom elektriske lokomotiv som regel scorer bedre på dette feltet. Såkalte bimodale lokomotiv er lokomotiv som kan gå på både diesel og strøm. Dermed kan samme lokomotivet brukes på alle togbaner, samt inne på godsterminal. Dette gir en fordel ettersom man da kun krever et lokomotiv, uansett tilfelle (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

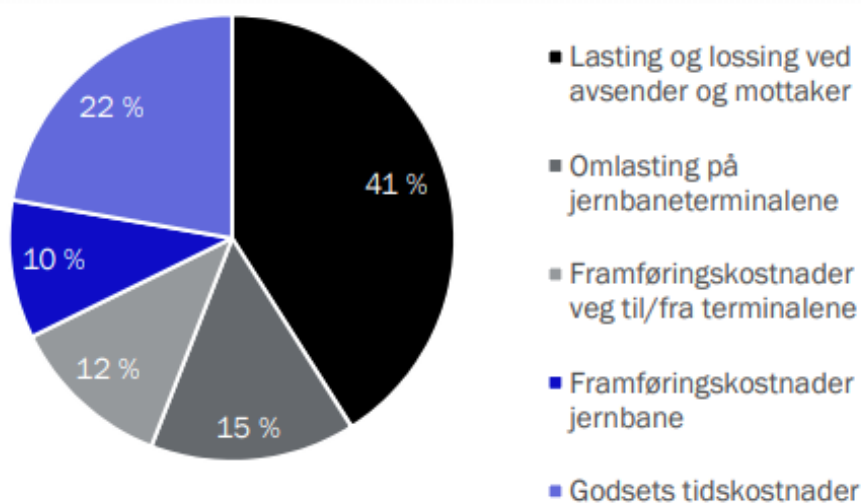
Til slutt kommer punktet om forbedret omlastning på terminalene. Dette diskuteres nøyere i delkapittel 2.5 og 2.6.

### 2.4.3 Togets konkurranseevne i Norge i intermodale transporter

For jernbane i Norge er det vedtatt en godspakke i NTPs planperiode 2018-2029, som setter av cirka 18 milliarder kroner til å oppgradere infrastruktur og teknologi. Her inngår å bygge banekoblinger, bygge/forlenge kryssningsspor, elektrifisere jernbanestrekninger, mer effektive godsterminaler, og å åpne jernbanen for nye kunder og produkter (Mjøsund mfl., 2019). Videre for NTP 2022-2033 anbefaler jernbanedirektoratet en videreføring av gjeldene godsstrategi som skal sørge for lavere enhetskostnader per mengdeenhet. Da skal det, som skrevet i Jernbanedirektoratets *Godsstrategi - NTP 2022-2033*, i hovedsak fokuseres på (Jernbanedirektoratet, 2019a):

- Infrastruktur: Effektive terminaler og økte toglengder
- Innovasjon og teknologi: Effektivisering av driften, tilpassing til fremtidige logistikkkrav, og alternativer til infrastrukturtiltak
- Rammebetingelser: Kompensasjon for økte infrastrukturavgifter og prioritering mellom togkategoriene

Videre nevner jernbanedirektoratet at transportkostnader på jernbane kan påvirkes gjennom flere kanaler som transporteffektivitet (godsmengde per tog), fremføringstid, distanse og utnyttelse av materiell (Jernbanedirektoratet, 2019a), noe som samsvarer med tabell 3. Transportøren vil ha kostnader som kapitalkostnader, vedlikeholdskostnader, energikostnader og lønnskostnader. Se figur 7 for et eksempel på hvordan kostnadene vil bli i intermodal transport. I tillegg har Bane NOR i 2018 innført infrastrukturavgifter for kombitransport på jernbane, som i gradvis implementeres mellom 2018 og 2025 (Jernbanedirektoratet, 2019a).



**Figur 7:** Kostnadstruktur ved intermodal transport med matvarer mellom Fredrikstad og Bergen. Merk at framføringskostnadene på bane utgjør en liten andel (Jernbanedirektoratet, 2019a)

Siden høsten 2019 er det innført en støtteordning fra statens side, for å motvirke økte kostnader for bane grunnet blant annet infrastrukturavgifter og bedring av vegnett (raskere fremføringstid på veg) (Jernbanedirektoratet, 2019a).

Som man ser i tabell 4, varierer det mellom de ulike godstypene hvor langt godset må reise på togbane for at det skal være lønnsomt. Kilden er relativt gammel (2011), men gir likevel en indikasjon



på at konkurranseflatene varierer fra varetype til varetype. Kjennskap til de ulike varetypene er dermed viktig når man skal regne på togets konkurranseevne mot veg (Hovi og Grønland, 2011).

**Tabell 4:** Indikasjon på ulike minimumsdistanser for når ulike transportkjeder er konkurransedyktig til lastebiltransport dør-til-dør (Hovi og Grønland, 2011)

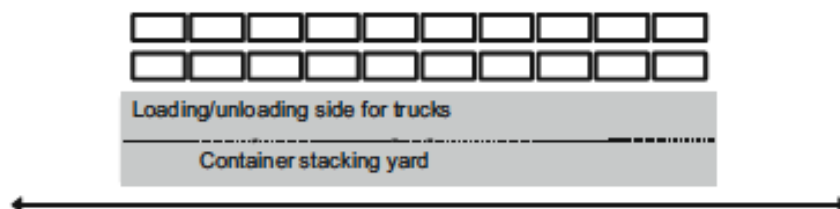
Varetype	Jernbane	Skip	Direkte aksess hos avsender eller mottaker	
			Jernbane	Skip
<b>Termovarer</b>	550km	450km	-	-
<b>Stykkgoods</b>	250km (mot kjede bil-bil-bil ca. 350 km)	600km (mot kjede bil-bil-bil langt over 1000km)	-	-
<b>Industrivarer</b>	550km	500km	100km	100km
<b>Tørrbulk</b>	-	-	100km	100km
<b>Tømmer</b>	550km	650km	150km	-
<b>Våtbulk</b>	-	-	100km	100km

## 2.5 Hvorfor horisontal omlastning?

For at bruk av intermodal transport skal kunne øke, er man i stor grad avhengig av effektiviteten på godsterminaler (Hovi, Skyberg og Bøe, 1999). En tradisjonell form for omlastning på godsterminalene er vertikal omlastning, men denne løsningen er tidkrevende, dyr og tar inn en større risiko for skade på godset. I tillegg kan 80% av semitrailere i Europa ikke løftes (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

Dermed trenger man løsninger som er billigere og mindre tidskrevende, og inn her kommer horisontal omlastning med sine fordeler (Islam, Ricci og Nelldal, 2016)(Široký, 2012):

- Toget trenger kortere stopptid for lasting og lossing, typisk 20-30 minutter
- Trenger mindre betjening på terminal, og det er mulighet for delvis eller fullstendig automatisering
- Terminalene kan bygges kompakte, siden man ikke trenger egne togspor til lagring (se figur 8)
- Ingen bruk av diesellokomotiv for skifting (Engelsk: shunting)
- Ingen konflikter med kontaktledninger



**Figur 8:** Typisk terminalutforming ved horisontal omlastning (Islam, Ricci og Nelldal, 2016)

For å dypere diskutere konseptet med horisontal omlastning, skal nå ulike løsninger presenteres. Felles for de ulike løsningene er at de ofte krever spesiell terminalinfrastruktur, spesielle togvogner,

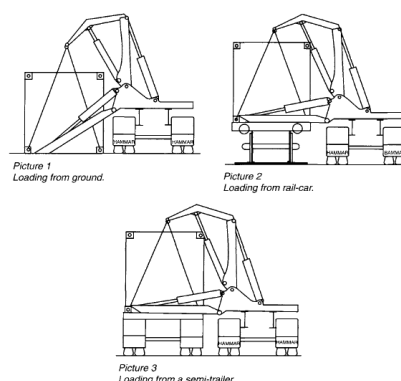
---

eller begge deler. Den spesielle terminalinfrastrukturen muliggjør imidlertid hel- eller delautomatisering av omlastning av lastbærere mellom veg og jernbane (Lavoll, 2016).

