

Masteroppgave

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Julie Hjortland
Nathalie Kornelia Rom Borø

Plassering av omlastingsterminal i region Trøndelag Sør

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Kelly Pitera

Medveileder: Inge Hoff

Juni 2021

Julie Hjortland
Nathalie Kornelia Rom Borø

Plassering av omlastingsterminal i region Trøndelag Sør

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Kelly Pitera
Medveileder: Inge Hoff
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



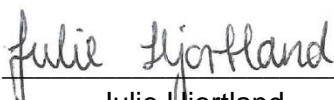
Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på det 5-årige masterstudiet *Bygg- og miljøteknikk* med fordypning i veg og transport ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven er gjennomført våren 2021 og bygger på en prosjektoppgave skrevet høsten 2020. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd (Rådet), basert på et ønske om å utrede mulighetene for å etablere mindre omlastingsterminaler langs jernbanene i regionen.

I arbeidet med oppgaven har vi fått god hjelp og støtte underveis. Vi ønsker å takke veilederne Kelly Pitera og Inge Hoff for gode tilbakemeldinger og bidrag i prosessen. Takk til Rådet ved Mari Løvli Yri, Ola Øie og Isak Veierud Busch for spennende oppgave og verdifullt samarbeid. Takk til masterstudent Jon Lofthus Aarsand for samarbeidet. I tillegg ønsker vi å takke professor Trude Tørset, doktorgradsstipendiat Ellen Heffer Flaata og Ali Taheri i Statens vegvesen for relevant informasjon og kunnskap rundt den Nasjonale godstransportmodellen og Cube. En stor takk rettes også til aktører i næringslivet som har bidratt med data og interessante innspill til oppgaven. Videre ønsker vi å takke familie som har bidratt med korrekturlesing og heining. En spesiell takk rettes også til hver vår samboer, Åshild og Eirik.


Nathalie Kornelia Rom Borø


Julie Hjortland

09.06.2021, Trondheim

Sammendrag

Det har vært en jevn vekst i godstransport på veg i Norge de siste årene. Samtidig forespeiler Nasjonal transportplan 2018-2029 nær en dobling i godstransport på veg frem mot 2050. Denne økningen antas å bli belastende ovenfor kapasiteten på transportårene, samt øke vegslitasje og utslipp. For å møte den voksende godsmengden med mer bærekraftige transportløsninger, har Regjeringen en ambisjon om at 30 % av godset på veg som fraktes over 300 km skal overføres til jernbane og skip innen 2030. For å tilrettelegge for en overføring fra veg til bane kreves mer effektive og økonomiske løsninger for godshåndteringen. I den forbindelse ser denne oppgaven på muligheten for å etablere en mindre omlastingsterminal i region Trøndelag Sør. Slike terminaler er per i dag ikke en del av terminalstrukturen i Norge, men vil kunne bidra til bedre godsløsninger ved å øke tilgjengeligheten til terminal og gjøre selve omlastingen enklere for brukerne.

Problemstillingen for oppgaven er: *“Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?”*. Den forsøkes besvart gjennom følgende forskningsspørsmål:

1. *Hvordan fordeler godsstrømmene seg på de sentrale transportårene i region Trøndelag Sør, nå og i et fremtidsscenario?*
2. *Hva er kravene som stilles for plassering og utforming av en omlastingsterminal?*
3. *Hvilken effekt på transportårene i regionen vil det ha å overføre deler av godstransporten fra veg til jernbane?*

Først er en godsstrømsanalyse ved bruk av den Nasjonale godstransportmodellen gjennomført. Den viser hvordan godset fordeler seg på nettverket, både i dag og i et fremtidsperspektiv for 2050, og dermed hvor det kan være aktuelt å plassere en terminal. Deretter er kunnskap rundt terminaler, terminalstruktur, samt hvilke krav og hensyn man må ta ved plassering og utforming av en mindre omlastingsterminal funnet gjennom en litteraturstudie. I tillegg er erfaringer og innspill hentet inn gjennom kontakt med næringslivet. Videre er de aktuelle områdene analysert i programvaren ArcMap for å komme frem til mulige plasseringer av terminalen, basert på funnene i litteraturstudien. Modelleringsverktøyet Infracore er benyttet til å skissere et forslag til terminalutforming. Til slutt er effekten av en økning i trafikk og godsoverføring vurdert gjennom kapasitetsberegninger.

Godsstrømsanalysen peker på Støren, Berkåk og Oppdal som mulige lokasjoner for en terminal gitt godsstrømmene. Videre analyse og vurdering viser at området rundt Støren stasjon er mest aktuelt for etablering av en omlastingsterminal. Området betjener både Dovre- og Rørosbanen, har hensiktsmessig beliggenhet i regionen og tilgang på eksisterende infrastruktur. Et forslag til utforming av dette området ved bruk av horisontal omlasting gjør det mulig å laste om 10 semitrailere samtidig på en effektiv måte. Kapasitetsberegninger for utvalgte vegstrekninger viser at trafikkøkningen frem til 2050 ikke vil skape store kapasitetsutfordringer på vegnettet i regionen, men vil være belastende for kryss og tettsteder. Kapasiteten på Dovrebanen er bortimot fullt utnyttet med dagens rutefordeling. Rørosbanen har potensial for mer godstransport grunnet tilgjengelig kapasitet, men mangler nødvendige oppgraderinger i infrastrukturen. Disse begrensningene vil gjøre det utfordrende å overføre gods til jernbane uten investeringer i jernbanenettet.

Gjennom metodene brukt i oppgaven og kunnskapen som er opparbeidet og presentert, fremkommer det at en terminal på Støren kan være en god løsning. Samtidig kreves det samfunnsøkonomiske analyser, inkludert videre studier av nødvendige investeringer for å øke kapasiteten på jernbanenettverket, for å styrke beslutningsgrunnlaget om Støren som lokasjon. Dette vil være nødvendig for politisk investeringsvilje.

Abstract

In recent years, freight transport by road has experienced steady growth in Norway. With this trend expected to continue, The National Transport Plan 2018-2029 estimates close to a 100 % increase in freight transport on roads by 2050. This growth is expected to negatively impact the capacity on the roads as well as lead to increased wear on the roads and emissions. To welcome this increase in freight volume with more sustainable transport solutions, the Norwegian Government has expressed an ambition that 30 % of the freight on roads that travel over 300 km should be transferred to either railway or ships by 2030. To facilitate this transfer from road to rail, more efficient and economic solutions for the handling of freight are required. In that regard, this thesis will look at the prospect of establishing a smaller transshipment terminal in the region of Trøndelag South. Such terminals are not a part of the Norwegian terminal structure today, but could be able to contribute to better freight solutions by increasing the availability of a terminal and making the actual transshipment easier for the users.

The thesis aims to address the following problem: "*Where could a transshipment terminal be located along the Røros and Dovre railway lines in the region of Trøndelag South to facilitate the transfer of goods from road to rail?*". The problem is answered through the following research questions:

1. *How are the goods streams distributed on the central roads and railways in the region of Trøndelag South, both today and in a future scenario?*
2. *What are the requirements for locating and designing a transshipment terminal?*
3. *What effect on the roads and railways could be experienced by transferring some of the goods from road to rail in this region?*

First, a goods stream analysis using the National freight transport model is performed. It shows how the goods are distributed on the network, both today and in 2050, and thus where it could be suitable to locate a terminal. Next, theory regarding terminals, terminal structure and the requirements and considerations for locating and designing a terminal are found through a literature study. In addition, experiences and input are retrieved through contact with the business. This allows for the relevant areas to be analyzed in the ArcMap software to decide on more detailed possible locations of the terminal. The modelling tool Infracore has been used to outline a proposal for a terminal design. Finally, the effect of an increase in traffic and freight transfer is assessed through capacity calculations.

The goods stream analysis points out Støren, Berkåk and Oppdal as possible locations for a terminal given the flow of goods. Further analysis and assessments show that the area around Støren station is most relevant for the establishment of a transshipment terminal. The area serves both the Røros and Dovre railway lines and has an appropriate location in the region and access to existing infrastructure. A proposal for the design of this area using horizontal transshipment makes it possible to load 10 semi-trailers at the same time in an efficient manner. Capacity calculations for selected road sections show that the increase in traffic until 2050 will not create major capacity challenges on the road network in the region, but will be inconvenient for intersections and towns. The capacity on the Dovre railway line is almost fully utilized with the current route distribution. The Røros railway line has the potential for more freight transport due to available capacity, but lacks necessary upgrades

in the infrastructure. These constraints will make it challenging to transition the goods to rail without investments in the rail network.

Through the methods used in the thesis and the knowledge that has been developed and presented, it emerges that a terminal at Støren can be a good solution. At the same time, socio-economic analyzes, including further study of the investments required to increase the capacity of the rail network, are required to strengthen the decision-making basis for Støren as a location. This will be necessary for political willingness to invest.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iv
Figurliste	ix
Tabelliste	xi
Begreper	xii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Målsetting	2
1.3 Samarbeid	3
1.4 Oppgavens struktur	3
1.5 Avgrensninger	4
2 Metode	5
2.1 Analyse av godsstrømmer	5
2.1.1 Kjøring av godstransportmodellen i Cube	6
2.1.1.1 Dagens fordeling	6
2.1.1.2 Fremtidsscenario 2050	7
2.1.2 Begrensninger	7
2.2 Litteraturstudie	8
2.2.1 Relevans og reliabilitet	8
2.3 Plassering av terminal	9
2.3.1 Begrensninger	9
2.4 Utforming av terminal	10
2.4.1 Begrensninger	10
2.5 Beregning av kapasitet	10
2.5.1 På vegnettet	11
2.5.2 På jernbanen	13
2.5.3 Begrensninger	14
2.6 Kontakt med næringslivet	15
2.6.1 Begrensninger	15
3 Godsstrømsanalyse	15
3.1 Den Nasjonale godstransportmodellen	16
3.1.1 Dagens fordeling	17
3.1.2 Fremtidsscenario 2050	21
3.2 Oppsummering	24
4 Teori	25
4.1 Terminaler	25

4.2 Plassering av terminal	26
4.2.1 Beliggenhet	28
4.2.2 Teknisk	29
4.2.3 Klima	30
4.2.4 Naturfare	31
4.2.5 Beredskap	32
4.3 Utforming av terminal	33
4.3.1 Erfaringer med mindre terminaler fra Sverige	33
4.3.2 Krav til utforming av terminaler	34
4.3.3 Teknologi	36
4.3.3.1 Horisontal omlasting	37
4.3.4 Terminaltype	39
4.4 Overføringspotensial	40
4.4.1 Fremtidsscenario 2050	41
4.4.2 Kapasitet og overføringspotensialet	42
4.4.2.1 Kapasitet på vegnettet	42
4.4.2.2 Kapasitet på jernbanen	45
4.4.2.2.1 Kapasitet i et fremtidsperspektiv	47
4.4.2.3 Overføringspotensialet og effekt av overføring	48
5 Resultat og diskusjon	51
5.1 Plassering av terminal	51
5.1.1 Område A - Støren	52
5.1.2 Område B - Berkåk	56
5.1.3 Område C - Oppdal	60
5.1.4 Oppsummering	66
5.2 Utforming av terminal	71
5.3 Kapasitet og godsoverføring	74
5.3.1 Kapasitet på vegnettet	74
5.3.2 Kapasitet på jernbanen	78
5.3.2.1 Overføringspotensialet	80
5.3.3 Effekt av overføring	81
5.4 Diskusjon	83
5.5 Resultatenes gyldighet	85
6 Konklusjon	87
7 Anbefalinger	88
Referanseliste	89
Vedlegg	99
Vedlegg 1	99
Vedlegg 2	102
Vedlegg 3	106
Vedlegg 4	112
Vedlegg 5	113

Vedlegg 6
Vedlegg 7

114
117

Figurliste

Figur 1: Utklipp av grafisk togrute fra blad nr. 11, hentet fra Bane NOR (2021a).....	14
Figur 2: Nettverk av veger og jernbanelinjer i region Trøndelag Sør. Egenprodusert figur.....	17
Figur 3: Forenklet nettverk over fordeling av gods. Godsmengdene er oppgitt i tonn på jernbanen (svart) og vegnettet (rødt). Tykkelsen på lenkene illustrerer størrelsen på godsmengdene. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.....	18
Figur 4: Modellerte godsstrømmer på veg og bane i området Støren - Berkåk - Oppdal. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.....	19
Figur 5: Modellerte godsstrømmer for 2050 vist i 1000 tonn fordelt på vegnettet og jernbanenettet i området som er aktuelt for en omlastingsterminal. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.....	22
Figur 6: Bosettingsmønstre for områdene rundt Oppdal, Berkåk og Støren. Egenprodusert kart med data fra SSB (2019).....	28
Figur 7: Middelterperaturer for Sæter i Oppdal kommune, Soknedal i Midtre Gauldal kommune og Lade i Trondheim kommune. Figur er hentet fra Norsk Klimaservicesenter (u.å).....	31
Figur 8: Terminal med lettcombi-system, der omlasting skjer ved hjelp av en gaffeltruck som kan fraktes med toget. Figur er hentet fra Nelldal <i>et al.</i> (2005).....	34
Figur 9: Semitrailer som rygger inn på en Megaswing-togvogn. Figur hentet fra Kockums Industrier (2010).....	38
Figur 10: Omlasting mellom bil og bane ved hjelp av systemet ContainerMover fra Innovatrain. Figur hentet fra InnovaTrain (u.å).....	39
Figur 11: Light Combi Terminal. Figur hentet fra Woxenius <i>et al.</i> 2003).....	40
Figur 12: Terminal utformet for bruk av Modalohr. Figur hentet fra Lohr Railway system (2017).....	40
Figur 13: Flaskehals på E6 og Riksvei 3. Egenprodusert figur.....	43
Figur 14: Kapasitetsutnyttelse på jernbanenettverket i 2016. Figurer er hentet og modifisert fra Jernbanedirektoratet (2016).....	47
Figur 15: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Støren-området. Egenprodusert figur.....	53
Figur 16: Arealformålene for område A1, med rød linje rundt de aktuelle områdene for terminal. Egenprodusert figur.....	54
Figur 17: Arealformålene for område A2, med rød linje rundt de aktuelle områdene for terminal. Egenprodusert figur.....	55
Figur 18: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Berkåk-området. Egenprodusert figur.....	57
Figur 19: Arealformålet i kommuneplanens arealdel for område B1, nord for Berkåk. Egenprodusert figur.....	58

Figur 20: Arealformålet i kommuneplanens arealdel for område B2, nord for Berkåk. Egenprodusert figur.....	59
Figur 21: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Oppdal-området. Egenprodusert figur.....	61
Figur 22: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C1 i Oppdal. Egenprodusert figur.....	62
Figur 23: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C2 i Oppdal. Egenprodusert figur.....	63
Figur 24: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C3 i Oppdal. Egenprodusert figur.....	64
Figur 25: Resultatet fra analysen i ArcMap og hvilke områder som er aktuelle under de gitte kriteriene. Egenprodusert figur.....	66
Figur 26: Nærbilde av det valgte området A2. Egenprodusert figur.....	70
Figur 27: Det markerte området (rød omriss) i Støren viser området hvor det skal skisseres et forslag til terminalløsning. Kart hentet og modifisert fra norgeskart.no.....	71
Figur 28: 3D-skisse av mulig terminalutforming. Egenprodusert skisse i Infracore.....	72
Figur 29: 3D-skisse av eksisterende Støren stasjon og mulig terminalutforming. Egenprodusert skisse i Infracore.....	73
Figur 30: Kart over utvalgte vegstrekninger brukt til kapasitetsberegninger. Egenprodusert figur.....	74

Tabelliste

Tabell 1: Døgnvariasjonskurve, hentet fra Statens vegvesen (2014a).....	12
Tabell 2: Friksjon ved ulike fartsgrenser, hentet fra Statens vegvesen (2014b).....	13
Tabell 3: Godsmengder (1000 tonn) som passerer lenken ved et gitt sted i gitt retning i 2018. Data er hentet fra den Nasjonale godstransportmodellen.....	20
Tabell 4: Godsmengder (1000 tonn) som passerer lenken ved et gitt sted i gitt retning i 2050. Data er hentet fra den Nasjonale godstransportmodellen.....	23
Tabell 5: Snølast i ulike kommuner i Trøndelag, hentet fra Standard Norge (2018).....	31
Tabell 6: Oversikt over lastetider og nødvendig plass for omlastning ved et utvalg omlastingsmetoder, hentet fra Klemenčič og Burg (2018).....	36
Tabell 7: Trafikkmengder på ulike strekninger i regionen, hentet fra vegkart.no.....	42
Tabell 8: Flaskehals.....	44
Tabell 9: Fordeler og ulemper ved hver aktuelle lokasjon.....	67
Tabell 10: ÅDT, tungbilandel og trafikkmengde i makstime på ulike strekninger i regionen, i 2019-tall. Verdier hentet fra vegkart.no og Håndbok V714.....	75
Tabell 11: ÅDT og trafikkmengde i makstime, i 2050-tall. Beregnet med utgangspunkt i verdier fra Tabell 10.....	76
Tabell 12: Beregnet volum ved ulik hastighet. Utreget basert på Statens vegvesens køteori.....	77
Tabell 13: Prognoseverdier for trafikkmengde i 2050 for personbiler og beregnet kapasitet for personbiler fra Tabell 12.....	78
Tabell 14: Reisetid og togfølgetid på utvalgte strekninger på Røros- og Dovrebanen. Lest ut fra grafiske ruteplaner til Bane NOR (2021a).....	79
Tabell 15: Overføringspotensial med tiltaket øke toglengde fra 450 m til 600 m, samt 33 % økning i kapasitet (1000 tonn). Tabell er hentet fra EZ_freight for år 2050.....	82
Tabell 16: Endring i ulykkesfrekvens for godstog og tung lastebil dersom godstoglengden økes fra 450 til 600 m på Dovrebanen. Tabell hentet fra EZ_freight for år 2050.....	82
Tabell 17: Reduksjon i CO ₂ -utslipp som følge av økt toglengde. Tabell hentet fra EZ_freight for år 2050.....	83

Begreper

Arealformål: Viser til hvilket formål et areal beskrevet i kommuneplanens arealdel kan benyttes til.

Biltog: Tog som transporterer biler.

Intermodal (transport): "(...) betyr at to eller flere transportformer inngår i en transportkjede" (Spurkeland, 2021a).

Kabotasje: "Transport av personer og gods med et transportmiddel innenlands i en annen stat enn der transportmiddelet hører hjemme" (Spurkeland, 2020a).

Kapasitetsuavhengig nettfordeling: Hastigheten på lenken avhenger ikke av kapasiteten, men det som er lagt inn som fartsgrense i modellen, og vil ikke reduseres ved økt trafikkmengde (Tørset, 2015).

Kryssingsspor: En strekning med dobbeltspor og sporveksler i begge ender hvor togene kan møte hverandre (Jernbaneverket, 2012).

Lastbærer: Paller, containere eller andre midler som hjelper til ved frakt av varer (Spurkeland, 2021b). Eies av bedrifter som Bring, Postnord og Schenker.

Level of Service (LoS): Beskriver kvaliteten på trafikkflyten gitt parametre som hastighet og ÅDT.

Samlastterminal: En terminal der små sendinger som skal til samme mottaksterminal lastes sammen i containere (Ottesen, 2012).

Semitrailer: "Godstilhenger hvor fremre del hviler på en trekkvogn" (Spurkeland, 2020b).

Sporvidde: Avstanden mellom innsiden på jernbaneskinnene.

TEU: TEU står for "Twenty feet Equivalent Unit", og er et internasjonalt standardmål for en container, som er 20 fot lang, 8 fot bred og 8 fot høy (Jernbanedirektoratet, 2017).

Teoretisk kapasitet: Togene kjører så tett signalsystemet tillater med høy hastighet, og det tas ikke høyde for forsinkelser (Jernbanekompetanse, u.å).

Togfølgetid: Avstanden mellom følgende tog som gjør at det bakerste toget kan kjøre med trygg avstand i full hastighet (Jernbanekompetanse, u.å).

TOS: Terminaloperative systemer.

Transportarbeid: Måles i tonnkilometer, og beskriver arbeidet kjøretøyet utfører ved å frakte en mengde gods over en avstand (Statens vegvesen, u.å).

Vekselflak: Brede og høyere enn vanlige containere, med fester i bunn som gjør at de må løftes i bunnen av rammen og ikke kan stables oppå hverandre (TØI, 2018).

Rullende materiell: "Skinnegående lokomotiver, motorvogner, vogner og arbeidsmaskiner" (Bane NOR, 2015).

Ruteleie: "Den infrastrukturkapasitet som er nødvendig for å kjøre et tog mellom to steder innenfor et gitt tidsrom." (Jernbanedirektoratet, 2017, s. 45)

ÅDT: Årsdøgntrafikk. Gjennomsnitt av daglig trafikkmengde, med utgangspunkt i årlig trafikkmengde (Statens vegvesen, u.å).

1 Introduksjon

Dette kapittelet inneholder bakgrunnen for oppgaven, målsetting, samarbeidet som ligger til grunn, oppgavens struktur og avgrensning.