## 2.6 Ulike former for horisontal omlastning

### 2.6.1 Sideløfter

Sideløfter er et løfteutstyr som kan monteres på vegfarende lastebiler. Den består av to kraner som opereres av sjåføren. Teknologien tillater lasting og lossing av lastbærere fra bakkenivå, samt sideveis overføring av lastbærere mellom to trailere eller mellom trailer og togvogn. Sideløfteren brukes vanligvis på områder hvor passende løfteutstyr ikke finnes, og generelt andre områder som ikke er ment for lossing, lasting og overførsel av lastbærere. Selve flyttingen av lastbæreren tar omlag tre til fire minutter (Lowe, 2006) (Dybdahl, 2018). En viktig begrensning med sideløfteren er at dersom man bygger en omlastningsterminal som tar utgangspunkt i bruk av sideløfter, krever man også at alle vogntog har sideløfter montert. Dette er imidlertid utbredt i en relativ stor grad (Lavoll, 2016).



**Figure 9:** Skisse av prinsippet sidelaster (Lowe, 2006)

### 2.6.2 Sideskyvende løsninger

Sideforskyvende løsninger er horisontal forflytning mellom to transportenheter, og er et integrert system hvor forflytning kan skje uten ekstern hjelp som løfting med kran (Dybdahl, 2018). Et sentralt eksempel på slik sideforskyvende teknologi er «Cargo Beamer»: Trekkvognen setter fra seg semitraileren i en spesiell ventevogn, og så snart dette er gjort kan trekkvognen kjøre videre. Når toget kommer vil en automatisk håndtering av semitrailer starte, og løpet av maks 15 minutter er lasting og lossing av toget gjennomført. «Cargo Beamer» krever imidlertid spesielle togvogner og terminaler, men tillater også konvensjonell lasting og lossing med kran (CargoBeamer, ukjent år) (Široký, 2012). To viktige fordeler med «Cargo Beamer» er dermed rask håndtering, og mulighet for automatisering. En viktig problem er imidlertid er den nye teknologien som krever nye togvogner og en egen type terminal. Bruk av den tidseffektive «Cargo Beamer»-løsningen krever dermed investeringer, som sannsynligvis er svært høye. Se figur 10 og 11 for konseptet.

En annen løsning er "CarConTrain" (CCT), som er en vogn som reiser parallelt med togbanen, og er utstyrt med armer som horisontalt kan overføre lastbærere. Denne løsningen kan være fullt automatisert, og behøver ikke at lastebil eller trekkvogn er tilgjengelig når av/på-lasting av tog skjer. Grunnet automatisering vil også terminalkosten bli betraktelig redusert (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

### 2.6.3 Andre overføringssystemer

Det finnes en rekke andre alternative overføringssystemer som «Mega swing», «Modalohr» og biltog for hele lastebilen. Felles for disse er at semitrailer kjøres direkte på togvognen av trekkvogn.



**Figur 10:** Påkjøring på flak som sideforskyves (CargoBeamer, ukjent år)



**Figur 11:** Sideveis forskyving av flak fra vente-posisjon til tog (CargoBeamer, ukjent år)

«Modalohr», som på lik linje med «Cargo Beamer» krever spesielle vogner og terminaler, kan sørge for omlastning på mindre enn 30 minutter. Dette gjøres ved hjelp av roterende flak på togvognen som vist i figur 12 og 13, der trekkvognen selv kjører semitraileren på plass (Modalohr, 2003).

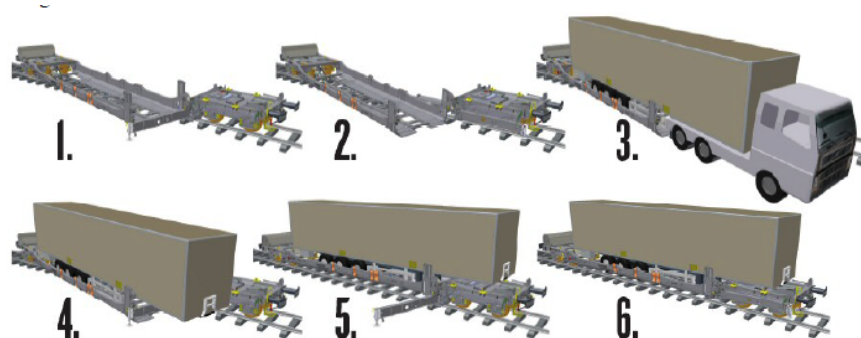


**Figur 12:** Påkjøringsrampe for vogntog. Selve rampen er en fast installasjon (Modalohr, 2003)



**Figur 13:** Lastbærer i posisjon på togvogn (Modalohr, 2003)

«Mega swing», har også roterende flak, men i motsetning til «Modalohr» kan disse senkes til bakkenivå. Dermed trengs det ikke noen spesiell utforming på terminalen, annet enn at tilgrensende flater ikke har helning. Semitrailer må imidlertid rygges inn på togvognen. Også denne løsningen sørger for omlastning innenfor 30 minutter (Širokỳ, 2012).

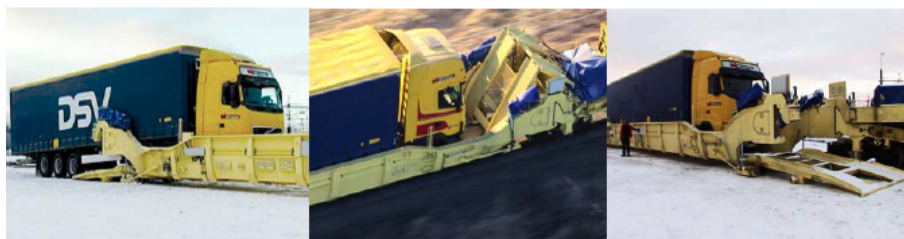


**Figur 14:** Skisse av prinsippet «Mega swing» (Širokỳ, 2012)

I stedet for at lastbærer etterlates på en togvogn, er det også mulig å kjøre hele lastebilen på en togvogn. En løsning innenfor dette heter «Flexiwaggon», og likner veldig på «Mega Swing», men

---

her reiser også trekkvognen med toget. Lasting eller lossing tar omtrent 15 minutter (Širokỳ, 2012).