1.1 Bakgrunn

De siste tiårene har det vært en stor vekst i godstransporten i Norge. Godstransportsektoren har økt med et årlig gjennomsnitt på 4,2 % fra 1997 til 2017 (Hovi *et al.*, 2017), som inkluderer en økning både i transportavstand og transporterte tonn. Ifølge en rapport utarbeidet av Transportøkonomisk institutt (TØI) i forbindelse med Nasjonal transportplan (NTP) 2018-2029, forventes det nærmest en dobling i mengden transportarbeid for gods på veg og 85 % vekst i gods på jernbane i perioden 2016-2050 (Hovi *et al.*, 2017).

I mars 2021 ble Nasjonal transportplan for 2022-2033 lagt fram. Der fremgår det at "Nasjonal transportplan 2022-2033 skal bygge opp under ambisjonen om å halvere utslippene fra transportsektoren innen 2030 og bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål" (Meld. St. 20 (2020–2021), s. 13). I dag står vegtransporten for 17 % av de totale klimagassutslippene i Norge (Miljøstatus, 2020). En økning i vegtransport som anslått av TØI vil bli belastende både overfor det lokale miljøet langs transportårene, for utslipp på nasjonal basis og for kapasiteten på enkelte vegstrekninger. I tillegg til at et potensielt kapasitetsproblem vil medføre større transportutgifter, lengre reisetid og mer utslipp, vil denne økningen i godstransport også kunne påvirke trafikksikkerheten og slitasjen på vegnettet (Meld. St. 33 (2016–2017)). Som et virkemiddel i å nå målene om reduksjon i utslipp, har Regjeringen som ambisjon å flytte 30 % av godset som reiser over 300 km fra veg til jernbane eller sjøtransport innen 2030 (Meld. St. 20 (2020–2021)).

Vegtransport er det viktigste reisemiddelet for frakt av gods i Norge. Spesielt over korte avstander er vegtransportens fleksibilitet og tilgjengelighet suveren sammenlignet med jernbanetransport, som opererer på faste strekninger til stort sett faste tider (Oslo Economics, 2015). En annen utfordring for jernbanetransport i Norge er det langstrakte landet. Lange avstander mellom terminalene gjør at store områder ikke har tilgang på godsterminaler. Det gjør at distribusjonsavstanden mellom sender/mottaker og terminal kan være lang, og at jernbanen ofte taper konkurransen mot vegtransport fordi "(...) jo lengre det er mellom sender/mottaker og jernbaneterminalen, jo lengre må den totale transportavstanden være for at toget skal kunne konkurrere med lastebil" (Schlaupitz, 2013, s. 6). Over lange avstander kan lønnsomheten for godstransport på jernbane være bedre enn for biltransport, hvor 500 km ofte defineres som minste lønnsomhetsgrense for jernbanetransport med vegtransport i begge ender (Miljødirektoratet, u.å). Utfordringen for slike transporter blir dermed å senke denne lønnsomhetsgrensen slik at jernbanen kan konkurrere mot vegtransport også på kortere avstander ned mot 200 km (Woxenius, 1997). En måte å senke denne grensen på er å gjøre banetransport billigere og mer effektivt. Dette gjelder særlig omlastingene som står for en stor andel av kostnadene ved intermodal transport. En slik effektivisering kan bidra til å nå Regjeringens mål om godsoverføring.

Som nevnt vil tilgjengeligheten til terminal, samt godstype og økonomisk lønnsomhet for transporten, spille inn på beslutningen om valg av reisemiddel for godset. De viktigste kriteriene for valg av godsreisemiddel avhenger, ifølge en undersøkelse gjort av Liu (2016), i størst grad av transportkostnader, deretter påliteligheten til reisetid, dør-til-dør-reisetid, så fleksibilitet og frekvens. Den minst viktigste faktoren for respondentene viser seg å være reduksjon i CO₂-utslipp (Liu, 2016). Det indikerer at man er avhengig av at bærekraftige løsninger også er økonomisk gunstige, dersom de skal bli et naturlig førstevalg for transport av gods. Med bærekraft menes her en "(...) utvikling som tilfredsstillende dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstillende sine behov" (FN, 2019). Jernbanetransport har et lavere klimaavtrykk enn vegtransport, der en stor bil slipper ut tre ganger så mye CO₂ per km som et elektrisk persontog (Helle, 2020).

Trøndelag er et knutepunkt mellom Sør- og Nord-Norge, der flere viktige transportårer passerer. Gjennom regionen Trøndelag Sør, med kommunene Holtålen, Melhus, Midtre Gauldal, Rennebu, Oppdal og Røros, går både E6, Riksvei 3, Rørosbanen og Dovrebanen. E6 og Riksvei 3 er stedvis høyt trafikkerte veger som vil berøres direkte av en fremtidig økning i trafikk. I dag er ca. hvert tredje kjøretøy på Riksvei 3 gjennom Østerdalen et tungt kjøretøy. På E6 over Dovrefjell er ca. hvert fjerde kjøretøy tungtransport (vegkart.no). Med prognosene for økning i transport gitt av TØI, vil disse vegene oppleve en stor vekst i både person- og godstrafikk i fremtiden.

Terminalstrukturen i Trøndelag baserer seg, i likhet med resten av Norge, på få og store godsterminaler. I dag er det terminalene på Brattøra og Heggstadmoen i Trondheim som distribuerer godset på jernbanene i regionen (Bane NOR, u.å.a). De siste tiårene har det vært diskusjoner rundt utvikling av ny terminal i Trondheim for å frigjøre arealene på Brattøra, der Jernbanedirektoratet i 2015 anbefalte en utbygging av Torgård (Svingheim, 2015). Dette forslaget ble vurdert til å bli for kostbart, og i NTP 2022-2033 konkluderer Regjeringen med at det er terminalen på Heggstadmoen som skal ta over som en samlet terminal i Trondheimsområdet (Meld. St. 20 (2020–2021)). Denne oppgaven vil se på godslogistikk i Trøndelagsregionen fra et annet perspektiv, der man etablerer mindre terminaler i distriktet som supplement til de store terminalene. I dette tilfellet vil det kun sees på etablering av én mindre terminal.

1.2 Målsetting

Som et virkemiddel i å overføre godstransport fra veg til jernbane, er det altså foreslått som en mulighet å etablere en mindre omlastingsterminal i distriktet for å øke tilgjengeligheten til jernbanen. Med mindre omlastingsterminal menes en småskala og enkel terminal, der godsmengdene som lastes om er forholdsvis små og flyttes direkte mellom vegtransport og bane uten mellomagring. Målet med masteroppgaven er å tilrettelegge for en godsoverføring ved å svare på følgende problemstilling:

Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?

Med oppgaven ønskes det å øke kunnskapen rundt bruk av mindre omlastingsterminaler som en komplementering til den eksisterende terminalstrukturen, for å se om det kan ha en

effekt på overføring av gods fra veg til bane. Problemstillingen vil besvares gjennom arbeid med tre forskningsspørsmål. Disse er:

1. *Hvordan fordeler godsstrømmene seg på de sentrale transportårene i region Trøndelag Sør, nå og i et fremtidsscenario?*
2. *Hva er kravene som stilles for plassering og utforming av en omlastingsterminal?*
3. *Hvilken effekt på transportårene i regionen vil det ha å overføre deler av godstransporten fra veg til jernbane?*

1.3 Samarbeid

Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med *Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd* (heretter kalt Rådet), etter et ønske fra deres side om å se på potensialet for og mulige plasseringer av en mindre omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i deres region. Samarbeidet har foregått gjennom jevnlig møter med kontaktpersoner i Rådet. Rådet har bidratt med kontakter i næringslivet og verdifulle innspill. Arbeidet med den Nasjonale godstransportmodellen og godsstrømsanalysen i Kapittel 3 er gjort i samarbeid med masterstudent Jon Lofthus Aarsand. Han skriver en oppgave med utgangspunkt i samme tema som denne oppgaven, men med et annet perspektiv. Et felles sammendrag av de to masteroppgavene ligger i Vedlegg 7.

Det er vist stor interesse og engasjement rundt masteroppgaven i kontakt med næringslivet. En målsetting er at oppgaven skal kunne ha betydning også utenfor Rådet, for å bidra til nye perspektiver på løsninger for godslogistikk i regionen.

1.4 Oppgavens struktur

For å gi leseren en oversikt over oppgavens struktur, vil innholdet og formålet med hvert kapittel presenteres kort. Oppgaven er delt inn i syv kapitler, inkludert introduksjonskapittelet som ikke gis videre presentasjon.

Kapittel 2, Metode: I dette kapittelet presenteres metodene som er brukt for å løse problemstillingen, samt begrensningene som ligger inne i oppgaven. Formålet er å gjøre oppgaven etterprøvable, samt gjøre fremgangsmåten forståelig og tilgjengelig for leser.

Kapittel 3, Godsstrømsanalyse: Dette kapittelet inneholder godsstrømsanalysene, der resultatene viser dagens og fremtidig fordeling av gods på veg- og jernbanenettet. Godsstrømsanalysen gjennomføres før teorien i oppgaven fordi den legger grunnlaget for det videre arbeidet.

Kapittel 4, Teori: Teori-kapittelet består av generell teori om terminaler og terminalstrukturen i Norge, og om krav til plassering og utforming av terminal. Deretter presenteres teorien som ligger til grunn for kapasitetsberegninger og overføringspotensial. Teori er funnet gjennom en litteraturstudie. Formålet med dette kapittelet er å gi en forståelse for hva de vurderingene som gjøres senere i oppgaven bygger på.

Kapittel 5, Resultat og diskusjon: Resultatene fra den tekniske analysen gjort i ArcMap, samt kapasitetsberegninger og skisser av terminalutforming, vises her. Resultatene

diskuteres underveis, etterfulgt av en oppsummerende diskusjon. Avslutningsvis diskuteres resultatenes gyldighet.

Kapittel 6, Konklusjon: Her oppsummeres hovedfunnene i oppgaven, for å gi en oversiktlig og konsis konklusjon på problemstillingen.

Kapittel 7, Anbefalinger: Her presenteres noen anbefalinger om hva som vil være neste steg i en eventuell etablering av en mindre omlastingsterminal i regionen.

1.5 Avgrensninger

Oppgaven avgrenses til det geografiske området som utgjør kommunene i region Trøndelag Sør. Disse er Holtålen, Røros, Midtre Gauldal, Rennebu, Melhus og Oppdal. Trondheim, som den største kommunen i Trøndelag hva gjelder innbyggertall, godsmengder og godsterminaler, grenser til denne regionen og vil derfor også inngå i oppgaven.

En naturlig begrensning ved oppgaven er tidsaspektet, som spiller inn på mengde data og litteratur som samles inn. Det vil alltid være mer kunnskap tilgjengelig.

Grunnet den pågående korona-pandemien har alle møter med veiledere, Rådet og andre i næringslivet foregått digitalt. Presentasjoner av oppgaven har også blitt holdt digitalt. På grunn av strenge restriksjoner har det tidvis vært vanskelig for masterstudentene å møte hverandre fysisk, slik at noe av samarbeid om skriving av oppgaven har foregått digitalt. Hjemmekontor har derfor blitt tatt i bruk med jevne mellomrom, noe som tidvis har innebært utfordrende arbeidsforhold. Digitale løsninger for møter og presentasjoner fungerer stort sett godt, men gjør også at man ikke oppnår samme kommunikasjon og relasjoner som ved et fysisk møte. Det er vanskelig å si konkret hvilken innvirkning denne situasjonen har hatt på sluttresultatet, men det er rimelig å anta at det i noe grad har påvirket samarbeidet.

2 Metode

Denne masteroppgaven bygger på en prosjektoppgave skrevet høsten 2020 i emnene TBA4541 og TBA4542, med samme tittel som denne oppgaven. I prosjektoppgaven ble det gjennomført en litteraturstudie, der relevante deler er benyttet videre i denne oppgaven. Litteraturstudien er komplementert i masteroppgaven, som en viktig del av metoden for å øke kunnskapen om temaene.

Masteroppgaven er gjennomført ved bruk av både kvalitativ og kvantitativ metode, der en kombinasjon av disse forsøker å besvare forskningsspørsmålene på best mulig måte. Ved bruk av kvantitativ metode er resultater fra godsstrømsanalysen presentert grafisk i form av kart og tabeller. Kvalitativ metode ligger til grunn for kontakt med næringslivet, der erfaringene og innspill rundt problemstillingen for oppgaven fra ulike aktører kommer til uttrykk. Denne kontakten har i stor grad foregått gjennom mailutveksling, men også ved digitale møter.

Problemstillingen *“Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?”* er forsøkt besvart ved bruk av forskningsspørsmål, og ligger til grunn for arbeidet med oppgaven. Forskningsspørsmål 1 er besvart gjennom en analyse av godsstrømmer. Forskningsspørsmål 2 er vurdert ut ifra en litteraturstudie, hvor funnene danner grunnlaget for analysene utført i ArcMap. Forskningsspørsmål 3 bygger på kapasitetsberegninger, litteratur, godsstrømsanalyser og kontakt med næringslivet. De ulike metodene vil bli presentert videre i dette kapittelet.

2.1 Analyse av godsstrømmer

“Lokalisering av en ny godsterminal er i stor grad avhengig av hvordan varestrømmen er – og vil bli” (Bårdstu, 2011, s. 26). En analyse av godsstrømmene danner grunnlaget for selve oppgaven, som er å komme fram til aktuelle plasseringer av omlastingsterminaler basert på godsstrømmene. Etter kontakt med professor Trude Tørset i forbindelse med prosjektoppgaven ble den Nasjonale godstransportmodellen, som presenteres i Kapittel 3, vurdert til å være det beste datagrunnlaget tilgjengelig for godsstrømmer. Tilgangen til dataene ble gitt av Ali Taheri ved Statens vegvesen. Analysen av godsstrømmene ble gjort i programvaren Cube, et program som analyserer transportdata. Analysen gir svar på hvor godset beveger seg, samt avreisested og destinasjon. Innføring i den Nasjonale godstransportmodellen og Cube ble gjort i arbeidet med prosjektoppgaven høsten 2020.

Målet med bruk av den Nasjonale godstransportmodellen i Cube var å finne svar på hvordan godsmengder fordeler seg på ulike transportmidler og transportnettverk. Fordelingen av både dagens og fremtidens godsstrømmer var av interesse. Dagens godsfordeling baserer seg på innhentet data fra 2018. Godsfordelingen for 2050 er basert på dagens fordeling og fremskrivninger.

2.1.1 Kjøring av godstransportmodellen i Cube

Den Nasjonale godstransportmodellen er en modell for godstransport i og til/fra Norge, som kan brukes til å analysere godsstrømmene til ulike varegrupper og reisemidler. Den er utviklet av de norske transportetatene og Avinor, med hjelp av det nederlandske firmaet Significance (Madslie, Steinsland og Grønland, 2015). Modellen som ble brukt i denne oppgaven inneholder data fra basisåret 2018, samt et scenario med fremskrivninger til 2050. Dataene i modellen er en forenkling av varestrømmene i Norge, og er basert på data fra 2016. Scenario for 2018 ble brukt som basisdata for dagens fordeling og som sammenligningsgrunnlag for et fremtidsscenario. Scenarioet for 2050 ble benyttet for å se på utviklingen i godsstrømmer.

Godstransportmodellen består av fire hovedtrinn: inndata, LoS-data (Level of Service), logistikkmodell og nettutlegging (Madslie, Steinsland og Grønland, 2015). Inndata inneholder informasjon om blant annet transport- og terminalkostnader. LoS-data er viktig for beregning av generaliserte kostnader, som er grunnlaget for beregning av reisetids- og distansematriser. Det gjøres ikke endringer i inndata og LoS-data utover det som er beskrevet senere med tanke på drivstoffpris. Logistikkmodellen bruker inndata og LoS-data til å beregne tonnmatriser. Dette er matriser som beskriver transportstrømmene mellom soner og terminaler. Siste trinn er nettutlegging der tonnmengdene fordeles på nettverket, som vises i Figur 4 og 5 i Kapittel 3.

2.1.1.1 Dagens fordeling

Dagens fordeling av godsmengde på ulike transportmidler og -nettverk ble funnet gjennom kjøring av godsmodellen i Cube. Drivstoffprisene som lå inne i modellen ble vurdert til å ikke være realistiske, så modellen ble kjørt med ny drivstoffpris for 2018: 14,86kr/l (SSB, 2021a). Ellers ble det ikke gjort noen endringer i modellen i arbeidet med oppgaven. Resultatfilen *basis2018_netfordeling_detaljert.NET* ga tonnmatriser som inneholdt både transportmåte og varegruppe, som ble brukt til analysen. Dataene i resultatfilen ble eksportert fra Cube til ArcMap, der illustrasjoner og kart av godsstrømmene ble laget. I ArcMap kan man se på den sammensetningen av varegrupper og transportmiddel man selv ønsker. Her kan man bruke "Field Calculator" for å slå sammen ulike grupper. Dette ble gjort med lastebil og modulvogntog for å vise de totale godsstrømmene på vegnettet, og med eltog og dieseltog for å vise de totale godsstrømmene på jernbanenettet.

2.1.1.2 Fremtidsscenario 2050

Det var ønskelig å se på fremtidsscenario for 2050, både med og uten kapasitetstiltak, for å se hvilken effekt ulike tiltak kan ha i fremtiden.

Uten tiltak

Modellen for fremtidsscenarioet 2050 ble kjørt på samme måte som for 2018. Forskjellen fra 2018 til 2050 var at det ble benyttet et referansenettverk hvor det skal være lagt inn en del endringer knyttet til planlagte samferdselsprosjekter som vil være ferdig innen 2050. Hvilke prosjekter det gjelder er beskrevet i vedlegget til en TØI-rapport av Madslie, Hulleberg og Kwong (2019). For region Midt gjelder dette blant annet E6 mellom Ulsberg og Melhus, og mellom Ranheim og Åsen.

Med tiltak

Kapasitetsmodulen til den Nasjonale godstransportmodellen i Cube var under arbeidet ikke operativ, og det ble derfor tatt i bruk annen en kapasitetsmodell, EZ_freight, utviklet av Jernbanedirektoratet. EZ_freight består av ulike lag i et Excel-dokument der man kan legge inn kapasitet, tiltak, tog lengde, kostnader ved omlasting og andre relevante faktorer. Dataene i modellen tar utgangspunkt i den Nasjonale godstransportmodellen og andre rapporter for prognoser og kostnader for transport. Modellen ble brukt for å se hvor mye gods som kan overføres til jernbane dersom ulike jernbaneinvesteringer gjennomføres og kapasiteten på jernbanen øker. Endringene som ble lagt inn var en økning i tog lengde fra 450 m til 600 m for strekningen Oslo - Trondheim, samt en økning i godsmengde tilsvarende økningen i tog lengde, dvs. 33 % økning. Denne tog lengden er valgt fordi det er et mål i NTP om å legge til rette for 600 m lange godstog på Dovrebanen. Målet er at det skal "(...) gi lavere enhetskostnader, utnytte trekraften i moderne lokomotiv og øke transportkapasiteten (...)" (Meld. St. 20 (2020-2021), s. 226).

2.1.2 Begrensninger

En begrensning ved bruk av programvaren Cube og den Nasjonale godstransportmodellen er tidsaspektet på arbeidet med oppgaven, der man ved bruk av mer tid ville fått en større forståelse av modellen og for bruk av programmet.

Modellen EZ_freight var i en tidlig fase av utviklingen da den ble brukt i oppgaven, slik at en fullstendig brukerveiledning ikke var tilgjengelig. Det begrenset bruken av modellen til kun å inkludere det mest intuitive. Ved bruk av lengre tid eller gjennomføring av oppgaven på et senere tidspunkt ville det eksistert en mer utfyllende brukerveiledning. Det ville gitt større forståelse for datagrunnlaget i modellen, samt input og output, som ville gjort det mulig å ta i bruk EZ_freight i enda større grad.

De modellerte dataene i den Nasjonale godstransportmodellen er begrenset til å inneholde informasjon om godsets avsender- og mottakeradresser, samt sendingsstørrelse og frekvens. Videre beregner programmet selv hvilken transportløsning som er den mest lønnsomme for hver sending, og modellerer deretter dette. Persontransport er ikke lagt inn i modellen, slik at beregnet kostnad er basert på en kapasitetsuavhengig nettfordeling på veg. Dette er ikke tilfellet overalt og kan gi uriktige kostnadsestimater for et transportmiddel. Dermed kan det også være uriktige transportmiddelvalg i modellen sammenlignet med det faktiske.