**Figur 15:** Skisse av prinsippet «Flexiwaggon» (Širokỳ, 2012)

## 2.7 Automatisering

Jernbanens konkurransekraft kan styrkes uten å måtte gjøre store investeringer i infrastruktur. Dette kan gjøres gjennom innovasjon og teknologi som blant annet automatiserte terminaler. Automatisering sørger for tids- og kostnadsbesparelser på godsterminalen (Jernbanedirektoratet, 2019a).

Omlastning av lastbærer mellom veg og jernbane kan automatiseres som nevnt i delkapittel 2.5 og 2.6, og denne typen automatisering diskuteres dermed ikke videre her. Den enkleste automatiseringen som kan utføres på godsterminaler er automatisering av gate for vegfarende kjøretøy, samt innkommende og avreisende tog. Gaten, altså inngangsporten for godsterminalområdet, vil kunne effektivisere godsflyten på terminalen, redusere bemanningsbehovet i gate, samt gi bedre muligheter for dokumentasjon og kontroll av skader (Jernbanedirektoratet, 2019a).

Automatiserte gater er en godt uttestet teknologi. Teknologien kan også være et førstesteg innenfor informasjonsdeling, som er nødvendig for videre automatisering av flere prosesser på jernbanen (Jernbanedirektoratet, 2019a). Jernbanedirektoratets innspill til NTP 2022-2033 nevner digitalisering og tilgang på data (informasjonsdeling) som viktige bidragsyttere til videreutvikling av transportsystemet rundt jernbane. Ny teknologi, for eksempel innenfor automatisering, må ha god datatilgang for å fullt kunne utnyttes (Jernbanedirektoratet, 2020).

Hvor konkurransedyktig jernbane er henger også sammen med hvor pålitelig den er. Påliteligheten kan styrkes ved å minske sannsynligheten for tekniske feil på jernbanen. Dette kan gjøres ved innføring av et digitalt signalsystem, ERTMS. Grunnet at nåværende signalanlegg i Norge begynner å bli utdatert, og dermed snart må fornyes, er det vedtatt at ERTMS skal erstatte de gamle signalanleggene i Norge. ERTMS muliggjør økt kapasitet ved hjelp av mindre tilleggsinvesteringer. I tillegg er ERTMS en forutsetning for en mulig fremtidig automatisk togfremføring (Jernbanedirektoratet, 2020).

## 2.8 Vegens potensiale

Som nevnt tidligere velges den transportformen som gir best fysisk tilgjengelighet, kostnad, samt kvalitet på transporten. Med uendret samferdselspolitikk vil mesteparten av vekst i transport tas på vegen. Dermed er det diskutert i de tidligere delkapitlene hvordan man kan styrke jernbanens posisjon. Det er imidlertid også viktig å belyse hvilke tiltak som gjennomføres innenfor veg, og som kan ytterligere styrke vegens konkurranseevne mot jernbane- og sjøtransport.

Utviklingen av infrastrukturen for veg har vært større enn for jernbanen. Vegene blir gradvis bedre, og fremføringstiden går ned. I tillegg skal det i større grad legges til rette for modulvogntog, som gir mer kapasitet per lastebil. Videre synker prisene på vegtransport relativt sett mot jernbane- og

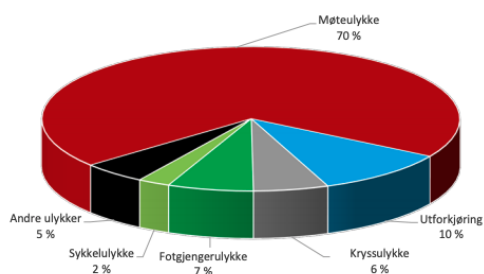
sjøtransport. Priskonkurransen fra godstransport på veg har også økt på lengre transporter, som tradisjonelt sett har vært i favør av sjø og bane (Riksrevisjonen, 2018).

På E6 sør for Trondheim, og i Innlandet fylke planlegger Nye Veier utvidelse av dagens E6 til firefelts motorveg. Dette vil bedre fremføringstiden til gods på veg (NyeVeier, Ukjent år).

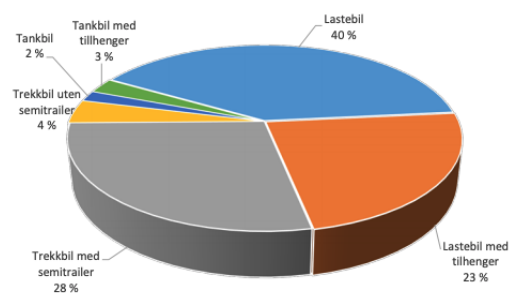
## 2.9 Trafikksikkerhet og tunge kjøretøy

Selv om Norge er et av de landene med færrest trafikkdrepte per innbygger, er Norge cirka 35% over gjennomsnittet i Europa når det gjelder drepte per innbygger i ulykker med tunge kjøretøy. I stor grad er vare- og personbil den trafikantgruppen hvor de drepte befinner seg i ulykke som involverer tungtransport (Langeland og Phillips, 2016).

Figur 16 og 17 viser hvilken type ulykke som dominerer blant tunge kjøretøy, samt hvilke type kjøretøy som er involvert. Smale, glatte og svingete veger er ofte viktige faktorer for ulykkene. For eksempel er kun 1/20 av dødsulykkene på rettstrekk forårsaket av tungtransport, men hele 1/5 av dødsulykkene i svinger utløses av tungtransport.