Dataene i godstransportmodellen er fra 2018, noe som gjør at dataene antakelig er noe endret for dagens situasjon i 2021. Samtidig som antall kjøretøy antas å øke frem mot 2050, vil det også være en utvikling i veg- og baneprosjekter innen den tid. Dataene fra 2018 ble brukt som en basis for fremtidsscenario 2050, og på tross av usikkerhetene rundt fremtidens utvikling av transport ble dataene vurdert til å ha stor nok aktualitet for oppgavens formål. Nettverket i godstransportmodellen var også en begrensning da det var usikkert om hele nettverket og dets egenskaper er implementert korrekt i modellen. Det kan medføre feil i godsstrømmene som følge av at godset velger rute basert på et nettverk som ikke er riktig. Dette er feil som vil være vanskelig å oppdage dersom man ikke har kunnskap om hvordan

godset fordeler seg i utgangspunktet. Derfor ble godsstrømmene sammenlignet med trafikkdata fra vegkart.no på noen relevante strekninger.

Det finnes alltid en sannsynlighet for feilkilder ved bruk av data og analyser, enten feil som ligger inne i programvaren, ved uriktig informasjon eller at resultatene brukes feil. Det vil si at resultatene ikke kan brukes ukritisk, men bør vurderes nærmere basert på resultatenes bruksområde.

2.2 Litteraturstudie

Relevant kunnskap om temaet som presenteres i Kapittel 4 er hentet inn gjennom databasesøking og snowballing. I databasene Oria og Google Scholar er søkeord som “intermodal terminals”, “freight transport”, “horizontal transshipment” og “road to rail” med tilleggsord som “environment” og “rail” benyttet. Snowballing vil si at referanser brukt i relevante artikler vurderes, og deretter at litteraturlista i følgende artikler er undersøkt. I tillegg ble noe litteratur skaffet gjennom veiledere, Rådet og andre kontakter.

Litteraturstudien ble gjennomført for å få både en bred og spisset forståelse av hvordan godstransport fungerer på veg og jernbane. Det innebærer generell systemforståelse for godstransport og godshåndtering, kunnskap om terminaler, tilstand og kapasitet på eksisterende infrastruktur. Litteraturstudien ble også brukt til å tilegne seg kunnskap om bruk av programvare.

2.2.1 Relevans og reliabilitet

Litteraturen som ble hentet inn fra Oria ble valgt basert på om det var fagfellevurdert, som vil si at kildene er kvalitetssikret av eksperter. Den fagfellevurderte litteraturen ble vurdert til å være troverdig. Publikasjonene som ble hentet fra databaser som Google Scholar ble vurdert ut ifra deres opplevde objektivitet, om forskningen stemmer overens og henger sammen med resultatene fra annen forskning.

Det foreligger en del norsk litteratur og utredninger på norsk jernbane og transportinfrastruktur, men det finnes lite forskning på bruk av mindre omlastingsterminaler. Derfor ble det sett til utenlandsk litteratur der det finnes noe mer forskning og erfaringer innenfor temaet. Deler av den utenlandske litteraturen var kun tilgjengelig på originalspråket og var derfor vanskelig å forstå. Omfanget i litteratur fra utlandet er også begrenset, og det kan i så måte sies å være et kunnskapshull i litteraturen som omhandler temaer rundt mindre omlastingsterminaler direkte. På en annen side er omfanget av utenlandsk litteratur rundt et grønt skifte fra vegtransport til jernbanetransport relativt stort, blant annet på grunn av en rekke forskningsprosjekt i regi av EU-initierte Shift2Rail (Shift2Rail, u.å).

En naturlig barriere for innsamling og gjennomgang av relevant litteratur er tidsaspektet. Selv om arbeidet med masteroppgaven går over et helt semester vil det alltid være litteratur med større eller mindre deler av relevans å innhente, slik at man aldri vil få den hele og fulle oversikten over temaet. Det ble derfor forsøkt å finne den litteraturen som syntes å ha mest aktualitet for arbeidet med problemstilling og forskningsspørsmål i denne oppgaven.

2.3 Plassering av terminal

Selv om plassering av ny omlastingsterminal i stor grad avhenger av godsstrømmene, vil det også være andre hensyn å ta. Litteraturstudien ble benyttet for å komme frem til hvilke krav som er gjeldende ved plassering av en terminal. Disse presenteres i Kapittel 4.2.

Da godsstrømsanalysen og litteraturstudien var gjennomført, ble det startet med å hente inn relevante data for disse områdene basert på kravene det var kommet frem til. Relevante data, som terreng- og banedata, ble hentet fra Kartkatalogen (Geonorge, u.å) og en intern dataportal hos NTNU, samt gjennom kontaktpersoner. Disse dataene ble brukt til en teknisk analyse i GIS for å komme frem til aktuelle plasseringer i regionen. GIS står for geografisk informasjonssystem og er ikke en bestemt programvare, men en type programvare der man kan analysere geografiske data (ESRI, u.å). I oppgaven ble programvaren ArcMap brukt til analysen, der man kan bruke data fra blant annet tabeller som også er knyttet opp til geografiske data. For eksempel har en veg på kartet en tabell med tilhørende egenskaper. ArcMap ble også brukt til å lage andre kart enn for den tekniske analysen, blant annet til å vise godsstrømmer og bosetting i regionen. ArcMap viser resultatene på en visuell, oversiktlig og forståelig måte, og man kan selv bestemme hvilke tekniske faktorer man ønsker at resultatene skal baseres på.

Dataene som ble hentet inn ble lagret som egne lag i modellen, og ble brukt til å analysere aktuelle områder ved bruk av ulike funksjoner i programvaren. De ulike dataene som ble brukt var:

1. Veg- og banedata til å se hvor veg og bane ligger i nærheten av hverandre og hvor det dermed kan være aktuelt med en terminal.
2. Banedata til å etablere et område langs jernbanen som blir det aktuelle området for å plassere en terminal.
3. Terrengmodellen til å hente ut områder innenfor ønsket helningsgrad.
4. Data for vann for å unngå å plassere terminalen på vann, i elv eller lignende.
5. Bygningsdata for å unngå områder hvor det er eksisterende bygninger.
6. Kvikkleiredata for å sjekke om områder er utsatt for kvikkleireskred og eventuelt hvilken faregrad.
7. Skred- og flomdata for å sjekke om områder er skred- og flomutsatt.
8. Kommuneplanens arealdel til å vurdere de eksisterende arealformålene.

De spesifikke verdiene og oppsummering av fremgangsmåten brukt i analysen er beskrevet i Vedlegg 5.

2.3.1 Begrensninger

Dataene som ble brukt i GIS-analysen stammer fra ulike årstall. Der noen data er flere år gamle og ikke oppdatert i henhold til dagens planer, er andre av nyere dato. Der det ikke forekom nye og oppdaterte data ble analysen gjennomført basert på eldre data. Det gjorde at man i etterkant av analysen måtte vurdere om resultatene var anvendelige. Gjennom analysen som ble utført i denne oppgaven er det ikke lagt inn fremtidige planer for utbedring av transportinfrastrukturen, som for eksempel den planlagte E6-traséen mellom Ulsberg og Melhus. Dette er faktorer som derfor ble vurdert i etterkant av analysen, ved å sammenligne

mulige steder for lokasjon av omlastingsterminaler med der traséen til den nye veggen er tenkt.

En annen begrensning ved metoden er at tiden modellen bruker på analysene i stor grad avhenger av mengden data. Dette gjelder også for detaljnivået, der bedre nøyaktighet på resultatene gjør prosessen mer tidkrevende. I analysen som er utført i denne oppgaven ble en terrengmodell med ruter i størrelse 10x10 m brukt. Det anses som tilstrekkelig i dette tilfellet, men kan føre til noen unøyaktigheter i analysen. En begrensning ved metoden er også at fremgangsmåten for GIS-analysene ikke er standardisert, men avhenger av personen som utfører analysen og hvor mange faktorer eller funksjoner som inkluderes.

2.4 Utforming av terminal

Selve utformingen av terminalen ble basert på krav til hva som er nødvendig på en mindre omlastingsterminal, funnet gjennom en litteraturstudie. I tillegg avhang utformingen av det spesifikke stedet den ble plassert, blant annet med tanke på topografi og eksisterende infrastruktur.

Mulig utforming av terminal ble skissert i 3D ved hjelp av programvaren Infracore. Modellen i Infracore tar utgangspunkt i en terrengmodell fra Google Earth, der man ved å importere ulike GIS-data eller legge til egne elementer vil få en virkelighetsnær 3D-modell av ønsket område.

2.4.1 Begrensninger

Siden det finnes lite litteratur rundt utforming av mindre omlastingsterminaler, ble kravene til utforming av terminal basert på større terminaler. For å tilpasse kravene til en mindre terminal ble det derfor gjort forenklinger i utforming der det ble ansett som hensiktsmessig, slik at målet om en mindre arealkrevende og lettere tilgjengelig terminal ble oppnådd.

Terrengmodellen fra Google Earth kan ha unøyaktigheter og gi et noe uriktig bilde av virkeligheten. Det ble derfor brukt andre kartverktøy som Google Maps og Norge i Bilder for å gjøre skissen mest mulig virkelighetsnær, men den inneholder fortsatt en risiko for feil. Skissen til terminalutforming bør derfor ikke brukes som en faktisk modell ved bygging av terminal, men kan brukes for å gi et inntrykk av hvordan en terminal kan oppleves i omgivelsene.

2.5 Beregning av kapasitet

Kapasiteten på vegnettet og jernbanen ble vurdert for å se hvor mye plass det er på de ulike infrastrukturene til større trafikkmengder i fremtiden. Det vil si hvor mye kapasitet vegnettet har til å håndtere den fremskrevne økningen i trafikk. For jernbanen betyr det hvor mye gods som kan overføres fra vegnettet, også kalt overføringspotensial. Kapasiteten ble beregnet med ulike metoder for vegnettet og jernbanen, og videre i dette underkapittelet vil de ulike metodene presenteres.

2.5.1 På vegnettet

Det finnes per i dag ingen oppdaterte metoder eller håndbøker for beregning av trafikkavvikling og kapasitet på vegstrekninger (utenom kryss) på det norske vegnettet. For å beregne kapasiteten på vegstrekninger ble det derfor tatt utgangspunkt i Statens vegvesen sin Håndbok V714 Veileder i trafikkdata, som omhandler registrering og innsamling av trafikkdata (Statens vegvesen, 2014a). Dette er i utgangspunktet ikke en metode for å beregne kapasitet, men brukes i denne sammenheng for å gi et overblikk over trafikkmengde. Det vil igjen gi en pekepinn på kapasiteten til vegstrekningene. Her ble faktormetoden brukt som en av måtene til å beregne årsdøgntrafikk (ÅDT) på vegene. Faktormetoden baseres på faktorvariasjonskurver som viser normalsituasjoner for ulike vegtyper gitt et spesielt tidspunkt på året, uken eller døgnet (Statens vegvesen, 2014a, s. 13). Tallene i variasjonskurvene fungerer som korreksjonsfaktorer, slik at trafikkmengden i den spesielle tidsperioden man beskriver er justert i forhold til vanlig trafikkvariasjon gjennom året, uka og døgnet. For noen tellepunkter er det utarbeidet egne variasjonskurver. Der det ikke er tilfellet kan standard variasjonskurver gitt i veilederen brukes, der vegene er kategorisert fra M1 til M7:

M1: By-/boliggate

M2: Hovedveg i bystrøk med arbeidsreiser og gjennomgangstrafikk

M3: Hovedveg med innslag av sesongbetont fjerntrafikk

M4: Hovedveg i tettbygde strøk med stor helgetrafikk

M5: Hovedveg utenfor tettbygd strøk

M6: Transportårer med stor sommertrafikk

M7: Turistrute med høy sommerdøgntrafikk

I oppgaven beregnes kapasitet for strekninger på vegene Riksvei 3, E6, Fylkesvei 700 og Riksvei 70. Riksvei 3 og E6 vurderes til å være i samme kategori, hovedveg med innslag av sesongbetont fjerntrafikk (M3). Fylkesvei 700 og Riksvei 70 er mindre trafikkerte, og vurderes til M5, hovedveg utenfor tettbygd strøk. Det vil si at makstimefaktoren til Riksvei 3 og E6 er 8,7 %, Fylkesvei 700 og Riksvei 70 er 9 %.

Tabell 1: Døgnvariasjonskurve, hentet fra Statens vegvesen (2014a).

Time	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4
2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
6	1,0	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	0,5
7	3,7	3,7	3,2	2,8	2,3	1,9	0,8
8	6,0	5,3	5,1	4,1	3,9	3,1	1,4
9	5,8	5,1	5,0	4,3	4,1	3,8	2,2
10	4,9	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,6
11	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,1	5,0
12	5,6	5,7	5,7	5,9	6,1	6	6,4
13	6,1	6,1	6,1	6,4	6,6	6,5	7,5
14	6,5	6,6	6,6	6,9	7,1	7,2	7,9
15	7,3	7,3	7,3	7,6	7,8	7,8	8,7
16	8,3	8,4	8,7	8,9	9,0	8,7	9,0
17	7,9	8,1	8,5	8,7	8,7	8,6	9,2
18	6,7	7,0	7,1	7,4	7,5	7,8	8,3
19	5,9	6,0	6,1	6,4	6,5	6,8	7,2
20	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4	5,7	6,1
21	4,0	4,1	4,2	4,3	4,3	4,7	4,8
22	3,3	3,4	3,3	3,3	3,3	3,6	3,5
23	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,6	2,5
24	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,8	1,7

Tabell 1 viser døgnvariasjonen til de ulike vegene. Vanligvis brukes variasjonskurvene sammen med trafikktegninger fra en tidsperiode for å beregne ÅDT på en spesiell vegstrekning. I denne oppgaven ble makstimefaktoren fra døgnvariasjonskurven i Tabell 1 brukt som grunnlag for å finne trafikkmengden i makstimen på ulike vegstrekninger, gitt ÅDT fra trafikktegningene til Statens vegvesen. Makstimefaktoren ble her den timen i løpet av dagen med høyest prosentvis andel av trafikken. Kapasiteten for 2050 ble så regnet ut ved å ta utgangspunkt i Avinor *et al.* (2019) sine prognoser for vekst i persontransport og NTP (2017) sine anslag for økning i godstransport på veg.

Potensialet for vekst på vegnettet ble vurdert ved å sammenligne verdier for kapasiteten i 2050, beregnet som forklart i avsnittet over, og beregnet kapasitet gitt hastighet og kjøretøylengde. Beregningene baserte seg på Statens vegvesen sine formler for køteori (Bertelsen, 2016). Der ble først stopplengden til kjøretøyet, L_S , beregnet ved

$$L_S = L_R + L_B \quad (1)$$

der L_R er reaksjonslengde, og L_B er bremselengde, gitt av

$$L_R = T_R * V_0 \quad (2)$$

og

$$L_B = \frac{V_0^2}{2 * 9,81 * f} \quad (3)$$

der T_R er reaksjonstid, V_0 er hastighet (m/s) og f er friksjonskoeffisient. For norske forhold brukes vanligvis reaksjonstid på 2 sekunder (Zielinkiewicz, 2018). Friksjonskoeffisienten avhenger i virkeligheten av vær og føre, men ved beregninger er den hastighetsbestemt. De ulike friksjonskoeffisientene gitt hastighet er hentet fra Håndbok V120 (Statens vegvesen, 2014b), og vises i Tabell 2.

Tabell 2: Friksjon ved ulike fartsgrenser, hentet fra Statens vegvesen (2014b).

Fartsgrense (km/t)	50	60	70	80	90
Friksjonskoeffisient	0,69	0,63	0,59	0,55	0,52

Kapasiteten, Q , ved størst trafikk ble beregnet ved

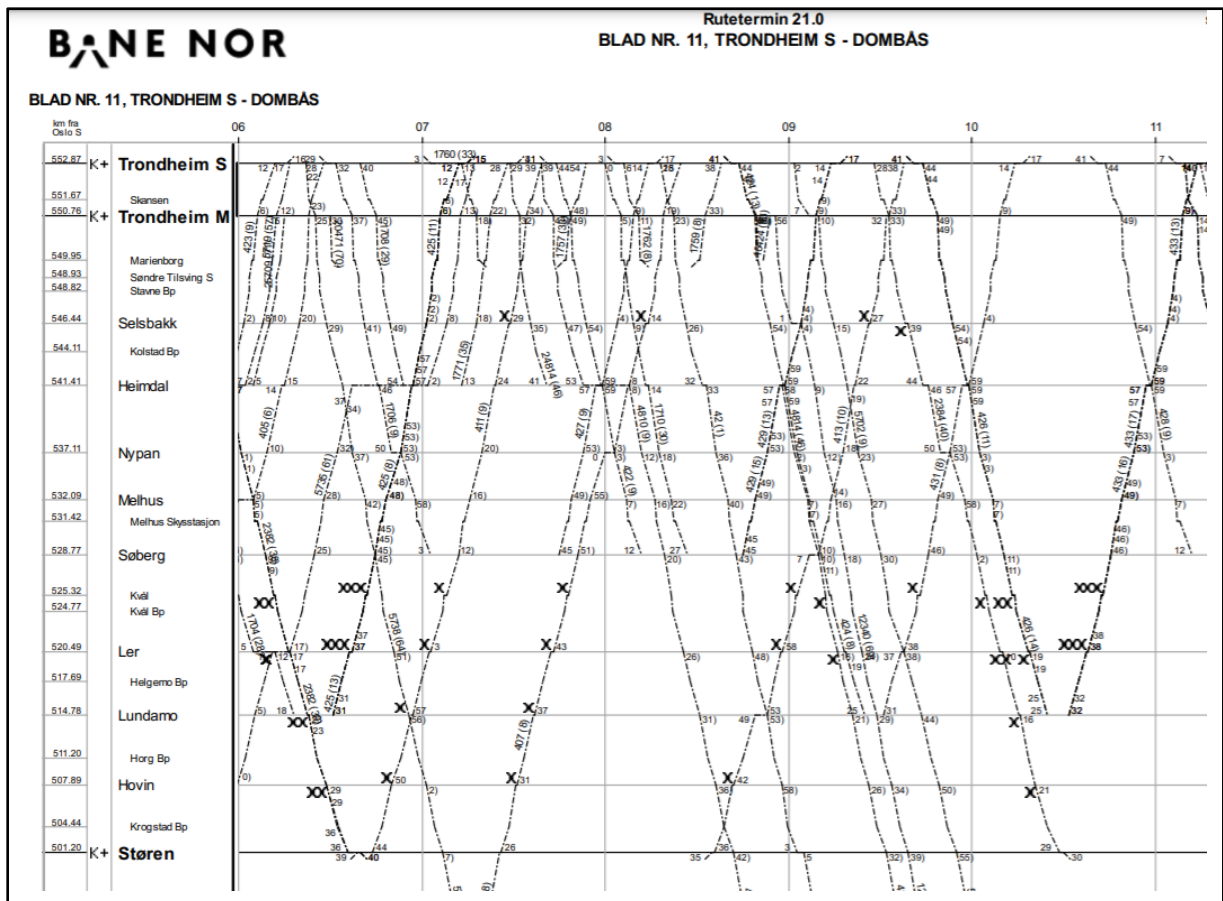
$$Q = \frac{3600 \cdot V_0}{3,6 \cdot (L_s + L_k)} \quad (4)$$

der L_K er kjøretøylengde og Q gis i kjøretøy per time (kjt/t). Kjøretøylengde er hentet fra Statens vegvesen sin Håndbok N100, der personbiler har lengde 4,8 m, lastebiler 12,0 m og vogntog 22,0 m (Statens vegvesen, 2019). V_0 er her gitt i km/t, og varierer på de ulike strekningene.

2.5.2 På jernbanen

Beregning av kapasitet på jernbanelinjer er komplekst, med mange faktorer av betydning. I denne oppgaven ble det gjort forenklinger i beregningene, og en mer detaljert beregning vil være nødvendig dersom verdiene skal brukes i en annen sammenheng.

Dagens kapasitet på jernbanenettet tar utgangspunkt i de grafiske togrutene til Bane NOR (2021a) for rutetermin 21, blad nr. 11 for Trondheim S til Dombås og blad nr. 13 mellom Støren og Hamar. Et utklipp av togrutene mellom Trondheim S og Dombås vises i Figur 1, der kun rutene mellom Trondheim og Støren vises. Togrutene vises i sin helhet i Vedlegg 3.



Figur 1: Utklipp av grafisk togrute fra blad nr. 11, hentet fra Bane NOR (2021a).

Ved å se på togrutene fra tidsrommet med størst trafikk, kan man lese ut reisetid og togfølgetid mellom togene når det er størst utnyttelse av kapasitet. De skråstilte strekene forteller hvilken retning toget kjører, der strekene nedover mot venstre fra Trondheim S har kjørt nordover, og strekene nedover mot høyre kjører sørover. For eksempel kan man lese ut av den grafiske togruten at det fra Trondheim S i tidsrommet 08:00 til 09:00 vil kjøre fire tog sørover og ankomme tre tog fra sør. Ved å sammenligne disse dataene med verdier for hvor mange tog som skal kunne operere på en jernbanelinje under optimale forhold, er overføringspotensialet funnet. Optimal utnyttelse av kapasitet finnes i relevant litteratur som presenteres i Kapittel 4.4.2.

Lengden på kryssingssporene avgjør hvor lange godstog som kan operere på banen. I EZ_freight ble økt toglengde lagt inn, fra 450 m til 600 m. Det ga en økning i kapasitet som resulterte i en økning i godsmengde, som sier hvor mye gods som kan flyttes over på jernbanen gitt lengre kryssingsspor.