**Figur 16:** Fordeling av drepte i ulykker med lastebiler i Norge 2010-2014 (Langeland og Phillips, 2016)



**Figur 17:** Involverte lastebilkombinasjoner i alvorlige ulykker (Langeland og Phillips, 2016)

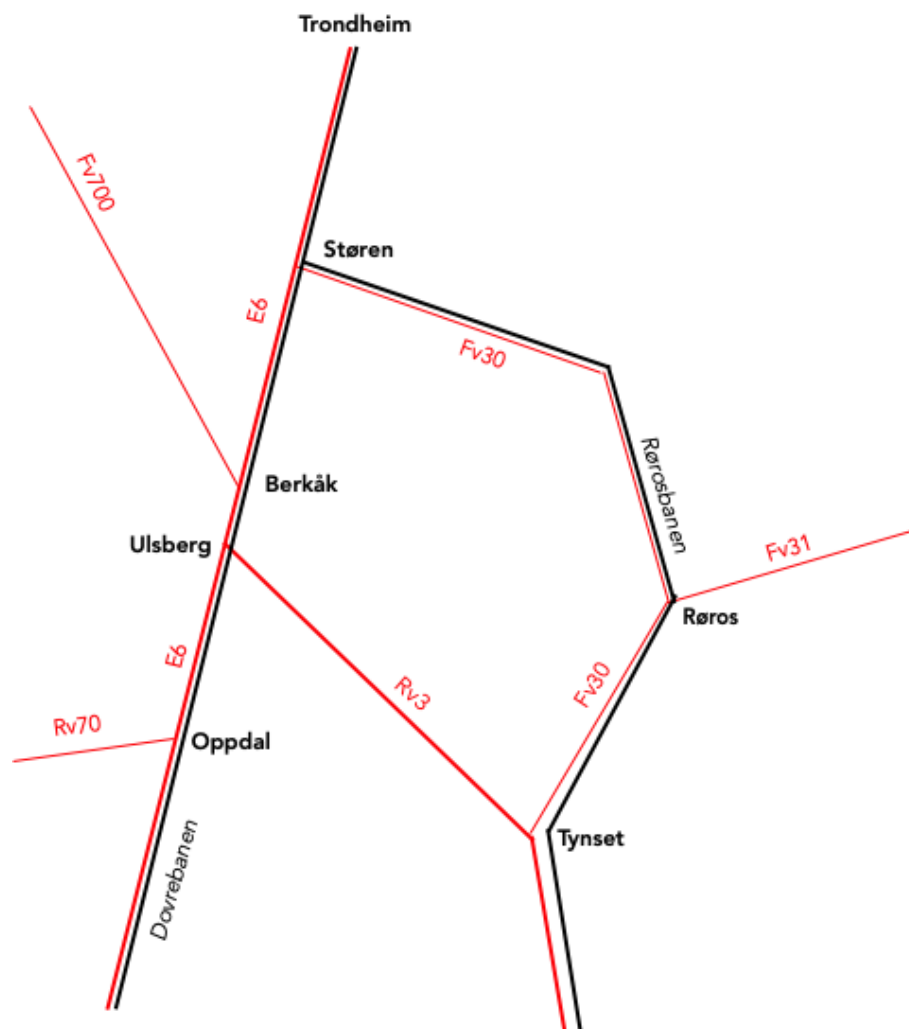
Andelen trekkvogn med semitrailere på veg er økende, og da også andelen semitrailere med trekkvogn som er involvert i alvorlige ulykker. Videre nevnes det at utenlandske aktører, som tar over en stadig større markedsandel av godstrafikk på vei, har en større risiko for ulykke enn norske aktører (Langeland og Phillips, 2016).

Et viktig tiltak for reduksjon av trafikkuulykker med tunge kjøretøy er overføring av gods til sjø og bane. Denne overføringen kan gi gode utfall, der for eksempel 25% reduksjon i trafikkarbeid med lastebil, gir 15% færre lastebilulykker. Overføringen krever imidlertid bedre konkurransevilkår for bane og sjø mot veg, som nevnt i tidligere delkapitler (Langeland og Phillips, 2016).

---

### 3 Veger, baner og godsterminaler i Trøndelag sør

Figur 18 viser til nettet av veger og jernbaner masteroppgaven skal rettes mot. Valgt nett er basert på info gitt av Rådet, samt etter en rask gjennomgang av Nasjonal Godsmodell i samarbeid med Ali Taheri ved Statens vegvesen. Valgt veg- og jernbanenett kan endres dersom det viser seg å være nødvendig når godsstrømmer blir analysert i masteroppgaven.



**Figur 18:** Skisse av aktuelle veger og baner som kan bli påvirket ved bruk av lokale omlastningsterminaler. Røde linjer er veger, svarte er jernbane

#### 3.1 Vegnettet

Tabell 5 viser trafikkmengde og andel lange kjøretøy (hvor tungtrafikk inngår). Trafikkdataen er hentet fra omtrentlig midtpunkt mellom stedene nevnt under *Strekning*. På de strekningene som ikke ligger mellom to steder, er trafikkdataen hentet omtrent der hvor randbebyggelsen rundt tettstedet slutter.

**Tabell 5:** Viser trafikkmengde og andel lange kjøretøy på utvalgte strekninger sør i Trøndelag, samt nord i Innlandet (NVDB, 2020)

Strekning	Vegreferanse	ÅDT	%-andel lange kjøretøy
E6 (Trondheim-Støren)	EV6 K S70D1 m3902-9951	9480	18
E6 (Støren-Berkåk)	EV6 K S66D1 m6998-10384 EV6 K S67D1 m0-6300	4810	26
E6 (Berkåk-Ulsberg)	EV6 K S64D1 m12649-12765 EV6 K S65D1 m0-9306	5520	27
E6 (Ulsberg-Oppdal)	EV6 K S63D1 m3925-10128 EV6 K S64D1 m0-343	2850	29
E6 (Sør for Oppdal)	EV6 K S60D1 m8346-10299 EV6 K S61D1 m0-3937	2980	17
Rv3 (Ulsberg-Tynset)	Rv3 K S24D1 m5462-9968 Rv3 K S25D1 m0-11214	2250	35
Rv3 (Sør for Tynset)	Rv3 K S19D1 m10631-10671 Rv3 K S20D1 m0-10920 Rv3 K S21D1 m0-330	3000	24
Fv30 (Støren-Røros)	Fv30 K S7D1 m3434-6177	1600	14
Fv30 (Røros-Tynset)	Fv30 K S15D1 m0-3871 Fv30 K S16D1 m0-10259 Fv30 K S17D1 m0-9811	2500	12
Fv31 (Røros-Svenskegrensen)	Fv31 K S3D1 m5783-6979 Fv31 K S4D1 m0-7149	980	15
Fv700 (mot Berkåk)	Fv700 K S5D1 m9785-9818 Fv700 K S6D1 m0-3236	1200	19
Rv70 (mot Oppdal)	Rv70 K S3D1 m6338-6790	1120	20

---

## 3.2 Jernbanenettet

Jernbanenettet innenfor masteroppgavens fokusområde består av Dovrebanen, samt Rørosbanen. Rørosbanen begynner i Støren, mens Dovrebanen går hele veien opp til Trondheim.

### 3.2.1 Dovrebanen

53% av alt gods mellom Oslo og Trondheim fraktes på jernbane. Det er også planlagt kapasitetsøkende tiltak langs strekningen, som flere kryssingsspor og dobbeltspor på den overbelastede strekningen sør for Lillehammer, samt igangsetting av godsterminalen på Torgård (Jernbanedirektoratet, 2019a). Videre har terminalkapasiteten på Brattøra i Trondheim vært en begrenset faktor for gods på bane, og dermed åpnet Heggstadmoen terminal i 2018. Resultatet er økt kapasitet, men derimot økte operatørkostnader grunnet to terminaler (Jernbanedirektoratet, 2019b). I tillegg til Brattøra og Heggstadmoen godsterminaler, ligger det en beredskapsterminal for godstrafikk på Støren, som tillater omlastning av gods mellom bane og veg ved driftstans av jernbane (Svingheim, 2016).

Fem dager i uken kjøres det seks kombitogpar mellom Alnabru (Oslo)/Drammen og Trondheim i hver retning på Dovrebanen. I snitt går hvert togpar med 24 kombivogner som gir 48 containere med størrelse 1 TEU. Gjennomsnittlig vekt på containerne er 9 tonn. I tillegg går det to dager i uken et biltogpar med nye biler (Nicolaisen, 2020).

### 3.2.2 Rørosbanen

Rørosbanen har lavere kapasitet enn Dovrebanen og er ikke elektrifisert. Dermed finnes det ingen gode rutealternativer for tog på Dovrebanen. Det er foreslått å elektrifisere Rørosbanen, samt noen flere kryssingsspor. (Jernbanedirektoratet, 2019a). En viktig grunn til dette er Rørosbanens potensiale for økt godstrafikk, både mellom Østlandet og Trøndelag, samt for skogsbruket (BaneNOR, Ukjent år[b]).