2.5.3 Begrensninger

Det finnes ingen enkle løsninger hva gjelder beregning av kapasitet som var ønskelig til dette formålet, og en forenklet metode ble brukt både for vegnettet og jernbanen. For vegnettet ble dette vurdert tilstrekkelig til formålet som var å gi et bilde av kapasiteten slik den potensielt kan se ut i 2050. For jernbanen gir metoden brukt i oppgaven et bilde av

dagens utnyttelse. Kapasiteten i 2050 vil i stor grad avhenge av fremtidige forbedringer på infrastrukturen, og er derfor ikke beregnet.

2.6 Kontakt med næringslivet

Kontakten med næringslivet hadde som formål å samle inn godsdata til bruk i arbeidet med godsstrømsanalysen, samt få en oversikt over hvordan aktuelle aktører stilte seg til etablering av mindre omlastingsterminaler. Kontakten ble først opprettet gjennom mail. Deretter ble digitale møter eller telefonsamtaler avtalt der det var hensiktsmessig. Et eksempel på mail som ble sendt ut ligger i Vedlegg 4.

Formålet med innsamling av godsdata var i første omgang å finne et datagrunnlag for å analysere godsets bevegelser både på veg og jernbane i regionen. Flere relevante aktører i det regionale næringslivet ble kontaktet i arbeidet med prosjektoppgaven. Kontaktinformasjon til aktørene ble gitt av Rådet og veilederne. Datainnsamling fra relevante bedrifter og næringer ble besluttet gjort som en verifisering av den Nasjonale godstransportmodellen. For enkelte aktører i næringslivet er det stort hemmelighold rundt data og informasjon slik at ikke konkurrenter skal kunne benytte seg av deres kunnskap og mulige konkurransefortrinn, og det ble derfor gitt taushetsplikt rundt hvem som distribuerte de ulike dataene der det var ønskelig.

2.6.1 Begrensninger

Dataene som ble samlet inn var ikke av samme format som dataene i den Nasjonale godstransportmodellen og kunne derfor ikke brukes til en direkte verifisering, men som et sammenligningsgrunnlag. Innhentet data fra de utvalgte bedriftene viste seg å stemme overens med godsmengden som var implementert i modellen, selv om de ikke viste godsets reiserute. Sammenligningen ga derfor reliabilitet til godsdataene i den Nasjonale godstransportmodellen.

En annen begrensning var påliteligheten til informasjonen fra aktører i næringslivet og hvordan egeninteressene rundt en mulig omlastingsterminal påvirket svarene deres. I tillegg vil ulike personer innen samme bedrift kunne ha ulike meninger og oppfatninger, slik at resultatene vil være påvirket av hvem som uttaler seg. For å ta hensyn til dette ble kun etterprøvbare data brukt i resultatene. Annen relevant informasjon, men som kan være påvirket av personlige meninger, er benyttet i diskusjonen for å belyse flere sider.

3 Godsstrømsanalyse

Forsknings spørsmål 1: *Hvordan fordeler godsstrømmene seg på de sentrale transportårene i region Trøndelag Sør, nå og i et fremtidsscenario?*

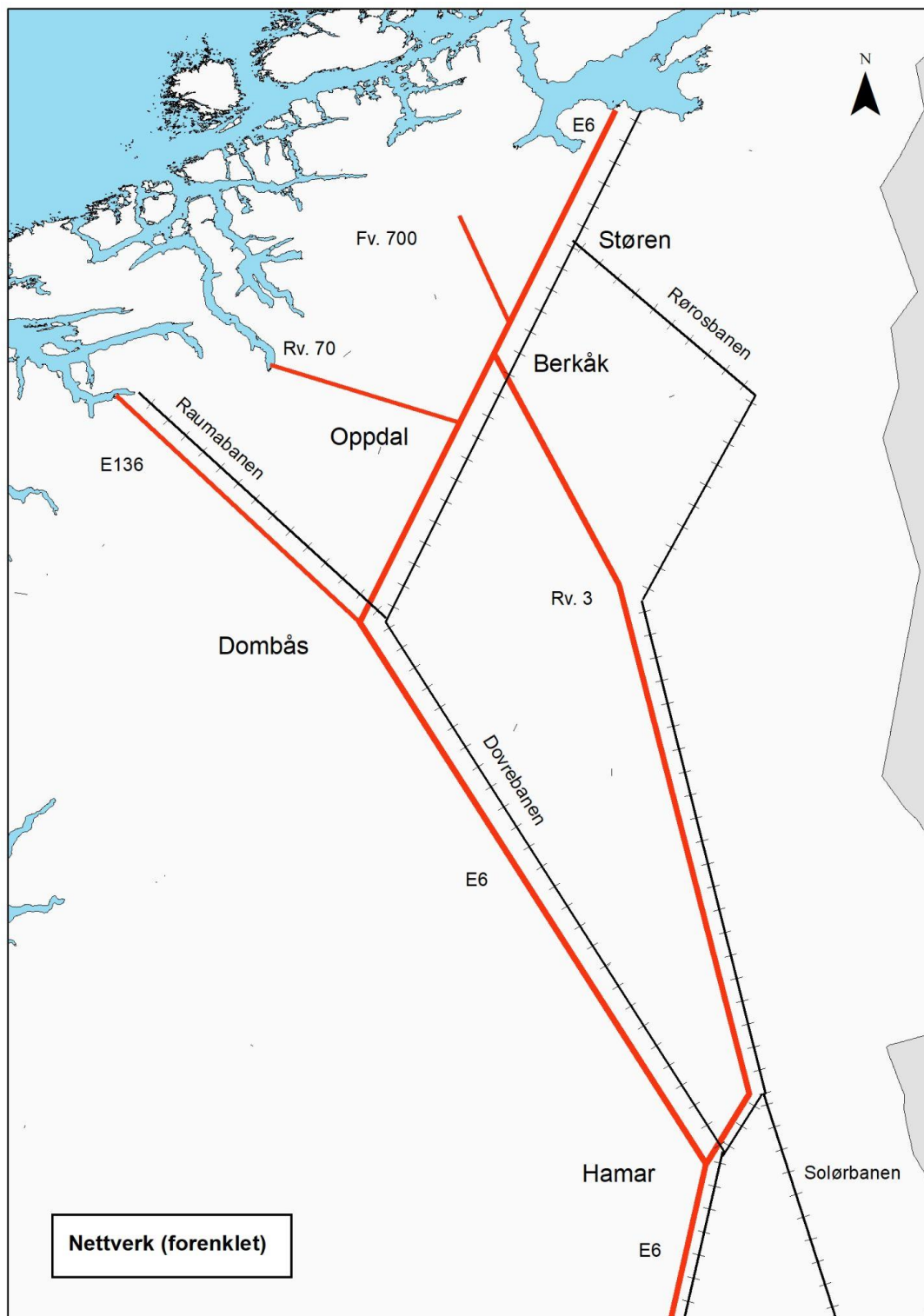
Dette kapitlet forsøker å svare på forsknings spørsmål 1 ved hjelp av en godsstrømsanalyse. Målet med analysen er kartlegge hvordan godset beveger seg, både dagens godsstrømmer og godsstrømmene i et fremtidsperspektiv for 2050. Godsstrømsanalysen gjennomføres ved hjelp av den Nasjonale godstransportmodellen implementert i Cube.

Godsstrømsanalysen gjennomføres først i oppgaven fordi resultatene og diskusjonene fra denne analysen vil ligge til grunn for det videre arbeidet med oppgaven. Analyseresultatene vil bidra til å forstå godsstrømmene, identifisere knutepunkter og til å kartlegge hvilke områder som kan være aktuelle for en omlastingsterminal i region Trøndelag Sør.

3.1 Den Nasjonale godstransportmodellen

Dataene i den Nasjonale godstransportmodellen modellerer hvor godsstrømmene beveger seg i et nåtidsperspektiv (2018) og i et fremtidsscenario for 2050.

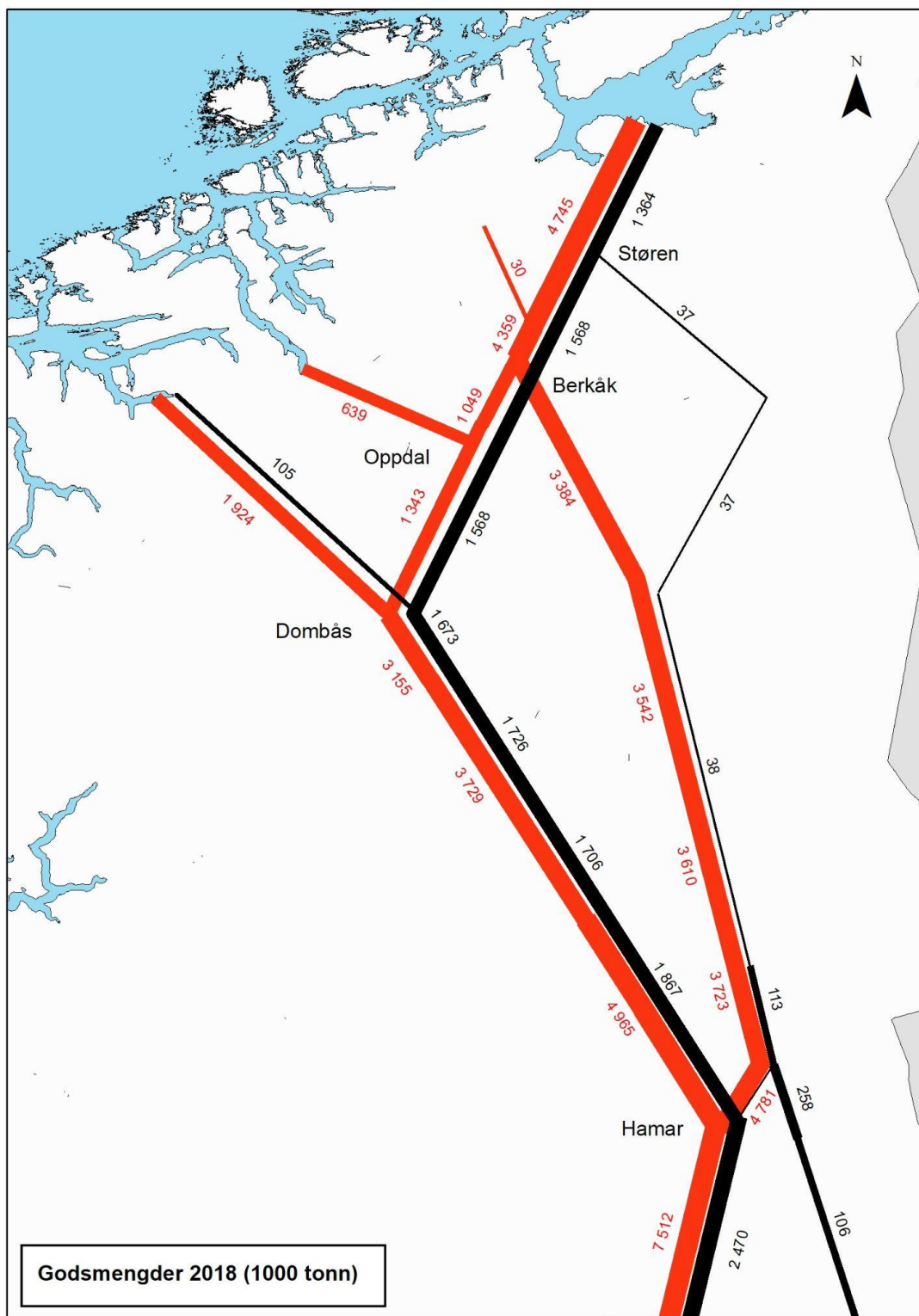
Figur 2 viser nettverket av hovedtrafikkårer i region Trøndelag Sør. Hovedvegene er E6 og Riksvei 3, som begge kobler sammen Østlandet og Trøndelag. E6 nordfra går gjennom Trondheim og deles i Riksvei 3 og E6 ved Ulsberg i Rennebu kommune. Videre går E6 gjennom Oppdal og over Dovrefjell, og Riksvei 3 går gjennom Østerdalen. I tillegg er det flere mindre veger i nettverket som også er relevante i forbindelse med frakt av gods på veg. Disse er blant annet Fylkesvei 700 mellom Svorkmo i Orkland kommune og Berkåk, Riksvei 70 mellom Kristiansund og Oppdal, og Europavei 136 mellom Ålesund og Dombås. Sistnevnte begynner på kartet i Figur 2 i Åndalsnes. Jernbanenettverket består av Dovrebanen, Rørosbanen, Raumabanen og Solørbanen, hvor det i denne oppgaven vil være Dovrebanen og Rørosbanen som er relevante.



Figur 2: Nettverk av vegger og jernbanelinjer i region Trøndelag Sør. Egenprodusert figur.

3.1.1 Dagens fordeling

Dagens fordeling av gods på veg og jernbane, slik de er modellert i den Nasjonale godstransportmodellen, vises i et forenklet nettverk i Figur 3. Det vil også være noe gods som fraktes på skip, men som ikke er av betydning for oppgaven, og dermed ikke vises i figuren.

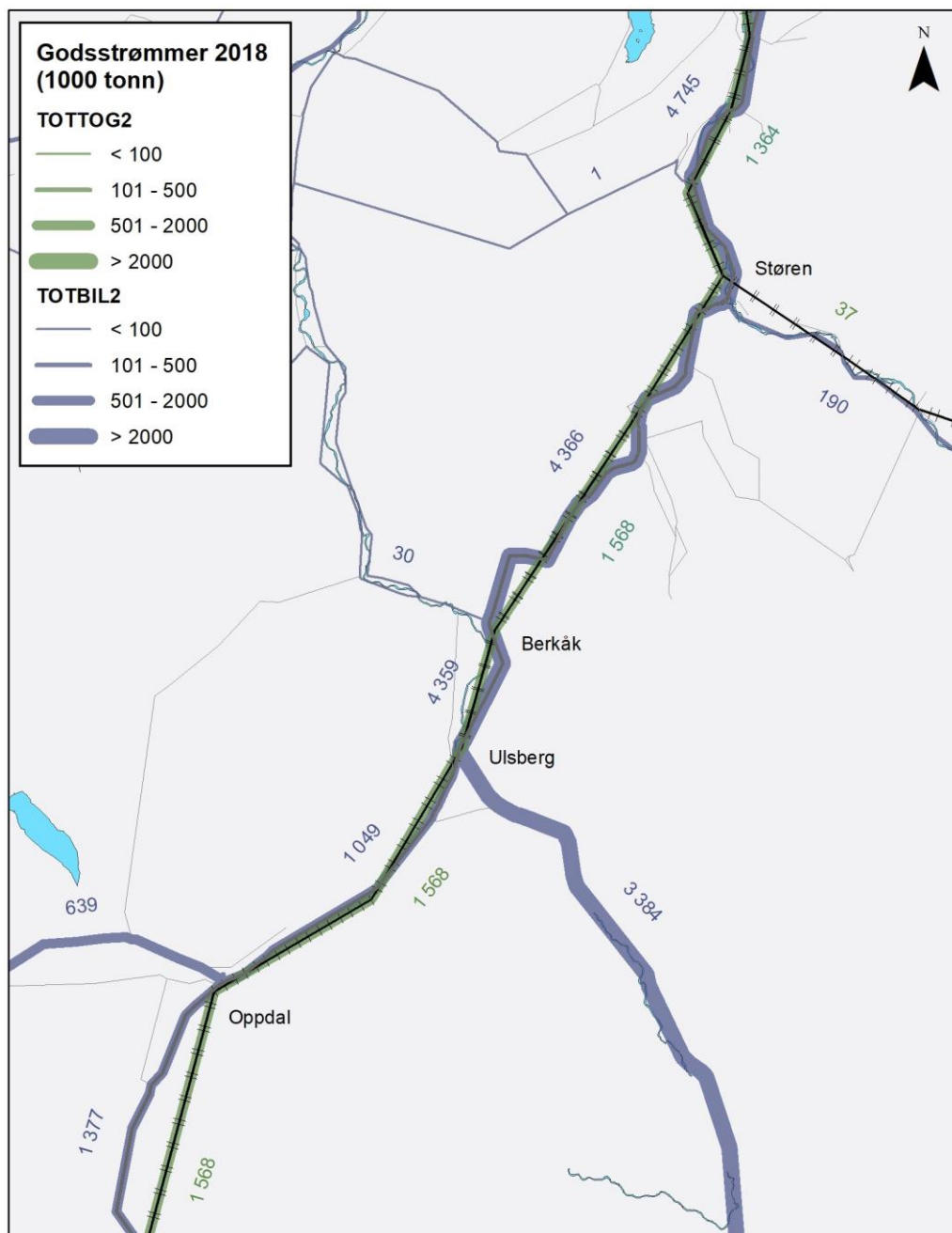


Figur 3: Forenklet nettverk over fordeling av gods. Godsmengdene er oppgitt i tonn på jernbanen (svart) og vegnettet (rødt). Tykkelsen på lenkene illustrerer størrelsen på godsmengdene. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.

I Figur 3 ser man at det meste av de modellerte godsmengdene som skal til eller fra Trondheim passerer både Støren og Berkåk. Det går også en del gods gjennom Oppdal med tilknytning til Riksvei 70 mot Sunndalsøra. Generelt ser man at det fraktes mer gods på

veg enn jernbane. Forskjellen på mengde gods på de ulike jernbanene er stor, der Rørosbanen har en neglisjerbar mengde sammenlignet med Dovrebanen.

Den forenklete godsstrømsanalysen i Figur 3 viser at området mellom Støren og Oppdal peker seg ut som et aktuelt område for plassering av en omlastingsterminal i regionen. Området inkluderer alle veger og jernbaner som anses å være av stor betydning for godstransporten. Dette området er sett nærmere på i Figur 4, der godsstrømmene vises for begge retninger summert.



Figur 4: Modellerte godsstrømmer på veg og bane i området Støren - Berkåk - Oppdal. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.

Figur 4 viser at mengden gods som fraktes på Rørosbanen er ubetydelig sammenlignet med Dovrebanen, der Dovrebanen sør for Støren transporterer 1 568 000 tonn i året mot

Rørosbanens 37 000 tonn. Den den totale mengden gods som fraktes på jernbane er større sør for Støren enn nord. Det tilsier at noe gods lastes og losses på Støren, selv om det ikke er en vanlig godsterminal der. Derimot finnes det en beredskapsterminal som kan benyttes til omlasting (Kystverket, Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet, 2019).

Analysen viser at godsmengden er betydelig større på veg enn bane mellom Oslo og Trondheim. Den største mengden gods som transporteres på veg til og fra Østlandet går gjennom Østerdalen på Riksvei 3. Sammen med godset på E6 blir det en betydelig mengde gods som fraktes mellom Ulsberg og Støren. Oppdal, som ligger sør for Ulsberg, unngår dermed de største godsmengdene på veg. Den vegstrekningen med høyest belastning fra tunngtrafikken er mellom Støren og Trondheim, med 4 745 000 tonn årlig.

Fylkesvei 700 vest for Støren skiller seg ut med lave godsmengder, der kun 30 000 tonn passerer lenken årlig. Ved nærmere undersøkelse viser tall fra vegkart.no at det årlige antallet tunge kjøretøy på lenken er 85 300, som vil si en gjennomsnittlig godsmengde på 0,35 tonn per lastebil gitt godsmengdene i modellen. På denne lenken er det blant annet en del transport av sjømat fra Hitra og Frøya, der en gjennomsnittlig semitrailer kan frakte med seg 18 tonn sjømat per tur (Witzøe, 2018). Disse tallene indikerer at det ligger inne en feil i nettverket, og at verdiene fra Fylkesvei 700 antakelig er fordelt på andre lenker. Alternativ rute til Fylkesvei 700 er via Orkanger og E6 forbi Støren, slik at godsmengdene fra Fylkesvei 700 kan være fordelt på lenkene nord for Berkåk. E6 kan derfor ha fått kunstige høye verdier på denne strekningen, samtidig som Fylkesvei 700 kan ha fått for lave.

Tabell 3: Modellerte godsmengder (1000 tonn) som passerer lenken ved et gitt sted i gitt retning i 2018. Data er hentet fra den Nasjonale godstransportmodellen.

Retning								
Sted	Veg	Bil begge retninger	Bil nordover	Bil sørover	Bane	Tog begge retninger	Tog nordover	Tog sørover
Nord for Støren	E6	4 745	3 321	1 425	Dovre	1 364	1 039	325
Mellom Støren og Berkåk	E6	4 366	3 049	1 317	Dovre	1 568	1 204	364
Mellom Berkåk og Ulsberg	E6	4 359	3 037	1 322	Dovre	1 568	1 204	364
Mellom Ulsberg og Oppdal	E6	1 049	573	476	Dovre	1 568	1 204	364
Sør for Oppdal	E6	1 377	896	482	Dovre	1 568	1 204	364
Øst for Støren	Fv. 30	190	12	178	Røros	37	37	0
Vest for Berkåk	Fv. 700	30	22	7	-	-	-	-
Øst for Ulsberg	Rv. 3	3 384	2 501	883	-	-	-	-
Vest for Oppdal	Rv. 70	639	424 (fra Oppdal)	215 (mot Oppdal)	-	-	-	-

Den modellerte godsmengden i ulike retninger kan leses av i Tabell 3. Der ser man at samtlige strekninger, med unntak av Fylkesvei 30, har større mengder godstransport nordover mot Trondheim enn sørover. Grunnen til at Fylkesvei 30 mellom Støren og Røros

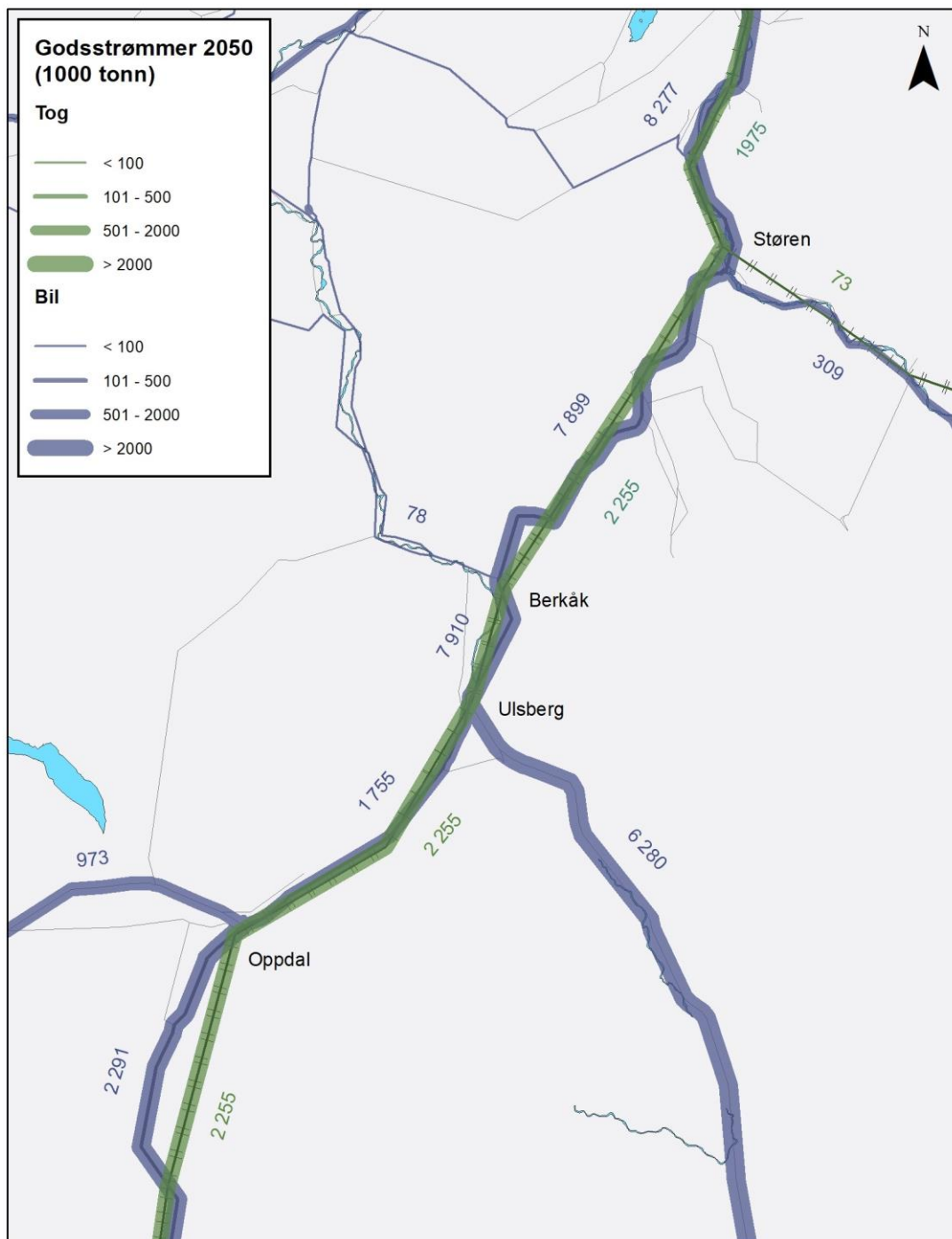
har størst godsmengde i retning mot Røros, kan skyldes distribusjon av gods via terminaler i Trondheim. Tabell 3 viser at den modellerte retningsbalansen på Dovrebanen nord for Støren er 24 % sørover og 76 % nordover.

Ved å sammenligne med faktiske data gitt av Tor Nicolaisen, sjefingeniør i Jernbanedirektoratet, ser man at det er forskjell i modellerte data og faktiske data. Nicolaisen opplyser at retningsbalansen for godstogene på Dovrebanen er 45 % sørover og 55 % nordover (Nicolaisen, personlig kommunikasjon på mail, 7. nov 2020). Det indikerer at det ligger inne noen begrensninger i modellen som gjør at godset ikke fordeles slik det gjør i virkeligheten. Det kan for eksempel være at de reelle kostnadene ved å sende gods sørover på tog er lavere enn de beregnede kostnadene i modellen. Dette viser at det alltid vil være nødvendig å ta hensyn til begrensninger og feilkilder i modellberegninger, og at resultatene må brukes deretter.

3.1.2 Fremtidsscenario 2050

Analysene i dette scenarioet baserer seg på forskningsspørsmålet om hvordan godsfordelingen vil være i 2050. For å finne godsmengder i et fremtidsscenario kjøres godsmodellen uten at det gjøres noen endringer utover det som allerede ligger inne referansenettverket for 2050 fra før. Det vil si prosjekter som er en del av Statens vegvesen sitt handlingsprogram og har fått midler. Dette handlingsprogrammet er Statens vegvesen sin plan for hvilke prosjekter som skal gjennomføres i løpet av første halve periode av NTP, innenfor en budsjetttramme (Statens vegvesen, 2021). I tillegg vil strekninger med bompenger i 2018 være nedbetalt i 2050, med unntak av bompengesystemer i byområder, som for eksempel Miljøpakken i Trondheim. Bomfrie veger vil redusere kostnadene til vegtransport, og dermed øke attraktiviteten. Vegenes styrkede konkurransekraft vil hindre en overføring i gods fra veg til jernbane. Selv om det er igangsatt prosjekter som kan påvirke togtilbudet, er det for godstransport på bane ikke lagt inn noen endringer i togtilbudet fra 2018 til 2050. Heller ikke på sjø er det lagt inn noen endringer i tilbudet for godstransport (Madslie, Hulleberg og Kwong, 2019).

Godsstrømmene for 2050 er vist i Figur 5. Der ser man at selve godsstrømsfordelingen på nettverket er nokså lik for 2018 og 2050, men at det i 2050 vil være mye større godsmengder.



Figur 5: Modellerte godsstrømmer for 2050 vist i 1000 tonn fordelt på vegnettet og jernbanenettet i området som er aktuelt for en omlastingsterminal. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.

Sammenlignet med modellerte godsstrømmene fra 2018 (Figur 4), ser man at de lenkene som har størst godsmengde i 2018 fortsatt vil ha størst belastning i 2050. På den mest trafikkerte lenken, E6 nord for Støren, har godsmengden økt fra 4 745 000 tonn til 8 277 000 tonn årlig. Det er en økning på 74 %. Riksvei 3 gjennom Østerdalen er i Figur 4 og 5 identifisert som den mest trafikkerte strekningen mellom Østlandet og Trøndelag. Fra 2018 til 2050 vil strekningen, ifølge modellen, ha en økning fra 3 384 000 tonn til 6 280 000 tonn. Det tilsvarer en økning i 86 %.

Den største økningen i godsmengde på veg er på Fylkesvei 700 vest for Berkåk, med 160 % økning. Godsmengdene på Fylkesvei 700 er fortsatt lave i 2050 sammenlignet med de andre lenkene. Det antyder at feilen som ble identifisert i nettverket for 2018 fortsatt ligger inne, og at godset i modellen velger andre reiseruter enn Fylkesvei 700. Dette kan gi et uriktig bilde av godsfordelingen.

På de utvalgte lenkene på Dovrebanen er det i gjennomsnitt en økning i godsmengde på 44 %. Rørosbanen øst for Støren har en økning på 97 %. Siden Rørosbanen i utgangspunktet har en liten godsmengde vil selv små økninger i godsmengde utgjøre en betydelig forskjell, sammenlignet med Dovrebanen. Dette kan forklare den store prosentvise økningen.

Tabell 4: Modellerte godsmengder (1000 tonn) som passerer lenken ved et gitt sted i gitt retning i 2050. Data er hentet fra den Nasjonale godstransportmodellen.

Retning Sted	Veg	Bil begge retninger	Bil nordover	Bil sørover	Bane	Tog begge retninger	Tog nordover	Tog sørover
Nord for Støren	E6	8 277	5 645	2 632	Dovre	1 975	1 494	481
Mellom Støren og Berkåk	E6	7 899	5 281	2 618	Dovre	2 255	1 700	555
Mellom Berkåk og Ulsberg	E6	7 910	5 282	2 628	Dovre	2 255	1 700	555
Mellom Ulsberg og Oppdal	E6	1 755	959	796	Dovre	2 255	1 700	555
Sør for Oppdal	E6	2 291	1 477	814	Dovre	2 255	1 700	555
Øst for Støren	Fv. 30	309	18	291	Røros	73	73	0
Vest for Berkåk	Fv. 700	78	32	46	-	-	-	-
Øst for Ulsberg	Rv. 3	6 280	4385	1 895	-	-	-	-
Vest for Oppdal	Rv. 70	973	663 (fra Oppdal)	310 (mot Oppdal)	-	-	-	-

I Tabell 4 vises de modellerte godsstrømmene fra den Nasjonale godstransportmodellen fordelt på ulike retninger. Som i 2018 er det fortsatt større godsmengder nordover mot Trondheim enn sørover mot Oslo. For den mest trafikkerte vegstrekningen, nord for Støren, vil retningsbalansen være 68 % nordover og 32 % sørover. Sammenlignet med 2018 gir 2050 en jevnere retningsbalanse, selv om forskjellene fortsatt er store. For Dovrebanen mellom Støren og Oppdal er retningsbalansen 76 % nordover og 24 % sørover. Denne retningsbalansen er lik den for 2018, selv om godsmengdene har økt. Det samme gjelder for Rørosbanen, der retningsbalansen er 100 % nordover, både for 2018 og 2050.

Det som skiller seg ut i retningsbalansen fra 2018 til 2050, er Fylkesvei 700 som vil få mer gods sørover enn nordover, i motsetning til 2018 hvor mest gods gikk nordover. Som tidligere nevnt er det usikkerheter rundt denne lenken.

3.2 Oppsummering

Rørosbanen er en del av godsstrømsanalysene tidlig i oppgaven, men terminaler langs denne banen utelates i videre analyser og vurderinger fordi det per dags dato sendes ubetydelige mengder gods på banen mellom Røros og Støren. Fremtidsscenario for 2050 viser at det, basert på dataene i modellen, fortsatt vil være små godsmengder sammenlignet med Dovrebanen. I tillegg til at det er små godsmengder som ikke forsværer en omlastingsterminal langs Rørosbanen, egner ikke dagens linjeføring og den tekniske infrastrukturen seg for større godsmengder.

Lenger sør på Rørosbanen er det flere tømmerterminaler, men disse vil ikke bidra til at gods fra andre industrier lastes over på banen. På en annen side finnes det flere godsproduserende bedrifter i Røros-området, som Rørosmeieriet, Røros Metall og Flokk (Busch, personlig kommunikasjon på mail, 14. april 2021). Disse bedriftene vil kunne ha nytte av en omlastingsterminal på Rørosbanen i fremtiden.

Siden Rørosbanen utelates på grunn av nevnte årsaker, vil en analyse for plassering av en omlastingsterminal kun ta utgangspunkt i Dovrebanen. De strekningene med størst godsmengder på veg i tilknytning til Dovrebanen er E6 nord for Støren, E6 mellom Støren og Oppdal, samt Riksvei 3 øst for Ulsberg. Dette gjelder både for 2018 og 2050.

Som nevnt er det knyttet usikkerhet til de små godsmengdene på Fylkesvei 700 mellom Berkåk og Svorkmo i analyseresultatene. Mulige feil i nettverket gjør at godset velger andre ruter enn i virkeligheten. Den alternative ruten til og fra Østlandet er via Orkanger og E6 forbi Støren. Dette kan føre til at Støren får kunstig høye godsmengder, og kan gi inntrykk av å være et bedre alternativ enn i virkeligheten. Godsmengdene gjennom Berkåk er like store uavhengig av om godset velger Fylkesvei 700 eller den alternative ruten.

Basert på godsstrømsanalysene gjort i Cube og tilhørende diskusjon, er det tre steder som peker seg ut som aktuelle for plassering av en omlastingsterminal. Videre analyse vil ta utgangspunkt i disse områdene, som er:

- Støren
- Berkåk
- Oppdal

Dette er knutepunkt som knytter sammen veg og jernbane i regionen, i tillegg til at store godsmengder passerer.

4 Teori

Etter å ha sett hvordan de modellerte godsstrømmene fordeler seg på nettverket i regionen, er det nødvendig med en systemforståelse rundt terminaler for å kunne avgjøre hvor og hvordan den bør plasseres og utformes. Dette kapitlet tar for seg teorien som er funnet gjennom litteraturstudien, både det som anses som relevant fra arbeidet med prosjektoppgaven og litteratur som komplimenterer opparbeidet kunnskap. Først vil det presenteres grunnleggende teori om terminaler, deretter ulike krav og anbefalinger til hvor man bør plassere en omlastingsterminal. Så vil teori som danner grunnlaget for utforming av selve terminalen basert på terminaltype og ønsket teknologi gis, før det til slutt vil presenteres teori om kapasitet og overføringspotensialet fra veg til jernbane.

4.1 Terminaler

Terminalene er nodene i et intermodalt transportnettverk der godset flyttes fra et transportmiddel til et annet. Kapasiteten til terminalene er av stor betydning for den totale kapasiteten på jernbanenettet (Avinor *et al.*, u.å.), samtidig som kostnaden og tidsbruken ved selve omlastingen også spiller inn på togets konkurranseevne mot vegtransport. Jernbanedirektoratet (2019) trekker fram terminalkostnadene som en betydelig faktor for konkurranseevnen til togtransport. I et fremtidsperspektiv vil det derfor settes store krav til effektivitet og kostnader rundt terminalene, dersom man ønsker å styrke jernbanens konkurranseevne.

I Norge finnes det 13 godsterminaler i forbindelse med jernbanen (Bane NOR, u.å.a). Av disse ligger to terminaler i Trondheim: Brattøra og Heggstadmoen. I dag er terminalen på Brattøra den største i Trondheim, men i ny Nasjonal transportplan ønsker Regjeringen at Heggstadmoen skal utvikles til å bli den ledende terminalen i Trondheim (Meld. St. 20 (2020–2021)). Målet er at det til slutt skal frigi all plass på Brattøra til andre formål. I tillegg til jernbaneterminalene finnes det 32 havner i Norge (Kystverket, 2016), der blant annet terminalene på Brattøra og i Bodø både har havneterminal og jernbaneterminal på samme sted. På Støren finnes det som nevnt en avlastningsterminal ment som beredskap dersom Dovrebanen ikke kan brukes og man må flytte godset over på Rørosbanen (Kystverket, Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet, 2019). Siden Rørosbanen er dieseldrevet og Dovrebanen elektrifisert, må omlastingen fra Dovrebanen til Rørosbanen skje på Støren. Langs Rørosbanen finnes det terminaler for tømmer og flis. Disse ligger på Elverum, Hovdmoen, Koppang og Auma (Bane NOR, u.å.b). Vinteren 2021 startet CargoNet med omlasting av tømmer på Støren, i tilknytning til eksisterende beredskapsterminal (Sunde, 2021). Denne transporten går fra Støren til Skogn, en strekning på omtrent 120 km.

Siden tidsbruken ved omlasting spiller inn på konkurranseevnen til gods på jernbane, er man avhengig av en effektivisering av godsterminalene dersom man ønsker en større sluttverdi i enden av transportkjeden. Marskar *et al.* (2015) sier at reduserte terminalkostnader vil føre til mer transport på bane og sjø, og økte kostnader til det motsatte. I tillegg sier de i sin rapport at “Vi ser at transportmarkedet etterspør enklere, rimeligere og mer fleksible småskala terminalløsninger (...)” (Marskar *et al.*, 2015, s. X). En slik effektivisert og rimeligere terminal setter krav til mer energieffektive løsninger. Dette gjelder spesielt

omlastingen, der selve løftet av gods mellom transporttypene er energikrevende (Avinor *et al.*, 2015).

Dagens norske godsterminaler består i stor grad av systemer for vertikal omlasting. Det vil si at godset flyttes mellom lastebil og tog med lift eller kran som heiser godset vertikalt. Ved en slik omlasting er man ofte avhengig av oppbevaringsplass for godset mellom transport, samt at selve omlastingsoperasjonen er arealkrevende (Islam, Ricci og Nelldal, 2016). Et mindre tid- og plasskrevende alternativ er horisontal omlasting, der godset sideforflyttes mellom lastebil og togvogn uten å løftes i høyden eller mellomlagres (Islam, Ricci og Nelldal, 2016). Horisontal omlasting vil utdypes i Kapittel 4.3.

4.2 Plassering av terminal

Det er flere faktorer som spiller inn ved valg av plassering av en omlastingsterminal. Ifølge Roso, Brnjac og Abramovic (2015) er godsstrømmene den viktigste faktoren for plassering av en intermodal terminal i innlandet. Dette fordi godsstrømmene bidrar til å vise hvor det er behov eller potensial for å etablere en omlastingsterminal. Dette fremheves også av Bårdstu i forbindelse med ny godsterminal i Trondheim hvor han poengterer at "Lokalisering av en ny godsterminal er i stor grad avhengig av hvordan varestrømmen er – og vil bli" (Bårdstu, 2011, s. 27). Med varestrømmer menes her godsmengder som skal til, fra eller passerer området. Godsstrømmer som skapes lokalt er av særlig interesse, ettersom disse kan ha stort potensial for å overføres til bane i området. Hvordan strømmene fordeler seg videre på nettverket og retningsbalansen er også avgjørende for valg av plassering av omlastingsterminal (Roso, Brnjac og Abramovic, 2015).

Det nest viktigste kriteriet er, ifølge Roso, Brnjac og Abramovic (2015), terminalens beliggenhet innenfor et område. Det stilles krav om en egnet plassering, som vil si at terminalen må ha god tilknytning til både jernbane- og vegnett, være tilpasset behovet, ha mulighet til utvikling og til å trekke til seg godsstrømmer som kan overføres her. Det vil igjen si at terminalen bør plasseres slik at distribusjonsavstanden mellom terminal og aktuelle produsenter/kjøpere bør være minst mulig, og helst mindre enn 25 km (Hovi og Grønland, 2012). Lengden til hovedtransporten på bane spiller også inn, der distribusjonsavstanden er mindre viktig jo lengre hovedtransporten er (Haram, Hovi og Caspersen, 2015). Avstand til godsproduserende bedrifter, for eksempel sjømat-produksjonen på Hitra og Frøya, vil derfor vurderes. Det vil i tillegg være viktig at terminalen er lett tilgjengelig for større kjøretøy, både vegene som knytter terminalen til hovedvegnettet og interne veger på terminalen. Dette er faktorer som peker på at en godsterminal bør bygges utenfor bysentrum hvor tomtene er større og infrastrukturen lettere tilgjengelig for store og tunge kjøretøy.

Samtidig er det også anbefalt å etablere nye terminaler i nærheten av eksisterende samlassterminaler for å bidra til godsknutepunktutvikling (Bane NOR, 2020a). Avstanden til andre terminaler vil også påvirke godsets reiselengde på bane, noe som er viktig i et lønnsomhetsperspektiv. Som nevnt beskrives ofte 500 km som en minstegrense for lønnsomhet for godstransport på skip og bane som krever vegtransport i begge ender, sammenlignet med lastebiltransport alene. Skal man oppnå Regjeringens mål om å overføre 30 % av varetransporten over 300 km som går på veg til jernbane eller skip innen 2030, kreves en større satsing for å senke lønnsomhetsgrensen for jernbanetransport. Det

innebærer blant annet utbedringer av eksisterende infrastruktur og en effektivisering av både omlasting og fremføring. Ser man til Sverige har de flere lønnsomme godstransportruter på jernbane som er kortere enn 300 km (Bårdstu, 2011). Dette viser at det finnes et potensial for intermodale transporter kortere enn 500 km.

Det tredje viktigste kriteriet for plassering er ifølge Roso, Brnjac og Abramovic (2015) det tekniske, her definert som forbindelser til andre terminaler, kvaliteter ved og forbindelse til jernbanenett og sjøveier, samt utstyr og aktiviteter ved terminalen. Kvaliteter ved jernbanenettet er blant annet antall spor og sporenes lengde, tillatt vekt, hastighet på jernbanen og stigningen langs sporet.