Det går ikke godstog mellom Oslo og Trondheim via Rørosbanen (Nicolaisen, 2020). Det er lang avstand mellom stasjoner, og kort lengde på kryssingsspor. Dermed er kapasiteten lav. Det kjøres daglig mange tømmeretog på banen, og det er egne terminaler for disse på Elverum, ved Rena, Koppang og på Auma (BaneNOR, Ukjent år[b]). Tømmeret går så over på Solørbanen, over Kongsvinger, og videre til Sverige (Nicolaisen, 2020).



---

## 4 Forskningsspørsmål

Basert på teorien i kapittel 2 er en sentral del for å få mer gods over på bane effektiviteten på omlastningen. Dermed er det foreslått å effektivisere de eksisterende godsterminalene. (Dybdahl, 2018) nevner i sin utredning om forbedret samhandling av gods mellom vei og bane muligheten for anlegging av flere godsterminaler, og da gjerne små automatiserte godsterminaler. Disse fungerer som direkte omlastning mellom veg og bane, og ikke noe mer. Utredning av slike små, lokale omlastningsterminaler, og deres effekter, blir dermed sentrale i masteroppgaven. Det er spesielt effektene i området Trøndelag Sør det skal sees på. Følgende forskningsspørsmål blir dermed:

1. Hvor mye gods transporteres det, og hvilke reiseruter tar godset i Trøndelag sør?
2. Hva vil være nytt omlastningspotensiale av gods fra veg til jernbane ved bruk av lokale omlastningsterminaler?
3. Hvilke effekter, både kortsiktige og langsiktige, vil reduksjon i tungtrafikk på veg grunnet økt bruk av omlastning fra veg til jernbane gi i en bærekrafts sammenheng?

Spørsmål 1 handler om å kartlegge godsmengdenes størrelse og reiserute, såkalte godsstrømmer. Dette er viktig bakgrunnskunnskap når man regner på omlastningspotensiale, altså hvor mye gods som kan overføres fra veg til bane, på de lokale omlastningsterminalene. Konkurranselatene til jernbane og veg må også vurderes inn i spørsmål 2. Et økt omlastningspotensiale fra veg til bane vil kunne gi en reduksjon i godstransport på veg. Spørsmål 3 belyser bærekraftseffekter en slik reduksjon vil kunne gi. Ettersom bærekraftseffekter belyser mange områder, velges det spesielt å fokusere på områdene trafiksikkerhet og miljø (utslipp av drivhusgasser og andre forurensende stoffer).

For å svare på forskningsspørsmålene, vil det i påfølgende kapittel legges frem et forslag til metode, samt hvor nødvendig data kan hentes fra. Å finne selve plasseringen til de lokale omlastningsterminalene er sentralt for å besvare spørsmål 2 og 3, men dette inngår ikke som eget forskningsspørsmål i masteroppgaven. Dette fordi det skal skrives en paralell masteroppgave som tydelig utreder hvor selve plasseringen skal være.

---

## 5 Forslag til fremgangsmåte og plan i masteroppgave

I dette kapittelet legges det frem et forslag til fremgangsmåte for masteroppgaven, og gir en pekepinn på hvordan forskningsspørsmålene kan besvares. I tillegg diskuteres det litt rundt den foreslåtte fremgangsmåtenes svakheter og mangler.

Fremgangsmåten tar utgangspunkt i forskningsspørsmålenes rekkefølge. En skissert og forenklet fremgangsmåte er vist i vedlegg 1. For å få en enkel oversikt over fremgangsmåten, kommer det viktigste på stikkordform. Deretter utdypes fremgangsmåten ytterligere.

### 5.1 Foreslått fremgangsmåte på stikkordform

#### Forskningsspørsmål 1

1. Skaffe data på hvor godset reiser
2. Lære seg bruken av CUBE og hvordan Nasjonal godsmodell fungerer
3. Skaffe kjennskap til svakheter med Nasjonal godsmodell
4. Validere godsmodellen der det lar seg gjøre ved hjelp av annen reisedata for gods
5. Omforme enheten på godsstrømmene fra tonn gods til antall lastbærere med gods

#### Forskningsspørsmål 2

1. Tydelig definere hvilke kostnader som inngår i analysen av konkurranseflatene til veg og bane
2. Skaffe tall på de overnevnte kostnadene
3. Finne fordeling av varetyper (Bruk av Nasjonal godsmodell)
4. Finne kapasitet på jernbanen. Dette kan gjøres i samarbeid med Tor Nicolaisen fra Jernbandedirektoratet
5. Analysér data funnet fra punktene over, og finn overføringspotensialet fra veg til bane basert på funnet data og godsstrømmene. Nasjonal godsmodell skal også kunne hjelpe til med dette. Resultatet kan vises som prosentvis reduksjon i tunge kjøretøy på veg for hvert år i satt tidshorisont.

#### Forskningsspørsmål 3

1. Finne verdi på prosentvis reduksjon av tungtrafikk på visse veglenger
2. Finne utslippsdata for lastebil, dieseltog og elektrifisert tog
3. Diskutere effekter basert på punkt 1 og 2
4. Finne info om trafikkfarer en lastebil skaper
5. Diskutere effekter innenfor trafiksikkerhet og miljø basert på en prosentvis reduksjon av tunge kjøretøy
6. Eventuelt diskuter effekter rundt vegslitasje og sårbarhet ved stengt togbane

---

## 5.2 Spm. 1 - Godsstrømmer i Trøndelag Sør

Å finne godsstrømmene er en forutsetning for å få en idé på hvor de lokale omlastningsterminalene kan ligge. Som sagt er ikke plassering av omlastningsterminalene et forskningsspørsmål i seg selv, men heller en forutsetning for å besvare forskningsspørsmål 2 og 3.

Data på hvor godset reiser kan finnes ved hjelp av en kombinasjon av følgende datakilder:

- Varetransportundersøkelse fra TØI - da spesielt inndata rapporten er basert på
- Nasjonal Godsmodell
- Trafikktellinger
- Konsekvensutredninger om plassering av godsterminaler
- Spørre store aktører

De fleste datakildene gir svært begrenset med data, og det vil være vanskelig å sette dem sammen til et større bilde. Her kommer Nasjonal Godsmodell inn, og vil virke som hoveddatakilde for å både finne, samt visualisere, godsstrømmene. Dette er en modell for godstransport både innad i, og til/fra, Norge. Modellen er basert på basismatriser, kostnadsfunksjoner og en logistikkmodell for valg av transportløsning. Basismatrisene er igjen basert på en varestrømanalyse og statistikkgrunnlag. I tillegg er det mulig å fremskrive basismatrisene til ulike prognoseår. Annen inndata til modellen er transportkostnader, terminalkostnader og verdi på godset. Utdata fra modellen kan for eksempel være transportkostnader ved alle transportløsninger mellom to gitte soner (Madslien, Steinsland og Grønland, 2015).

Nasjonal Godsmodell kjøres i brukergrensesnittet CUBE, og består av seks selvstendige applikasjoner. I masterarbeidet blir de to siste de mest aktuelle, da disse brukes til analyser av scenariene (Madslien, Steinsland og Grønland, 2015). Tilgang til Nasjonal Godsmodell er fått fra Ali Taheri ved Statens vegvesen. Han stiller seg til rådighet ved spørsmål om bruk. Ettersom tilgang til CUBE ikke kan skaffes før tidlig i 2021, vil en sentral del av tidlig fase i masterarbeidet bli å gjøre seg kjent med modellen. Dermed er det vanskelig å si per nå (høsten 2020) hvordan godsstrømmene eksakt skal hentes ut fra modellen.

Det finnes en del svakheter i Nasjonal Godsmodell, og noen av disse er mangel på transparens og usikkerhet på varestrømmene (Homleid og Dyb, 2016). En bedret kjennskap til svakhetene er viktig å skaffe seg når Nasjonal godsmodell testes ut. Grunnet svakheten vil de andre datakildene da fungere som en validering av godsmodellen. Dermed er data fra andre kilder enn Nasjonal godsmodell vel så sentrale for masteroppgaven.

Videre må det settes rammer rundt datainnsamlingen for å ha muligheten til å finne godsstrømmene innenfor den relativt korte tiden man har til rådighet. Følgende rammer forslås:

1. Kun se på gods som reiser fra Trøndelag, og til eller forbi Alna Bru, samt til eller forbi Sverige via Solørbanen
2. Se bort fra den planlagt utbyggingen av Torsgård. Dette er fordi de lokale omlastningsterminalene skal undersøkes som eget konsept
3. Tidshorisonten settes til 2050

Forutsetningen for første punktet er at det antas at ingenting kan avlastes før det kommer til Alnabru eller endedestinasjon for Tømmeret fra Rørosbanen. En grunn til antakelsen er blant

---

annet at Bane NOR ikke har noen godsterminaler langs Dovrebanen mellom Trondheim og Alnabru (BaneNOR, Ukjent år[a]). I tillegg virker det som at tømmeret langs Rørosbanen i hovedsak fraktes til Sverige via Solørbanen (Nicolaisen, 2020). Forutsetningen for det andre punktet er at de lokale omlastningsterminalene skal undersøkes som eget konsept. Tidshorisonten settes til 2050 ettersom dette er det seneste prognoseåret som ligger inne i Nasjonal godsmodell. Godsstrømmene må undersøkes over en del år, ettersom mengden gods er ventet å øke (Hovi mfl., 2015).

Det virker som alle datakildene oppgir godsmengdene i tonn gods. Ettersom man vil ha direkte overførsel av lastbærer mellom veg og bane, må godsmengdene omformes til antall lastbærere gods. Slik omforming består av usikkerheter og manglende data. Dermed må det skaffes et godt datagrunnlag for til slutt å komme frem til en gjennomsnittsvekt per lastbærer.

Ulik inndata på godsreiser, i kombinasjon med gitte rammer og tidshorisont, vil til slutt gi godsstrømmene i Trøndelag Sør. Godsstrømmene gis i tonn, og bør overføres til antall lastbærere.

### 5.3 spm. 2 - Nytt omlastningspotensiale fra veg til jernbane

Når godsstrømmene og plassering av de lokale omlastningsterminalene er funnet kan det regnes på prosentvis reduksjon i tungtrafikk. Reduksjonen blir da antall lastbærere som kan overføres fra veg til bane på de lokale omlastningsterminalene. Som nevnt i kapittel 2.4 er det ulike faktorer, deriblant ulike kostnader, som påvirker hvilket transportmiddel som er mest lønnsom. Dermed er det vesentlig å skaffe info om de rene kostnadene, samt kostnadene i tidsbruk for de ulike leddene av transporten (reisetid tog, reisetid lastebil, omlastingstid ved bruk av horisontal omlastning, osv.). Resultatet av analysen vil brukes til å finne hvilket gods som kan overføres fra veg til jernbane. Det er også en fordel å vite fordelingen varetyper, ettersom dette påvirker togets konkurranseevne (se delkapittel 2.4.3). Info om varetyper finnes i Nasjonal godsmodell. Ved kjennskap til de ulike kostnadene, bør det også være mulig å bruke Nasjonal godsmodell til å finne overføringspotensialet fra veg til bane.

Kun gods som reiser i forhold til punkt 1 under de gitte rammene i forrige delkapittel ses på som aktuelt til overføring fra veg til bane.

En annen faktor som er sentral for å svare på forskningsspørsmål 2 er kapasitet på jernbane. Det finnes et maks tak for gods man kan overføre. Å regne på dette er en masteroppgave i seg selv, slik at det må forsøkes å skaffe eksisterende data fra aktører innenfor jernbane. Tor Nicolaisen fra jernbanedirektoratet vil være en sentral kontakt i dette arbeidet.

I tillegg må man se på forventet økning i gods. Dette for å se på godsmengde i forhold til kapasitet over lang tid. Dersom togbanens kapasitet holdes konstant i lang tid, vil all vekst i gods etter hvert måtte skje på veg. Å se på forventet økning i gods vil dermed ta hensyn til dette.

Det må nevnes at metoden rundt å svare på forskningsspørsmål 2 fremdeles er noe usikker og ufullstendig. Dette fordi mye av arbeidet sannsynligvis kan gjøres i Nasjonal godsmodell. Om det blir vanskelig å regne ut en prosentvis reduksjon i tungtrafikk, er det uansett viktig å beskrive grundig i masteren hvordan en prosentvis reduksjon kan skje. Altså kartlegge hvordan togbanens konkurranseflater kan bedres. En alternativ fremgangsmåte kan dermed for eksempel bli å drøfte forutsetningene som må oppfylles for å få en reduksjon av tungtrafikk på veg på for eksempel 10%, og hvilke effekter denne reduksjonen gir.

Resultatet av inndataen nevnt ovenfor vil kunne svare på hvor mye gods som kan overføres til bane nå og i fremtiden. Dette vil kunne gi en prosentvis reduksjon i tungbiltrafikk på visse vegstrekninger. Resultatet kan vises som en prosentvis reduksjon for hvert år.

---

## 5.4 Spm. 3 - Effekter i en bærekrafts sammenheng

Ved å vite en prosentvis reduksjon av tungtrafikk på visse veglenker, vil man kunne regne på effekten færre tunge kjøretøy på vegnettet kan gi. To bærekraftseffekter forslås som nevnt tidligere analysert, og det er miljøhensyn og trafikksikkerhet.

Innfor miljøhensyn må først og fremst utslippsdata for lastebil, dieseltog og elektrifisert tog skaffes. Dette bør være mulig å finne hos SSB, og enheten kan være gitt i tonn-kilometer. I tillegg bør det vurderes om positiv utvikling (renere teknologi for trailere/dieseltog) i utslippsdata skal inkluderes. Utslippsdata regnes på årlig i den satte tidshorizonten som undersøkes.

For et trafikksikkerhetsmessig perspektiv må info om ulike trafikkarer en lastebil skaper innhentes. Dette bør gjøres både gjennom teori, men også gjennom kontakter som for eksempel driver med kontroll av tunge kjøretøy i Trøndelag. Det skal derfor forsøkes å få være med på en kjøretøyinspeksjon hos Statens vegvesens kontrollstasjon på Berkåk. Dette bør gjøres når det er vinter. I tillegg kan NVDB brukes for å skaffe info om de ulykkene som allerede har skjedd. Da undersøkes de veglenkene som vist i figur 18. Til slutt diskuteres trafikksikkerhetseffektene en prosentvis reduksjon av tunge kjøretøy vil gi.