Den fjerde faktoren er det organisatoriske rundt terminalen (Roso, Brnjac og Abramovic, 2015). Dette er for eksempel kvalitetsindikatorer, terminalens ytelse og logistikk, som er viktige faktorer for at terminalen skal være effektiv og lønnsom. Det antas at en mindre omlastingsterminal i Trøndelag Sør vil bli drevet på samme måte uavhengig av valgt plassering. Denne faktoren vil dermed ikke favorisere et område over et annet, og vil derfor neglisjeres.

Roso, Brnjac og Abramovic (2015) har vurdert flere intermodale terminaler i Kroatia og kommet frem til at deres største problemer er knyttet til utilstrekkelig terminalinfrastruktur og -utstyr, samt uegnede plasseringer. Dette fører igjen til problemer med forsinkelser, pålitelighet, tilgang og kommunikasjon mellom ulike selskaper som opererer på terminalen (Roso, Brnjac og Abramovic, 2015).

De nevnte faktorene og erfaringene vil brukes videre i arbeidet med å vurdere aktuelle plasseringer av en omlastingsterminal i region Trøndelag Sør, med særlig vekt på godsstrømmene, tilknytning til veg- og jernbanenett og kvaliteter ved jernbanenettet i første fase. Det er også viktig å vurdere tomtestørrelse og helning, ettersom området må være av en viss størrelse avhengig av valgt utforming, samt ha minst mulig høydeforskjell inne på terminalen (Bane NOR, 2020a).

Aktuelle plasseringer vurderes også ut ifra eksisterende arealplaner og arealformål. Hver kommune har sin egen kommuneplan som skal fungere som et overordnet styringsdokument, og består av en samfunnsdel og en arealdel (Mæhlum, 2018). Hele kommunens areal skal inngå i arealplanene og hvert område skal ha et arealformål som sier noe om hva området kan brukes til. Arealformålene er delt inn i 6 hovedkategorier; *Bebyggelse og anlegg, Samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur, Grønnstruktur, Forsvaret, Landbruks-, natur- og friluftformål samt reindrift (LNFR) og Bruk og vern av sjø og vassdrag, med tilhørende strandsone* (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2019).

Det er en fordel om det nye arealformålet stemmer overens med det overordnede arealformålet i kommuneplanen (Jernbaneverket, 2012). Det er ønskelig å unngå visse arealformål som eksisterende bebyggelse og dyrket mark ettersom det vil føre til en konflikt om arealbruk. Konflikter kan derimot være vanskelige å unngå ettersom folk ofte bor i nærheten av dyrka mark, og veg og bane skal betjene disse bosettingene (Statens vegvesen Region Midt, 2012). Terminaler for gods på bane har som regel arealformålet

Bane i arealplanen. Det vil også en omlastingsterminal for gods mellom bil og bane ha. Områder med arealformål innenfor hovedgruppen *Samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur* vil sannsynligvis være lettere å omgjøre til *Bane* enn arealformål fra andre hovedgrupper. Dette gjelder også områder med arealformålet *Næringsvirksomhet* fra hovedgruppen *Bebyggelse og anlegg*. Et arealformål som kan være vanskelig å omgjøre er for eksempel *Grønnstruktur*, spesielt i tettbygde områder hvor dette er mangelvare (Regjeringen, 2017).

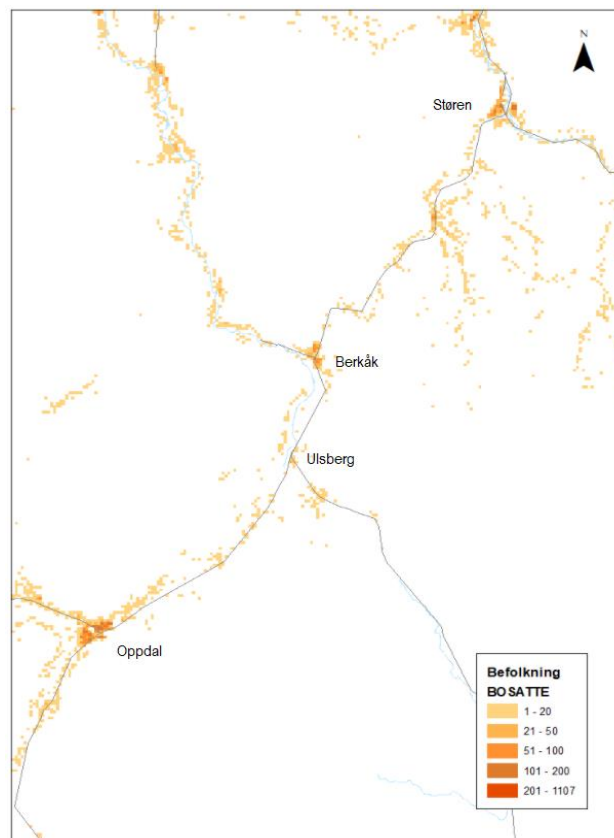
Som nevnt i Kapittel 3 er det tre områder som er skiller seg ut som potensielle for plassering av en omlastingsterminal. De tre områdene er:

- Område A: Støren
- Område B: Berkåk
- Område C: Oppdal

Videre i delkapittel 4.2 vil disse potensielle plasseringene vurderes og sammenlignes ut ifra forhold som beliggenhet og bosetting, klima og naturfarer.

4.2.1 Beliggenhet

Figur 6 viser at det er en betydelig bosetting langs hovedvegnettet og særlig i knutepunktene på vegnettet. Selv om omlastingsterminalen skal forsøkes helt eller delvis automatisert, vil det være behov for noe arbeidskraft på terminalen til utføring av vedlikehold og lignende. Derfor er det ønskelig at terminalen plasseres i nærheten av eksisterende bosetting i området.



Figur 6: Bosettingsmønstre for områdene rundt Oppdal, Berkåk og Støren. Egenprodusert kart med data fra SSB (2019).

Område A, Støren, er administrasjonssenteret i Midtre Gauldal kommune. Midtre Gauldal kommune hadde per 1.1.2020 6238 innbyggere, hvorav Støren hadde 2361 innbyggere (SSB, 2021b). På Støren finnes det meste av vanlige handels- og servicetilbud, samt noen industrifirmaer (Haugen, 2019). Den største bedriften i kommunen, Norsk Kylling AS, med 11 % av kommunens sysselsatte, produserer årlig omkring 30 000 tonn kylling som sendes til Rema 1000-butikker over hele landet (Strande, 2019; Trøndelag fylkeskommune, 2020). Ny fabrikk er ferdigstilt i Orkanger, og dermed flytter produksjonen ut av kommunen i løpet av våren 2021. Treforedlingsindustrien er stor i kommunen, med Støren Treindustri AS som den største. Støren er også et trafikknutepunkt hvor E6, Riksvei 30, Dovrebanen og Rørosbanen møtes. Det er planlagt ny E6 mellom Ulsberg og Melhus som skal være ferdig i 2026/2027 (Nye Veier, 2018). Dagens E6-trasé går utenom Støren sentrum. Ny trasé er også planlagt utenom sentrum, med to mulige alternativ. Det ene alternativet går på østsiden av sentrum, og det andre på vestsiden i tunnel. Med bil på E6 fra Støren til Brattøra i Trondheim er det i dag 60 km, og til Heggstadmoen 41 km. Fra Støren til Hitra, via Orkanger, er det 131 km og en reisetid på ca. to timer.

Område B, Berkåk, er administrasjonssenter i Rennebu kommune (Stokkan, Askheim og Haugen, 2019). Kommunen hadde 2486 innbyggere per 1.1.2020, der 983 bodde på Berkåk (SSB, 2021b). Noen km sør for Berkåk ligger tettstedet Ulsberg som også inngår i område B. Område B er et knutepunkt for trafikk ettersom E6 går gjennom både Ulsberg og Berkåk, Riksvei 3 går sørover fra Ulsberg, Fylkesvei 700 fra Berkåk og nordover, samt at Dovrebanen går gjennom både Ulsberg og Berkåk. Ny E6-trasé er planlagt utenfor sentrum av Berkåk. Det vil si at man ved plassering av en eventuell omlastingsterminal i dette området bør ta hensyn til den nye traséen og dens avkjørsler, for å sikre effektiv godshåndtering. Avstanden med bil på E6 fra Berkåk til Heggstadmoen er 72 km og til Brattøra 91 km. Fra Berkåk til Hitra via Fylkesvei 700 er det ca. 131 km, med en reisetid på ca. to timer og ti min.

Område C, Oppdal, er et tettsted og administrasjonssenter i Oppdal kommune. Kommunen hadde per 1.1.2020 7001 innbyggere, hvor tettstedet Oppdal hadde 4370 innbyggere (SSB, 2021b). Oppdal er en populær turistdestinasjon både sommer og vinter, og kommunens 3769 fritidsboliger har stor påvirkning på næringen i området. Blant de største industriene i Oppdal er næringsmiddel-, trevare- og møbelindustri, samt produksjon av blant annet Oppdalsskiferen (Plankontoret, 2019). Avstanden med bil på E6 fra Oppdal til Heggstadmoen og Brattøra er henholdsvis 107 km og 126 km. Fra Oppdal til Sunndalsøra på Riksvei 70 er det 68 km og ca. en time reisetid.

4.2.2 Teknisk

De tre potensielle områdene, A, B og C, er alle tilknyttet Dovrebanen, slik at kvaliteter ved jernbanelinjen generelt vil være de samme med tanke på tillatt hastighet, vekt og antall spor. Antall spor på stasjonene, terminaler og kryssingssteder vil variere i de tre områdene. Det samme vil stigningen på jernbanen. I Trøndelag er Dovrebanen enkeltsporet og elektrifisert (Wisting, 2020). Godstogene som trafikkerer Dovrebanen går stort sett mellom Alnabru i Oslo og Brattøra/Heggstadmoen i Trondheim, slik at forbindelsen til disse er viktig. Det er ingen andre vanlige godsterminaler mellom Oslo og Trondheim på Dovrebanen, men det er

en rekke tømmerterminaler. Avstanden til terminalene i Oslo og Trondheim, samt distribusjonsavstand mellom ny omlastingsterminal og eksisterende bedrifter i området, er viktig kunnskap for å finne ut hvor det vil være hensiktsmessig å plassere en ny terminal.

Område A, Støren, har egen togstasjon for persontransport som trafikkeres av både Røros- og Dovrebanen (Bane NOR Eiendom, u.å.a). Rørosbanen er enkeltsporet, men er ikke elektrifisert (Wisting, 2019). En terminal i Støren-området kan brukes til å laste om gods på begge banene. Det er noe høydeforskjell mellom E6, boligområder og butikkområder på Støren, men både Røros- og Dovrebanen ligger på omtrent samme høyde inn og ut av sentrum og har derfor relativt liten stigning. Området er forholdsvis tett bebygd, slik at bygging av en ny omlastingsterminal kan bli utfordrende. Støren stasjon ligger på en flate i tilknytning til en eksisterende beredskapsterminal. En utbedring av denne allerede eksisterende terminalen er en potensiell mulighet for en omlastingsterminal. Støren stasjon har flere kryssingsspor med lengde over 600 m (Bane NOR, 2021a).

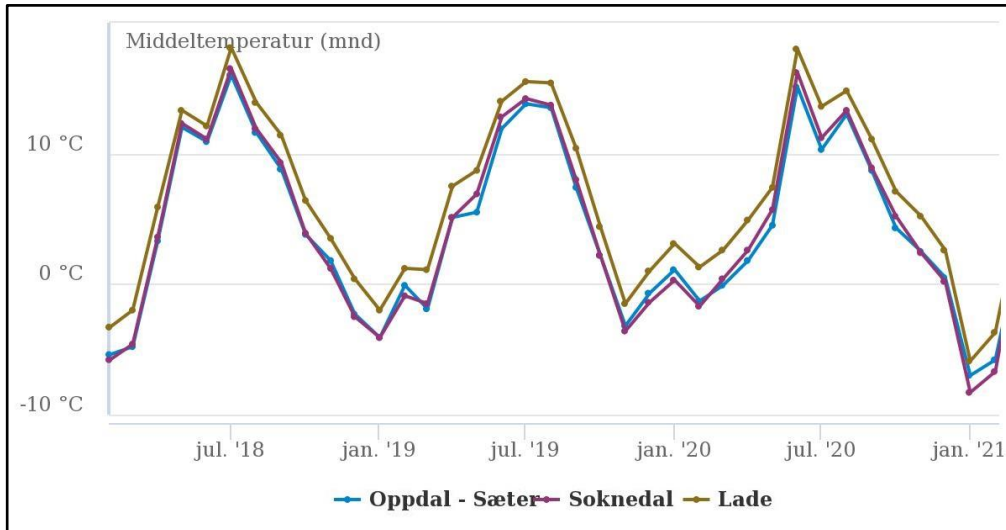
Område B, Berkåk, har egen togstasjon. I tillegg finnes det en togstasjon på Ulsberg, men den benyttes kun til kryssing (Bane NOR Eiendom, u.å.b). Kryssingssporene på Berkåk og Ulsberg er henholdsvis 569 m og 298 m lange (Bane NOR, 2021a). Berkåk sentrum er relativt flatt, i motsetning til området mellom Berkåk og Ulsberg som er brattere. Der ligger både veg og jernbane i en dalside. Det samme gjelder for Ulsberg, hvor den nedlagte stasjonen ligger i en slak dalside. Ulsberg har spredt bebyggelse, og Berkåk har tettere bebyggelse i og nært sentrum.

Område C, Oppdal, har egen togstasjon for persontog på Dovrebanen, hvor også godstog kan krysse i dag ettersom kryssingssporet er 540 m langt (Bane NOR, 2021a). Området Oppdal sentrum er relativt flatt og stort, men stort sett bebygd. E6 og Dovrebanen nord og sør for sentrum ligger i bunnen av et dalføre hvor det er forholdsvis flatt og lite bebygd, men begrenset mulighet for utbygging grunnet smal dal, elv og myr.

4.2.3 Klima

Autonome omlastingsprosesser vil kreve flere elektriske og hydrauliske komponenter i togene (Jernbanedirektoratet, 2019). Disse komponentene vil kunne oppleve driftsutfordringer knyttet til klima, spesielt med tanke på snø, is og kalde vintre. Det er derfor relevant å vurdere plassering av ny terminal ut ifra temperaturdata og forventede snømengder.

De fleste norske intermodale godsterminalene ligger i lavtliggende strøk langs kysten (Samferdselsdepartementet, 2015). Det er værmessig gunstig med tanke på temperatur, snømengde og håndteringen av vintervedlikehold. En mindre terminal plassert i innlandet vil kunne oppleve større utfordringer knyttet til lave temperaturer. Det er derfor hentet inn temperaturdata fra flere steder i regionen hvor omlastingsterminalen vurderes plassert, samt et sted langs kysten til sammenligning. Målestasjonene det hentes data fra er Oppdal, Soknedal (i Midtre Gauldal, mellom Berkåk og Støren) og Lade i Trondheim kommune (Norsk Klimaservicesenter, u.å). Figur 7 viser at middeltemperaturen jevnt over er litt høyere langs kysten på Lade enn i Soknedal og Oppdal.



Figur 7: Middeltemperaturer for Sæter i Oppdal kommune, Soknedal i Midtre Gauldal kommune og Lade i Trondheim kommune. Figur er hentet fra Norsk Klimaservicesenter (u.å).

Høyde over havet er også en faktor som kan spille inn på vær og klima, og som derfor vil vurderes i forbindelse med valget av lokasjon og utforming av en omlastingsterminal. Man kan grovt sett anta at temperaturen faller med 0,6 grader per 100 høydemeter man stiger over havet (Yr, 2013). Noen relevante høyder er gitt under:

- Brattøra godsterminal: 5 moh.
- Heggstadmoen godsterminal: 150 moh.
- Støren stasjon: 66 moh.
- Soknedal: 299 moh.
- Berkåk stasjon: 450 moh.
- Oppdal stasjon: 545 moh.

Tabell 5: Snølast i ulike kommuner i Trøndelag, hentet fra Standard Norge (2018).

Kommune	$S_{k,0}$ [kN/m ²]	H_g [m]	Δs_k [kN/m ²]	$s_{k,maks}$ [kN/m ²]
Midtre Gauldal	4,5	150	1,0	7,5
Oppdal	4,5	650	1,0	7,5
Rennebu	4,5	550	1,0	7,5
Trondheim	3,5	150	1,0	-

Tabell 5 viser karakteristisk snølast på mark i ulike kommuner i Trøndelag. Tallene er hentet fra Standard Norge (2018). $S_{k,0}$ er grunnverdien for snølast. For Trondheim er denne grunnverdien 3,5 kN/m², som tilsvarer omtrent 350 kg/m². For de resterende kommunene i tabellen er grunnverdien for snølast 450 kg/m². Det vil si at dagens godsterminaler i Trondheim er dimensjonert for en karakteristisk snølast som er 100 kg/m² mindre enn en terminal i Midtre Gauldal (Støren), Oppdal eller Rennebu (Berkåk) vil være.

4.2.4 Naturfare

Ved bygging av ny infrastruktur er man avhengig av en kartlegging av potensielle naturfarer som kan opptre i området. Graden av sårbarhet for naturfarer som kvikkleireskred, snøskred

og flom er noe av det som vil kunne avgjøre om et område egner seg til tenkt utbyggingsformål.

Bygging i områder med marin leire innebærer en risiko for kvikkleireskred, som utgjør en stor fare for liv og eiendom. Det er hensiktsmessig å gjøre denne risikoen så lav som mulig, ved å kartlegge om det er marin leire i området der en omlastingsterminal skal bygges. Områder som ligger over den marine grensen er ikke utsatt for kvikkleireskred (NGU, 2021). Denne grensen ligger mellom 0 og 200 m over havet. Norges vassdrags- og energidirektorat opplyser om at det per i dag ikke finnes kvikkleiresonekart for kommunene Oppdal, Midtre Gauldal og Rennebu (NVE, 2020d). Både Oppdal og Rennebu ligger over den marine grensen og er derfor utenfor fare for kvikkleire. Støren sentrum, i Midtre Gauldal kommune, ligger under marin grense, men har ingen områder som er definert som kvikkleiresoner på grunn av manglende kvikkleiresonekart i kommunen. Områder under den marine grensen må likevel vurderes som aktsomhetsområde for kvikkleire (NVE, 2021). I en risikoanalyse utført i forbindelse med ny kommunedelplan for Støren i 2019 ble faren for kvikkleireskred vurdert til å ikke være av betydelig risiko (Midtre Gauldal Kommune, 2019).

Faren for flom avhenger av mengden snø som smelter, nedbør og vassdrag (NVE, 2020a). Flomutsatte områder innebærer en risiko, og flomfaren bør derfor kartlegges. Sør for Oppdal sentrum renner elven Ålma, en sideelv fra Driva (NVE, u.å.a). Øst for Berkåk renner Orkla, ca. 200 m lavere enn sentrum og mesteparten av bebyggelsen. Langs E6 rett nord for Berkåk ligger Buvatnet, med tilhørende myr- og bekkeområder. Like ved Støren sentrum møtes elvene Gaula og Sokna (Pettersson, 2000). Disse elvene, sammen med snøsmelting og nedbør, vil være en potensiell flomfare som må utredes ved plassering av terminal.

Andre naturfarer som bør kartlegges er snø-, flom- og jordskred. Skredterreng, som innebærer løsneområde og utløpssone for skred, vil være utsatte områder (NVE, u.å.b). Faren for utløsning av snøskred er så å si bare til stede i terreng med helning brattere enn 30 grader, men utløpssonen er som regel mye større enn løsneområdet og er ikke avhengig av helning (NVE, u.å.b). Kartlegging av risikoen for snøskred avhenger derfor både av å identifisere hvilke fjell som har stor nok helning til at skred kan skje, og hvor stort nedslagsfelt et potensielt snøskred vil ha. For jord- og flomskred vil terreng med helning over 25 grader være skredutsatt (NGU, 2019). Både utløpssonen til skredet og risikoen for at skredet skal utløses avhenger av vannmengden. Kvikkleireskred og flom er også mer utsatt ved økt nedbørsmengde. Fremtidsprognoser viser at nedbørsmengden kommer til å øke på grunn av klimaforandringene (NVE, 2020b), slik at kartlegging av alle typer potensielle naturfarer i utsatte områder vil bli mer og mer viktig. Risikoanalyser vurderer sannsynligheten og konsekvensen ved naturfarer (NGI, u.å). Slike analyser må utføres mer grundig i området der en terminal vurderes plassert.

4.2.5 Beredskap

Et annet aspekt ved etablering av flere omlastingsterminaler er, ifølge Roar Melum, regionsjef i Norges Lastebileier-forbund, at det vil bidra til en mer robust infrastruktur (Melum, personlig kommunikasjon, 23. feb 2021). Dette er i seg selv ikke en motivasjon for oppgaven, men vil være en positiv effekt. Man vil som nasjon være bedre rustet til å takle naturkatastrofer og konflikter selv om deler av jernbanen eller vegnettverket skulle kollapse,

dersom man har mulighet til å sende gods og større varer fra andre steder i landet enn kun de store byene med godsterminaler. På den måten kan man få en større frihet i krisesituasjoner, og dermed bedre beredskap. Plassering av en terminal bør derfor også vurderes ut ifra stedets tilgjengelighet og robusthet for beredskap i en krisesituasjon.

4.3 Utforming av terminal

Som tidligere nevnt sier Marskar *et al.* (2015) at reduserte terminalkostnader vil være gunstig for konkurranseevnen til gods på jernbane. Enklere og mindre terminaler der gods kan skifte mellom lastebil- og jernbanetransport kan være en løsning for å redusere kostnadene knyttet til terminaler. En viktig årsak til at man ønsker et skifte i transportform fra veg til bane er fordi man gjennom intermodal godstransport kan utnytte de ulike transportformenes styrker for å optimalisere transporten med tanke på energiforbruk, kostnader og miljøbelastning (Vural *et al.*, 2020). Utfordringen ved intermodal transport er de mange barrierene ved omlasting. Barrierer ved omlasting er for eksempel kostnadene, omlastingstiden, mindre fleksibilitet, pålitelighet, at terminaler kan være flaskehals med risiko for forsinkelse, skade ved omlasting og kommunikasjonsfeil (Vural *et al.*, 2020). Utfordringen blir dermed å legge til rette for en effektiv omlastingsterminal hvor godset kan lastes om uten å tape for mye tid og penger.

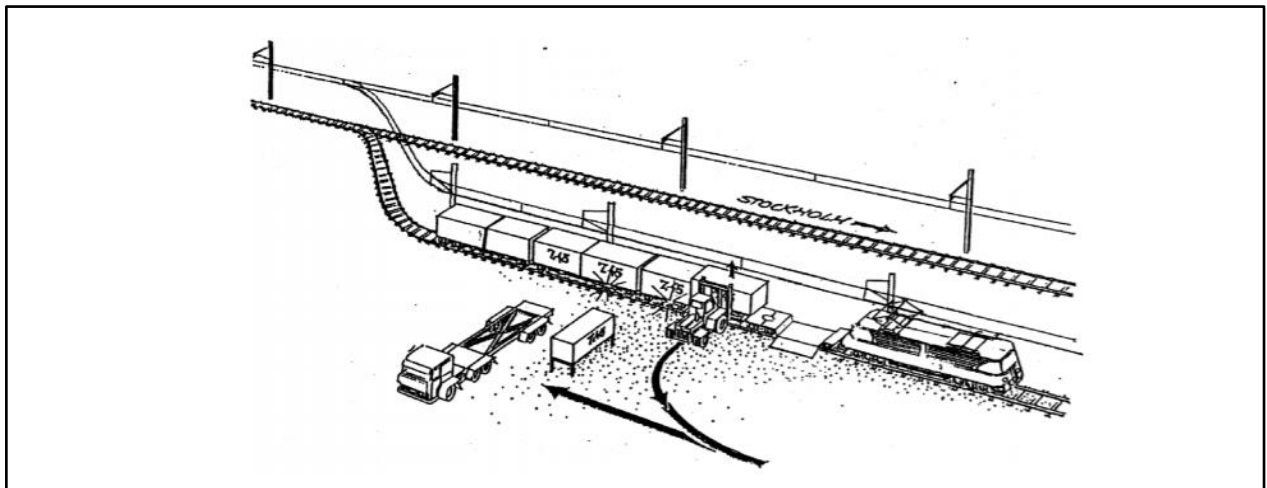
4.3.1 Erfaringer med mindre terminaler fra Sverige

Ettersom dagens terminalstruktur i Norge ikke består av mindre omlastingsterminaler, er det ønskelig å se til andre land for deres erfaringer med slike terminaler. I dette tilfellet er det sett til Sverige, som har vært gjennom et pilotprosjekt med mindre terminaler. Sverige er et land som kan sammenlignes med Norge i utstrekning, topografi, demografisk fordeling og klima, slik at deres resultater også kan være relevante for norske forhold.

I 1995 startet Green Cargo opp et prosjekt kalt *The Dalecarlian Girl*, der man gjennom å etablere 30-40 mindre omlastingsterminaler ønsket å generere nye markeder for halvferdige og ferdige produkter som skulle fraktes på tog over avstander mellom 200 og 500 km (Woxenius *et al.*, 2003). Omtrent hver 100. km ble det tilrettelagt for omlasting med sidespor. Selve omlastingen ble utført som en horisontal omlasting under kontaktledningene, der toget selv fraktet med seg en truck som lokføreren opererte. Hvert stopp skulle ta mellom 15 og 30 minutter. Slike tog som frakter med seg egen truck kalles lett-kombi. Bärthel og Woxenius (2003) har gjennom sin evaluering av prosjektet vurdert det til å fungere godt teknisk og logistisk, både med tanke på selve omlastingen som ble utført av lokføreren og gjennom at kjøringen ble gjort på nattetid for å unngå problemer med tidstabellen. Prosjektet ble gjennomført som en pilot, og fikk dermed ikke den økonomiske eller organisatoriske støtten det krevde for å overleve kommersielt (Bärthel og Woxenius, 2003).

Jernbanegruppen ved Kungliga Tekniska Högskolan i Sverige ser i en rapport på konkurransekraftige kombitransportsystem (Nelldal *et al.*, 2005). De sier at "Linjetogsystemer med mange små terminaler kan utvide markedet for kombinert transport på en radikal måte og utfylle dagens endepunktsystem med få store terminaler" (Nelldal *et al.*, 2005, s. 6). Et slikt system krever at man kun bruker vekselflak og containere med maks lengde 10,7 m og 25 tonn, slik at omlastingen kan skje horisontalt med trucker. Det vil gjøre

systemet økonomisk gunstig og enkelt, og en omlasting vil ifølge Nelldal *et al.* (2005) kun ta mellom 15 og 30 minutter. En slik overføring bør i fremtiden kunne helautomatiseres for å sikre effektivitet og lønnsomhet. Hvordan en slik overføring kan gjøres er vist i Figur 8.



Figur 8: Terminal med lett-kombi-system, der omlasting skjer ved hjelp av en gaffeltruck som kan fraktes med toget. Figur er hentet fra Nelldal *et al.* (2005).

4.3.2 Krav til utforming av terminaler

Krav og anbefalinger til hvordan en mindre omlastingsterminal bør utformes er funnet gjennom en litteraturstudie. I dette delkapittelet vil krav og anbefalinger presenteres. Disse er i hovedsak funnet i en rapport skrevet av Ballis og Golias (2002) og i Bane NOR sitt tekniske regelverk.

Ballis og Golias (2002) presenterer i sin rapport fem elementer som vanligvis inkluderes på en intermodal terminal:

1. Sidespor for lagring av vogner
2. Omlastingsspor
3. Lagring- og bufferfelt for intermodale transportenheter
4. Laste- og kjørefelt for lastebiler
5. Internt vegnett

Som tidligere nevnt er terminalens nærhet til godsproduserende virksomheter, eksisterende terminaler, jernbanens hovednettverk og vegnett av stor betydning for type og mengde gods som vil distribueres på terminalen. Samtidig er mer tekniske aspekt ved terminalene viktige i utformingen av terminalene. Følgende parametre vurderes av Ballis og Golias (2002) som viktige:

- **Lengde på omlastingsspor:**

Lengden på omlastingssporet avhenger av lengden på togene, på tilgjengelig areal og budsjett. I Norge er vanlig godstoglengde opp mot 450 m (Jernbanedirektoratet, 2018), men over tid er det sannsynlig at også lengre tog enn dette vil være vanlig. Da må det øvrige jernbanenettet tilpasses lengre godstog med flere og lengre kryssingsspor. Omlastingsspor på nye terminaler bør derfor være langt nok til å håndtere godstog på minimum 600 m.

- **Utnyttelse av omlastingsspor:**
Antall og lengde på omlastingsspor avhenger av hvor mange tog som skal oppholde seg der samtidig, og over hvor lang tid. Ettersom terminalen som utredes skal være av den mindre typen, er det tilstrekkelig at ett godstog kan oppholde seg på omlastingssporet av gangen, samt at det skal være mulig for andre tog å passere.
- **Ankomstmønstre for tog og lastebil:**
Ankomsttid for tog på en terminal er som oftest timeplan-bestemt. Lastebilenes ankomst er stort sett bestemt av togenes ankomsttid, og lastebilene vil ofte være på plass når godstoget ankommer (Ballis og Golias, 2002). Det er derfor viktig å planlegge for nok plass til at flere lastebiler kan ankomme omtrent samtidig.
- **Type og antall håndteringsutstyr:**
I Norge er det mest vanlig med kran og reachstacker for å håndtere godset på terminaler, men for at omlastingen skal skje på en tids- og kostnadseffektiv måte er det ønskelig at terminalen utformes slik at omlastingen kan skje horisontalt og med stor grad av autonomi. Ved autonom omlasting vil behovet for ansatte ved terminalen være mindre, noe som kan bidra til å spare kostnader. Utstyret som er nødvendig for å gjennomføre omlastingen vil avhenge av endelig utforming av terminal og av tilgjengelig teknologi på etableringstidspunktet. Det vil være en konkurransefordel for terminalen dersom den tilrettelegges for fremtidens teknologi (Jernbanedirektoratet, 2019).
- **Gjennomsnittlig stablehøyde i lagerområder:**
Ettersom omlastingsterminalen planlegges med direkte overføring mellom lastebil og tog vil det i utgangspunktet være lite behov for lagring av gods på terminal. Samtidig er det lurt å være forberedt på unntakstilstander, ved at det planlegges noe plass for lagring av gods på terminal. Da er det viktig å tenke på at man med horisontale løsninger vil måtte plassere godset ved siden av hverandre, og ikke oppå hverandre slik containere vanligvis stables på godsterminaler. Semitrailere og vekselflak, som er vanlige lastbærere i Norge, kan ikke stables i høyden (Ballis og Golias, 2002).

I tillegg peker Ballis og Golias (2002) på tilgangen til terminalen for togene, hvor det bør være inn-/utgang i begge ender, altså en gjennomkjøringsterminal. Bane NOR (2020a) sier også at gjennomkjøringsterminaler bør prioriteres der det er mulig, og det er derfor ønskelig med en slik utforming. Utdfordringen med gjennomkjøringsterminaler er knyttet til elektrifisering og til kontaktledningene over jernbanesporet (Ballis og Golias, 2002). Ved bruk av horisontale omlastingsmetoder kan man overføre godset uten kraner og dermed ha elektrifisert jernbane gjennom terminalen uten at dette blir en utfordring.

Bane NOR (2020a) sin håndbok *Teknisk håndbok - funksjonelle anbefalinger ved konstruksjon av jernbanegodsterminaler* inneholder en rekke konstruksjonsfaktorer som bør vurderes ved utforming av nye terminaler. Håndbokens formål er å sikre at intermodale godsterminaler planlegges og bygges basert på nyeste tilgjengelige kunnskap og teknologi, og anbefalingene er derfor erfaringsbaserte. Bane NOR (2020a) peker på en rekke konstruksjonsfaktorer ved planlegging og bygging av en jernbaneterminal. De faktorene som anses som viktige for en mindre omlastingsterminal er:

- Areal og utforming: Terminalene bør ha samme høyde i terrenget over hele flaten for å være mest mulig effektiv.
- Innkjøringsområde/-gate: Det bør være separat inn- og utkjøringsområde.

- Planoverganger: Det anbefales å ikke lage nye planoverganger.
- Sikkerhetslinje: Det bør etableres en sikkerhetslinje 2,5 m fra spormidtd.
- Beredskapsporter: Det bør være to evakueringsmuligheter/adkomster for nødetaer.
- Garasje for terminalmaskiner: Det anbefales å etablere garasje for truck til vedlikehold og vask.
- Varmerom: Bør etableres i forbindelse med garasje for terminalmaskiner.
- Ladestasjoner for terminalmaskiner: Det bør minimum være to ladestasjoner. Disse kan etableres i sammenheng med garasje for terminalmaskiner.
- Parkeringsplasser: Parkering anbefales etablert på utsiden av terminalområdet.
- Snøryddingsrampe/stillas: Behovet avhenger av snømengder på stedet.
- Snødepot: Bør vurderes. Dimensjoneres etter behov.
- Lasteramper for bilhåndtering: Dimensjoneres etter behov.
- Kabelkanaler, strømføringer og strømkilder: "Terminal bør legges til rette for strømtilførsel til TOS, informasjonsskjermer, elektronisk adgangskontroll, kameraovervåkning, automatiske porter og bommer, lasteramper, tankanlegg, og til ladning av terminalmaskiner" (Bane NOR, 2020a, s.15).
- Hensettingsspor: Vurderes etablert om det ikke påvirker terminalens kapasitet.

Videre vil selve området som trengs for å gjennomføre omlastingen avhenge av hvilken metode for omlasting som velges. I Tabell 6 vises en oversikt over omlastingstider og nødvendig plass for omlasting ved et utvalg omlastingemetoder (Klemenčič og Burg, 2018). Det er mulig at flere nye teknologier på dette området vil være tilgjengelig innen terminalen vurderes etablert og det vil derfor ikke bli lagt noen føringer for hvilken metode som skal velges.

Tabell 6: Oversikt over omlastingstider og nødvendig plass for omlasting ved et utvalg omlastingemetoder, hentet og oversatt fra Klemenčič og Burg (2018).

Teknologi	Antall semitrailere per tog (lastbærere)	Omlastingstid per lastbærer (min)	Tid mellom to tog (min)	Terminalområde for én lastbærer (m ²)
Modalohr	38	4	60	156
CargoBeamer	31	15 (per tog)	90	117
ISU	40	4	120	120
Megaswing	39	3	30	120
NiKRASA	40	3	120	130
Cargospeed	35	8 (per tog)	20	130
Reachstackers	40	3	120	130

4.3.3 Teknologi

For at mindre omlastingsterminaler skal være konkurransedyktige, må de være både tids- og kostnadseffektive. Det vil si at antall ansatte må være på et minimum og omlastingoperasjonene må gå raskt. Bane NOR (u.å.a) har forpliktet seg til at terminalene

skal oppleves på en "(...) sikker, miljøvennlig og kostnadseffektiv måte". For at disse forutsetningene skal kunne oppnås kan man se til automatiske operasjoner utført av roboter og autonome systemer, hvor det stadig gjøres store teknologiske fremskritt. Et av de fem hovedmålene i NTP 2022-2033 er effektiv bruk av ny teknologi (Meld. St. 20 (2020–2021)). Det vil si at det bør finnes statlig investeringsvilje og vilje til forskning på bruk av autonome omlastingsprosesser.

Jernbanedirektoratet (2019a) har i en rapport vurdert nåsituasjonen og fremtidsmuligheter for godstransport på jernbane. I samarbeid med SINTEF har de gjennomført en mulighetsstudie for automatisering av kombiterminaler i Norge (Jernbanedirektoratet, 2019). Der pekes det på at Norge har andre utfordringer enn andre land i Europa. På grunn av relativt små godsmengder som kommer inn i landet, blir godset overført til vekselflak og trailere i stedet for containere. Samtidig er containere den lastbæreren som gjør en fullautomatisering mulig, både fordi de er standardiserte og fordi de kan stables flere i høyden enn vekselflak. Videre konkluderer Jernbanedirektoratet (2019) i sin rapport med at den faktoren som har størst automatiseringspotensial på norske terminaler, er gaten mot vegen. Det vil si at man gjør prosessen med å entre godsterminalen enklere for vegtransport, for eksempel med automatisk registrering av sjåfør og kjøretøy, samt kontroll av skader på kjøretøy og last ved innkjøring (Jernbanedirektoratet, 2019). En slik automatisering vil kunne øke effektiviteten på terminalen, gjøre informasjonsflyten enklere og redusere bemanningsbehovet.

Ønsker man derimot en fullautomatisering av terminalen, må selve omlastingen gjøres autonom. Det finnes flere pilotprosjekter rundt om i verden som omhandler autonome skifteoperasjoner. I Sveits har Swiss Federal Railways (SBB) et prosjekt gående på automatiske koblinger (Ritter og Wildi, u.å). Ved å automatisere koblingene vil det ikke være nødvendig å utføre tunge operasjoner manuelt. Det vil være gunstig både for de ansatte og for tidsbesparelse. VAL 2020 er et annet prosjekt som foregår på Technische Hochschule Nürnberg i samarbeid med DB Cargo, der de ønsker å modernisere eldre dieseldrevne skiftelokomotiv til å kunne utføre autonome operasjoner. Det gjøres ved å utstyre skiftelokomotivet med sensorer (Bergmeister, 2017). VAL er en tysk forkortelse for helautomatisk lokomotiv for trykkutløsning (Bergmeister, 2017). Testkjøringer med skiftelokomotivet ble gjennomført i 2017, med gode resultater.

Shift2Rail er en organisasjon og et initiativ i regi av EU med formål om å gjøre transportsektoren mer bærekraftig ved å flytte store deler av godset som i dag fraktes på veg over på jernbane, samt øke kapasiteten på jernbanen. Organisasjonen har mange prosjekter under utvikling som ser på ulike aspekter ved dette skiftet i transport, blant annet på det rullende materiellet, datahåndtering og bærekraftsperspektiv (Shift2Rail, u.å).

4.3.3.1 Horisontal omlasting

Dagens standard for omlasting på norske godsterminaler er vertikal omlasting, der godset flyttes mellom tog og lastebil ved å heises med lift eller kran. På Brattøra terminal lastes og losses godset ved bruk av gaffeltrucker og reachstackere (CargoNet, u.å). Som en løsning for å gjøre omlastingsprosessen mindre areal- og tidkrevende, vil det i denne oppgaven sees på muligheter for horisontal omlasting. Det vil si at godset sideforflyttes uten at det løftes opp (Islam, Ricci og Nelldal, 2016).

I Sveits har man undersøkt de horisontale omlastingssystemene *Modalohr* og *CargoBeamer* i forbindelse med den nye Gotthardtunnelen (Petri og Sondermann, 2012). Målet var å finne ut hvilket system som kan bidra til overføring av gods på den mest økonomiske måten. *Modalohr*-systemet bruker semitrailere som lastbærere, og omlastingen skjer ved å rygge semitraileren inn på en skråstilt togvogn, der lastbæreren kobles fra kjøretøyet (Lohr, u.å). *CargoBeamer* fungerer ved at lastbæreren settes av på en tilpasset modul, for så å skyves sideveis over på togvognen (CargoBeamer, u.å). I prosjektet sammenlignes disse systemene med dagens omlastingsteknologi under forutsetning av like rammebetingelser. Utredningen konkluderer med at dagens løsning med vertikalt løft gir kortere togfølgetider i terminalene og dermed høyere kapasitet. Også arealbehovet i terminalen og investeringskostnader i materiellet er lavest for konvensjonelt vertikalt løft. I rapporten anbefales det derfor å satse videre på dagens løsning med vertikal omlasting. Selv om Petri og Sondermann (2012) anbefalte å fortsette med dagens løsning for terminalen i 2012, har det skjedd en teknologisk utvikling siden den tid, som også vil fortsette.

En annen horisontal omlastingsmetode er *Megaswing*. Dette er system som kan minne om *Modalohr* i omlastingsmetode, men som ifølge Klemenčič og Burg (2018) er mindre areal- og tidkrevende. Systemet går ut på at trailere rygges på en skråstilt del av en togvogn, som vist i Figur 9. Deretter kobles hengeren fra kjøretøyet og vognen roteres tilbake til sporet. Denne løsningen gjør det mulig å utforme terminalen som gjennomkjøringsterminal.



Figur 9: Semitrailer som rygger inn på en Megaswing-togvogn. Figur hentet fra Kockums Industrier (2010).

ContainerMover er en annen horisontal omlastingsmetode som tillater bruk av gjennomkjøringsterminal (InnovaTrain, u.å.). Den er utviklet av InnovaTrain og vises i Figur 10. Systemet håndterer både standard 20 fots containere og standard veksellak. Selve *ContainerMover*-modulen installeres direkte på lastebilen og styres av lastebilsjåføren via en håndholdt fjernkontroll. I tillegg kreves en tilpasset ramme som plasseres på togvognen for at den skal være kompatibel med lastebilens løfte- og sideforskyvningssystem. Omlastingen av gods skjer ved at lastebilen plasseres seg parallelt inntil togvognen og stilles inn i riktig høyde ved hjelp av et lufttrykksløftesystem. Deretter skyves godset fra lastebilen til vognen, eller omvendt, ved hjelp av sideforskyvningssystemet.