Videre kan også andre effekter diskuteres, og da vegslitasje og sårbarhet rundt økt bruk av jernbane. Førstnevne tar inn vegteknologisk data på hva færre tunge kjøretøy vil gjøre for vegens levetid. Andrenevnte handler mer om å se på hvilke konsekvenser en stengt togbane vil ha. Dette er viktig å ta inn dersom man for eksempel skal transportere gods som haster.

## 5.5 Liste over kontakter

Basert på forslag til fremgangsmåte trengs ulik data, og denne kan ofte hentes direkte fra ulike næringsaktører og andre personer. Dette delkapittelet har som formål å liste opp disse, og kort beskrive hvilken funksjon de kan ha. Rådet har også laget en formell erklæring som kan brukes når nye kontakter skal innhentes. Skjemaet har til hensikt å forhåpentligvis muliggjøre innhenting av data som næringen ser på som sensitiv. Tabell 6 viser listen over kontakter som er skaffet høsten 2020. Rådet har også vært behjelpelig å skaffe kontakter.

**Tabell 6:** Kontaktliste for innhenting av ulik data eller hjelp

Navn	Firma/Næring/Etat	Beskrivelse
Ali Taheri	Statens Vegvesen	Hjelp til bruk av Nasjonal godsmodell
Tor Nicolaisen	Jernbanedirektoratet	Til hjelp ved jernbanetekniske spørsmål og data
John Kenneth Selven	Rambøll	Transport: Avdelingsleder for forretningsutvikling og logistikk
Gunnar Gundersen	Glommen-Mjøsen Skog	Tømmer: Næringspolitisk sjef
Trygve Dybdahl	Hitra kommune	Laksenæring og fagperson
Kay Franzen	CargoNet	Terminalsjeff for godsterminal i Trøndelag
Rune Jørgensen	Fjellregionen, Jernbaneforum Røros- og Solørbanen	Info om Røros- og Solørbanen

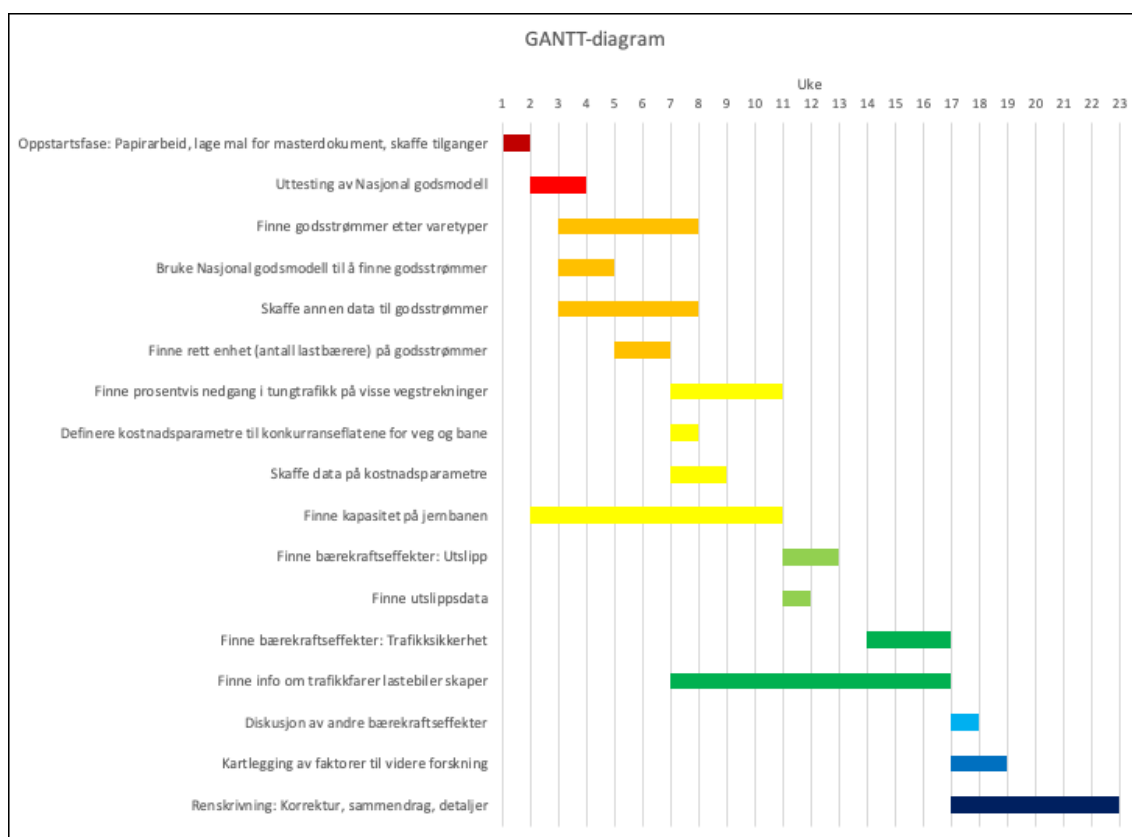
## 5.6 Budsjett for oppgaven

Det er utbetalt et stipend pålydende 15.000 kr for gjennomføring av denne masteroppgaven. Stipendet er regnet som vederlag, og skal dermed ikke dekke eventuelle reisekostnader. Fra masterkontrakt står det følgende: *Rådet dekker ytterligere kostnader forbundet med reise og møtedeltakelse i de tilfeller rådet inviterer til aktiviteter i forbindelse med samarbeidet.* Dermed dekkes ikke kostnader for egne befaringer eller reise for info/data-innsamling.

Per nå er det ikke planlagt slike befaringer eller reise for info/data-innsamling. Det er imidlertid ønskelig å besøke en kontrollstasjon, samt befarings. Det brukes egen bil til dette, slik at utgifter blir drivstoff og bompenger. Totalt forbruk bør uansett ikke overstige 1000 kr.

## 5.7 Tidsplan

Figur 19 viser planlagt tidsplan. De linjene med lik farge henger sammen.



**Figur 19:** GANTT-diagram for planlagt gjennomføring av masteroppgave

---

## 6 Scientific abstract

An increase of 84% in transportation of goods on road is expected in the period 2018-2050. This results in negative side effects such as delays, accidents, noise, wear and pollution. Therefore, it is an intention to transfer goods from road to rail and sea. In this report the transfer between road and rail is in focus.

An obstacle for doing the transfer to rail is the poor competitiveness rail often offer compared to road. However, the competitiveness for rail can be improved, by improving the efficiency of the rail. Two important parts of the efficiency are the time usage of transshipment between the two modes of transport and location of the terminal for transshipment. Therefore, it will be done an investigation as a part of two parallel master thesis, where small transshipment terminals are to be placed at strategic locations in the district of Trøndelag Sør. The master thesis based on this report will focus on some of the sustainability effects the small transshipment terminals can make.

Because the terminals may give less heavy vehicles on the roads, the transshipment terminals should result in positive sustainability effects. In the master thesis, traffic safety and pollution are the two main sustainability effects that are to be investigated. Heavy vehicles are important contributors to fatal and serious accidents in Norway.

Finding the possible reduction of heavy vehicles on the road network in Trøndelag Sør, requires data about goods streams and to quantify the factors deciding the efficiency of the rail. A goods model called Nasjonal Godsmodell is used to get the required data. In addition, data from local businesses are to be collected to compensate for some weaknesses in the model.

---

## Referanser

- BaneNOR (Ukjent år[a]). *Godsterminaler*. lest 26.11.2020. URL: <https://www.banenor.no/kundeportal/jernbanen-i-norge/infrastruktur/godsterminaler/>.
- (Ukjent år[b]). *Rørosbanen*. lest 26.11.2020. URL: <https://www.banenor.no/Jernbanen/Banene/Rorosbanen/>.
- CargoBeamer (ukjent år). *How it works in a Cargobeamer terminal*. Lest 12.11.2020. URL: <https://www.cargobeamer.eu/How-it-works-849768.html>.
- Dybdaahl, Trygve (2018). «Samhandling av gods mellom vei og bane». Masteroppg. NTNU.
- Foss, Trond mfl. (2010). *Utredning av vegavgift for tunge kjøretøy*. Sintef-rapport A15768. SINTEF, s. 30. URL: [https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi\\_samfunn/6060/rapporter-2010/a15768\\_utredning-av-vegavgift-for-tunge-kjoretoy.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_samfunn/6060/rapporter-2010/a15768_utredning-av-vegavgift-for-tunge-kjoretoy.pdf).
- Grønland, Stein Erik, Christian S Mjøsund og Inger Beate Hovi (2018). *Lastbærere i intermodal jernbanetransport i Norge*. TØI-rapport 1670/2018. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49206>.
- Grønland, Stein Erik mfl. (2014). *Næringslivets logistikkssystemer. Hvordan ser de ut*. TØI-rapport 1371/2014. Transportøkonomisk institutt. Kap. 1, 3, 5. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=39188>.
- Homleid Tor and, Ekhaugen Tyra og Vivan Dyb (2016). *Forsøk på å beskrive det ugjennomtrengelige - en vurdering av Nasjonal godsmodell*. Rapport 2016/52. Vista Analyse. URL: [https://vista-analyse.no/site/assets/files/6278/va-rapport\\_2016-52\\_forsok\\_pa\\_a\\_beskrive\\_det\\_ugjennomtrengelige\\_-\\_en\\_vurdering\\_av\\_nasjonal\\_godsmodell.pdf](https://vista-analyse.no/site/assets/files/6278/va-rapport_2016-52_forsok_pa_a_beskrive_det_ugjennomtrengelige_-_en_vurdering_av_nasjonal_godsmodell.pdf).
- Hovi, Inger Beate og Stein Erik Grønland (2011). *Konkurransflater i godstransport*. TØI-rapport 1125/2011. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=16228>.
- Hovi, Inger Beate, Tron Even Skyberg og Knut Bøe (1999). *Konkurransflater i godstransport og intermodale transporter*. TØI-rapport 447/1999. Transportøkonomisk institutt. Kap. Sammen- drag. URL: <https://www.toi.no/getfile.php/134982-1170331957/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/1999/447-1999/447-1999-elektronisk.pdf>.
- Hovi, Inger Beate mfl. (2015). *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI-rapport 1393/2015. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=39781>.
- Islam, Dewan Md Zahurul, Stefano Ricci og Bo-Lennart Nelldal (2016). «How to make modal shift from road to rail possible in the European transport market, as aspired to in the EU Transport White Paper 2011». I: *European transport research review* 8.3, s. 18. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12544-016-0204-x>.
- Jernbanedirektoratet (2019a). *Godsstrategi - NTP 2022-2033*. URL: <https://www.jernbanedirektoratet.no/globalassets/strategier-og-utredninger/godsstrategi/godsstrategi---hovedrapport.pdf>.
- (2019b). *Nåsituasjon og muligheter for godstransport på jernbane*. URL: <https://www.jernbanedirektoratet.no/globalassets/strategier-og-utredninger/godsstrategi/delrapport-i---situasjonsbeskrivelse-og-potensialanalyse.pdf>.



- 
- Jernbanedirektoratet (2019c). *Tilleggsutredning Logistikknutepunkt i Trondheimsregionen*. Dokument nr.: 201800586-38. URL: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/f681dcd54df344de9be7f9c4c6e65208/tilleggsutredning-torgard--sekketerminal.pdf>.
- Jernbanedirektoratet, BaneNOR (2020). *Prioriteringer i jernbanesektoren. Nasjonal transportplan 2022-2033: Oppdrag 9*. URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/13a80858d58a47e1a23e944b7144ee9j-jernbanedirektoratet-og-bane-nor---prioriteringer-i-jernbanesektoren.pdf>.
- Langeland, Per Andreas og Ross Owen Phillips (2016). *Tunge kjøretøy og trafikkulykker*. TØI-rapport 1494/2016. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43094>.
- Lavoll, Øyvind Teodor (2016). «Utbygging av godsterminaler for jernbane». Masteroppg. NTNU.
- Lowe, David (2006). «Intermodal freight transport». I: Routledge. Kap. 13.
- Madslie, Anne, Christian Steinsland og Stein Erik Grønland (2015). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI-rapport 1429/2015. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43020>.
- Mjøsund, Christian S mfl. (2019). *Nordiske virkemidler for overføring av godstransport fra veg til sjø og bane*. TØI-rapport 1706/2019. Transportøkonomisk institutt. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=50612>.
- Modalohr (2003). *Modalohr: The succesfull rail/road transport solution*. Informal document No. 1. URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/inf-1e.pdf>.
- Nicolaisen, Tor (2020). Samtaler med Tor Nicolaisen ved Jernbanedirektoratet.
- NTP (2019). *Nasjonal transportplan 2022-2033: oppdrag 3*. URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/7588d552ed4e44f4991331a6013948f0/ntp-oppdag-3.pdf>.
- NVDB (2020). *Vegkart*. Vegdatabase Statens vegvesen.
- NyeVeier (Ukjent år). *Interaktivt kart for alle strekningene*. URL: <https://www.nyeveier.no/kart/>.
- OsloEconomics (2018). *Konkurranseanalyse av markedet for godstransport på jernbane*. OE-rapport 2018-35. URL: <https://osloeconomics.no/wp-content/uploads/Konkurranseanalyse-godstransport-29nov2018.pdf>.
- Riksrevisjonen (2018). *Riksrevisjonens undersøkelse av overføring av godstransport fra vei til sjø og bane*. Dokument 3:7 (2017–2018).
- Široký, Jaromír (2012). «The trends of road trailers systems for railways». I: *Perner's Contacts* 7.4, s. 137–151.
- Svingheim, Njål (2016). *Bygger beredskapsterminaler for godstrafikken*. Nyhet fra Bane NOR lest 26.11.2020. URL: <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2016/bygger-beredskapsterminaler-for-godstrafikken/>.
- Svinsås, Dag (2018). *Spenstig åpning for Heggstadmoen godsterminal*. Nyhet fra Bane NOR lest 27.11.2020. URL: <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2018/spenstig-apning-for-heggstadmoen-godsterminal/>.

---

## Vedlegg 1 - Flyttdiagram for fremgangsmåte