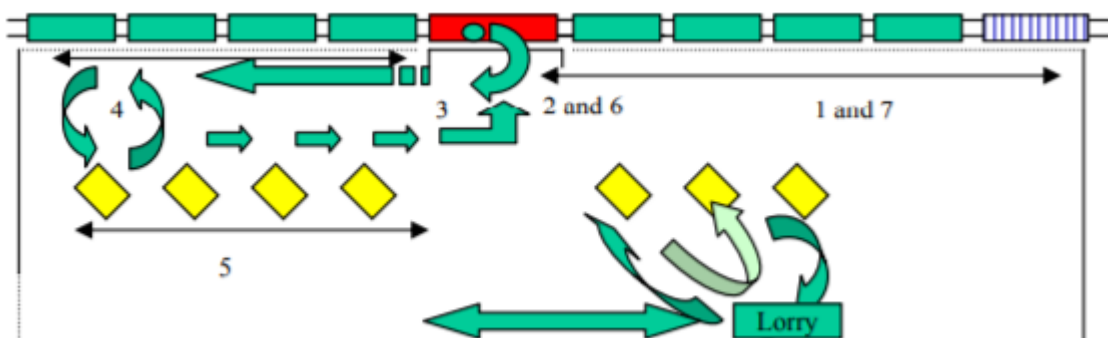
Figur 10: Omlasting mellom bil og bane ved hjelp av systemet ContainerMover fra Innovatrain. Figur hentet fra InnovaTrain (u.å).

Som beskrevet tidligere er lastbærerne som håndteres av de to metodene *Megaswing* og *ContainerMover* ulike, hvor *Megaswing* lastes med trailere og *ContainerMover* med containere og vekselflak. Det vil si at valget av omlastingsmetode, og dernest utforming av terminal, også vil avhenge av hvilken metode som er mest hensiktsmessig med tanke på godstypen og lastbærerne som eventuelt skal lastes om på terminalen.

I en godsstrømsanalyse for Trøndelag og Nordland gjennomført av Hanssen og Solvoll (2014) viser det seg at kun en liten del (20 %) av den inn- og utadgående transporten til de kartlagte bedriftene benyttet seg av mobile lastbærere slik som semitrailere, containere og vekselflak. Semitrailere var den mest brukte blant de mobile lastbærerne. Det er kun 4 av de 40 kartlagte bedriftene som ligger i Trøndelag Sør, slik at fordelingen av lastbærere kan være annerledes for denne regionen alene og bør undersøkes nærmere i en eventuell planleggingsfase.

4.3.4 Terminaltype

En mindre omlastingsterminal kan utformes på ulike måter. Et alternativ er som nevnt en gjennomkjøringsterminal som består av et sidespor som er koblet direkte til hovedsporet i begge retninger (Woxenius *et al.*, 2003). En mulig utforming av en slik terminal vises i Figur 11. Her går konseptet ut på at lokføreren selv styrer omlastingen med en truck som fraktes med toget fra terminal til terminal.



Figur 11: Light Combi Terminal. Figur hentet fra Woxenius et al. (2003).

En annen mulig utforming kan være en sekketerminal, hvor sidesporet er koblet på hovedsporet i kun den ene enden (Okstad et al., 2010). En slik utforming gjør at toget må rygge tilbake på hovedsporet for å kjøre videre. Det gir rom for flere omlastingsmetoder, for eksempel med *Modalohr*-systemet. Et slikt system er vist i Figur 12. Som tidligere vist gir Tabell 5 mer informasjon om blant annet omlastingstid og lasteplass for ulike omlastingsmetoder.

Utforming av omlastingsterminal, valg av type terminal og omlastingsmetode avhenger, i tillegg til omlastingstid og lasteplass, av området den velges plassert i, godsstrømmene og varetyper.



Figur 12: Terminal utformet for bruk av Modalohr. Figur hentet fra Lohr Railway system (2017).

4.4 Overføringspotensial

Overføringspotensialet for gods avhenger i stor grad av kapasiteten både på vegen og jernbanen. "Transportene som ikke får godt nok tilbud på sporet, vil i stor grad finnes igjen på vegnettet" (Marskar et al., 2015, s. V). Om dagens jernbanestruktur ikke har plass til en økning i trafikkmengde, vil det ikke være mulig å overføre godset. Samtidig vil en fremtidig

trafikkøkning kunne føre til kapasitetsproblemer på vegnettet, slik at attraktiviteten til jernbanetransport øker.

Dette underkapittelet vil se på fremtidens prognoser for befolkningsvekst, økning i godsmengde og trafikk, for å se hvordan det vil påvirke kapasiteten på både veg og jernbanen i fremtiden.

4.4.1 Fremtidsscenario 2050

I 2018 utarbeidet KPMG en rapport for transportetatene om trender og drivkrefter i samferdselssektoren fram mot 2050 (Gjestvang *et al.*, 2018). Der ble følgende teknologitrender antatt å være viktige for utviklingen av samferdselssektoren: Elektrifisering, konnektivitet og autonomi. Den norske bilparken opplever en stor vekst i elektriske kjøretøy, og det forventes at denne veksten vil overføres til andre deler av transportsektoren i tiden fremover. Konnektiviteten til sektoren vil si hvor godt transportmidlene kommuniserer med hverandre. En stadig utvikling av teknologi vil bidra til at denne kommunikasjonen vil øke. Det forventes å skje en stor utvikling i automatiseringen av kjøretøy, ved å gjøre både biler, tog, fly og ferger selvkjørende (Gjestvang *et al.*, 2018). Disse trendene peker mot at teknologi som automatisering av skifteoperasjoner og omlasting bør være innenfor rekkevidde i fremtiden. Samtidig understrekes det i rapporten at utviklingstrekkene som beskrives er høyst usikre.

I en rapport om befolkningsfremskrivninger for kommunene viser tall fra SSB at befolkningen i Trøndelag var 469 000 i 2020 (Leknes og Løkken, 2020). I den samme rapporten er befolkningen beregnet til å bli 517 000 i 2050. Det vil si en prosentvis økning på 10,2 %. Generelt vil det i alle fylkene, bortsett fra Nordland, oppleves en befolkningsvekst innen 2050. Samtidig med denne befolkningsveksten skjer det en urbanisering i samfunnet (Gjestvang *et al.*, 2018). Begge disse faktorene vil føre til økt trafikk i og rundt byene, både for person- og godstransport.

I rapporten til KPMG er prognosene for økning i netthandel i 2050 varierende, fra 30 % til 100 % (Gjestvang *et al.*, 2018). Samtidig anslår NTP en dobling i godstransport på veg innen 2050 (Hovi *et al.*, 2017). Befolkningsvekst, sammen med utvikling i økonomi, kostnader og infrastruktur, vil føre til en stadig økning i mengde gods. Som nevnt er det terminalene som utgjør de store kostnadene både tidsmessig og økonomisk for gods på jernbane. Ifølge Gjestvang *et al.* (2018) vil en utvikling innen teknologi som gjør godshåndteringen på terminalene automatisert, bidra til å styrke jernbanens konkurranseevne. Dette gjelder spesielt på korte distanser, da det er her jernbanen stiller svakest mot vegtransport. På en annen side vurderer Gjestvang *et al.* (2018) at godstransporten på jernbane vil miste fordelene sine dersom lastebiler og andre kjøretøy for frakt av gods på vegene elektrifiseres og automatiseres. Autonome kjøretøy vil kunne holde kortere avstand mellom seg, og øke effektiviteten ved at bilene ikke trenger hvilepauser i samme grad som en sjåfør. Dette vil dog føre til en økt belastning på vegnettet. Gjestvang *et al.* vurderte i 2018 sannsynligheten for en automatisering i vareproduksjon og godstransport til å være ca. 35 % i 2025. En av motkreftene som kan stagnere den teknologiske utviklingen, knyttes til den norske naturen og de utfordringene den fører med seg. Norge er et land med store avstander, værutsatte fjelloverganger og mange km med dårlig vegstandard.

4.4.2 Kapasitet og overføringspotensialet

I dette underkapittelet vil det teoretiske grunnlaget for kapasitet på veg og jernbane presenteres. Overføringspotensialet henger tett sammen med dagens og fremtidens utnyttelse av kapasitet, da det beskriver hvor stor økning i trafikk de ulike infrastrukturene tåler.

4.4.2.1 Kapasitet på vegnettet

Kapasiteten til et vegnett er i Statens vegvesens Håndbok V714 definert som “Den største trafikkmengden som kan avvikles over en bestemt tidsperiode under gitte veg- og trafikkforhold” (Statens vegvesen, 2014, s. 15). I en mailutveksling med Børge Bang i Statens vegvesen ble et grovt anslag til kapasitet for strekninger i nærheten av byområder anslått til å være ca. 1700 kjøretøy per time (kjt/t), og 2000 - 2200 kjt/t for strekninger utenfor tettbebyggelse (Bang, personlig kommunikasjon, 18. feb 2021). Dette gjelder kun for vegstrekninger uten kryss.

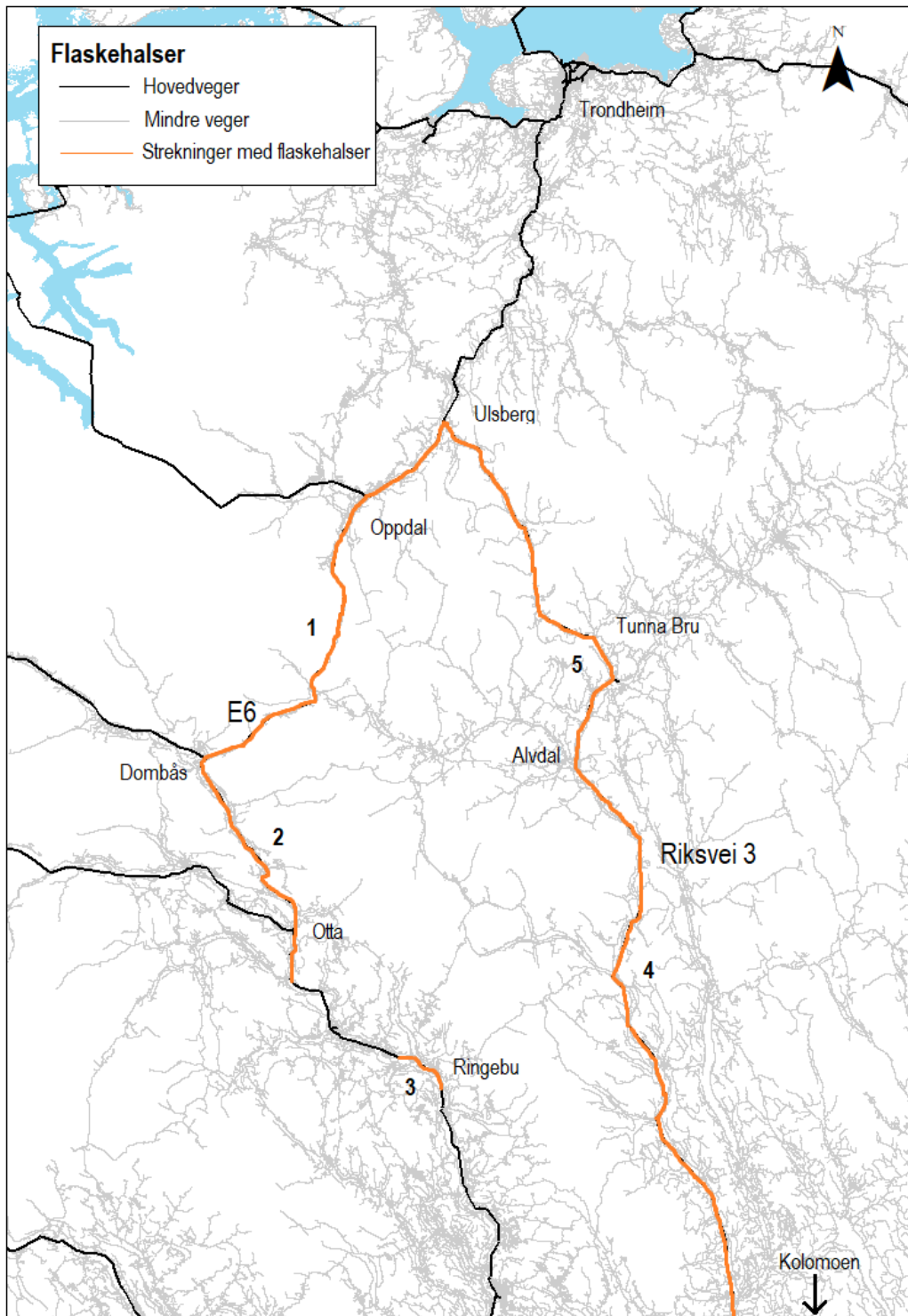
De viktigste trafikklårene mellom Trøndelag og Østlandet er E6 gjennom Gudbrandsdalen og over Dovre, og Riksvei 3 gjennom Østerdalen. Trafikkmengdene på ulike steder langs disse vegene vises i Tabell 7. Tallene er hentet fra Statens vegvesen sine trafikktelegninger tilgjengelig på vegkart.no, og gis i kjøretøy per døgn (ÅDT).

Tabell 7: Trafikkmengder på ulike strekninger i regionen, hentet fra vegkart.no.

Sted	Veg	ÅDT (kjt/døgn)	Tungbilandel
Hjerkins	E6	2000	22 %
Oppdal sentrum nord	E6	5300	16 %
Berkåk nord	E6	5080	27 %
Støren sør	E6	5830	28 %
Støren nord	E6	7610	22 %
Lundamo	E6	9660	18 %
Melhus	E6	13150	16 %
Omkjøringsvegen Trondheim	E6	43840	10 %
Kvikneskogen	Rv. 3	2250	35 %
Tynset sør	Rv. 3	3200	24 %
Meldal sør	Fv. 700	1800	30 %
Oppdal vest	Rv. 70	3130	12 %

Selv om E6 og Riksvei 3 er viktige vegstrekninger med mye trafikk som knytter Trøndelag og Østlandet sammen, er det flere delstrekninger som kan betegnes som flaskehals og som senker kvaliteten på vegnettet. Flaskehalsene er identifisert av Norges Lastebileier-forbund (NLF) i et vedlegg til NTP 2022-2033, og vises i Figur 13 og Tabell 8 (NLF, 2020). Flaskehals i trafikken vil si strekninger der trafikken ikke opererer med full virksomhet, slik

at hastigheten ofte reduseres og det er fare for kø. Flaskehalsene oppstår der kryss, rundkjøringer, smale veger og utfordrende linjeføring på vegen gjør det krevende å holde jevn hastighet.



Figur 13: Flaskehalsar på E6 og Riksvei 3. Egenprodusert figur.

Tabell 8: Flaskehalsler.

Flaskehals nr.	Strekning
1	Dombås - Ulsberg
2	Otta - Dombås
3	Ringebu - Frya Ringebu sentrum
4	Kolomoen (Stange) - Ulsberg
5	Tunna Bru

Deler av vegene ligger utsatt til med hensyn til vær og klima. Fjellovergangen over Dovrefjell skaper tidvis utfordringer med snø og vind, og andre deler av vegnettet har utfordringer knyttet til skred og flom (Avinor *et al.*, 2019). Dette er faktorer som gjør vegnettet ustabil, og som bidrar til en tidvis lav kapasitet på vegene. Roar Melum utpeker de største kapasitetsutfordringene til å være gjennom byer og tettsteder, og ikke på strekningene mellom disse (Melum, personlig kommunikasjon, 23. feb 2021). Både E6 og Riksvei 3 går gjennom ulike tettsteder, der rundkjøringer, kryss og en generell økning i trafikk, kombinert med hastighetsforandringer, senker fremføringshastigheten og reduserer kapasiteten.

Hovedutfordringene i korridoren Oslo-Trondheim er identifisert til å være knyttet til "(...) dagens kapasitet i transportsystemet og muligheten for å tilby effektiv transport for et voksende bo- og arbeidsmarked" (Avinor *et al.*, 2019, s. 3). I den samme rapporten vurderes den prosentvise veksten i persontransport i den nevnte korridoren til å være 51 % fra 2018 til 2050. Riksvei 3 er den mest trafikkerte hovedtransportåren mellom Trøndelag og Østlandet, og det er rimelig å anta at det er den vegen som vil oppleve størst prosentvis økning fra 2018 til 2050 og at det er her trafikkbelastningen vil bli størst også i fremtiden.

I Nasjonal transportplan lagt fram i mars 2021 ble det presentert at Nye Veier AS skal ha ansvaret for å bygge 106 km med ny motorveg i Trøndelag, mellom Ulsberg og Åsen (Meld. St. 20 (2020–2021)). Vegen skal i hovedsak være firefelts motorveg, og motivasjonen for utbedringen av vegen er å "(...) bedre trafikkikkerheten, forkorte reisetid samt tilrettelegge for vekst" (Meld. St. 20 (2020–2021), s. 227). I tillegg har Nye Veier ansvar for å bygge flere strekninger med firefelts motorveg på E6 sør for Dovre, mellom Kolomoen-Øyer og videre til Otta. Selv om disse prosjektene vil fjerne flaskehalsene på E6 mellom Otta og Hamar, vil det fortsatt være lange strekninger med utfordringer knyttet til vegene, spesielt på Riksvei 3.

I et prosjekt utført av Cowi ble det sett på hvordan en reduksjon i antall biler førte til hastighetsøkning (Røed, 2018). På E18 i Bærum ble det fra uke 3 til uke 27 målt en reduksjon i antall biler på 2 %. Denne reduksjonen førte til en økning i hastighet i morgenrushet fra 40-70 km/t til 70-80 km/t. Det er rimelig å anta at en økning i antall biler vil føre til lignende reduksjon i hastighet også på vegene i Trøndelag. I en rapport skrevet av Vegdirektoratet påpekes det at dersom etterspørselen er større enn kapasiteten på vegnettet, vil det oppstå kø og potensielt sammenbrudd i trafikken (Marstein og Rolland, 2010).

4.4.2.2 Kapasitet på jernbanen

Ifølge Kaas (1998, som sitert i Landex, 2008), avhenger kapasiteten på en jernbanestrekning både av infrastrukturen, fordeling av ruteplan og det rullende materiellet. På enkeltspor er kapasiteten helt avhengig av kryssingsspor, slik at møtende tog kan krysse hverandre og etterfølgende tog kan passere hverandre. Sistnevnte er mest aktuelt for at persontog med høyere hastighet enn godstog kan passere. Abril *et al.* (2008) skriver i en artikkel at lengden mellom stasjoner og fremføringshastigheten på jernbanenettet henger direkte sammen, ved at lange strekninger uten mulighet for kryssing av møtende tog blir flaskehals i nettverket. Eksisterende kryssingsspor på Røros- og Dovrebanen vises i Vedlegg 2, lest ut av Bane NOR (2021a) sine grafiske togruter. Dersom avstanden mellom kryssingssporene er kort og strekningskapasiteten er høy, vil derimot terminalkapasiteten være dimensjonerende.

Kapasiteten til det rullende materiellet vil si lastekapasiteten til toget. Lastekapasiteten er bestemt av togets lengde og lastevolum, og avhenger i stor grad av aksellast, antall aksler, lastens volum og tettheten til lasten. Ifølge Kay Frantzen, terminalsjef for CargoNet i Trondheim, har et vanlig godstog med lengde 450 m plass til 48 TEU (Frantzen, personlig kommunikasjon på mail, 15. jan 2021). Det tilsvarer et godstog med 24 vogner. Det vil være mulig å øke mengden gods som fraktes uten å øke antall godstog, ved å bedre utnytte de godstogene som allerede kjøres. Dersom høyere aksellast er tillatt, vil det vanligvis bety at færre vogner trengs for å frakte den samme mengden last. På en annen side kan det være volumet til godset, og ikke vekten, som er avgjørende. Færre vogner vil senke kostnadene, og høy aksellast vil derfor være lønnsomt både for kunde og operatør. Vanlige makskrav til aksellast på norske jernbaner er i dag 22,5 eller 25 tonn (SINTEF, 2015). Fyllingsgraden, som beskriver hvor godt utnyttet lastbærerne er, spiller også inn på mengde gods som fraktes. Fyllingsgraden bestemmes av eierne av lastbærerne. Godstogene har enten faste plasser eller fleksi plasser, som eierne av lastbærerne kjøper. Eierne av lastbærerne betaler godstogoperatørene ut fra enhetsstørrelse og vekt (Frantzen, personlig kommunikasjon på mail, 15. jan 2021). En høyere fyllingsgrad og bedre utnyttelse av eksisterende lastbærere vil ha direkte innvirkning på kapasiteten, ved at mer gods fraktes med samme antall lastbærere.

En annen egenskap ved det rullende materiellet, er fremføringshastighet. Godstog har makshastighet mellom 90 og 100 km/t (Jernbaneverket, 2012). Selve fremføringshastigheten vil være lavere enn dette og er avhengig av antall stopp, stigning og vekt på det rullende materiellet. Passasjertog tillates høyere hastighet; normalt 130 km/t, men noen steder også opp mot 160 og 210 km/t. På et heterogent nettverk som opererer både gods- og persontog, vil denne forskjellen i hastighet skape kapasitetsproblemer (Dingler, Lai og Barkan, 2013). En økning i hastigheten på godstogene vil derfor kunne øke kapasiteten samtidig som man forkorter transporttid, men vil kreve et større energiforbruk, blant annet på grunn av luftmotstanden (Jernbaneverket, 2012). Eventuelt vil en reduksjon i hastigheten til persontog ha samme effekt på kapasiteten (Handstanger *et al.*, 2015).

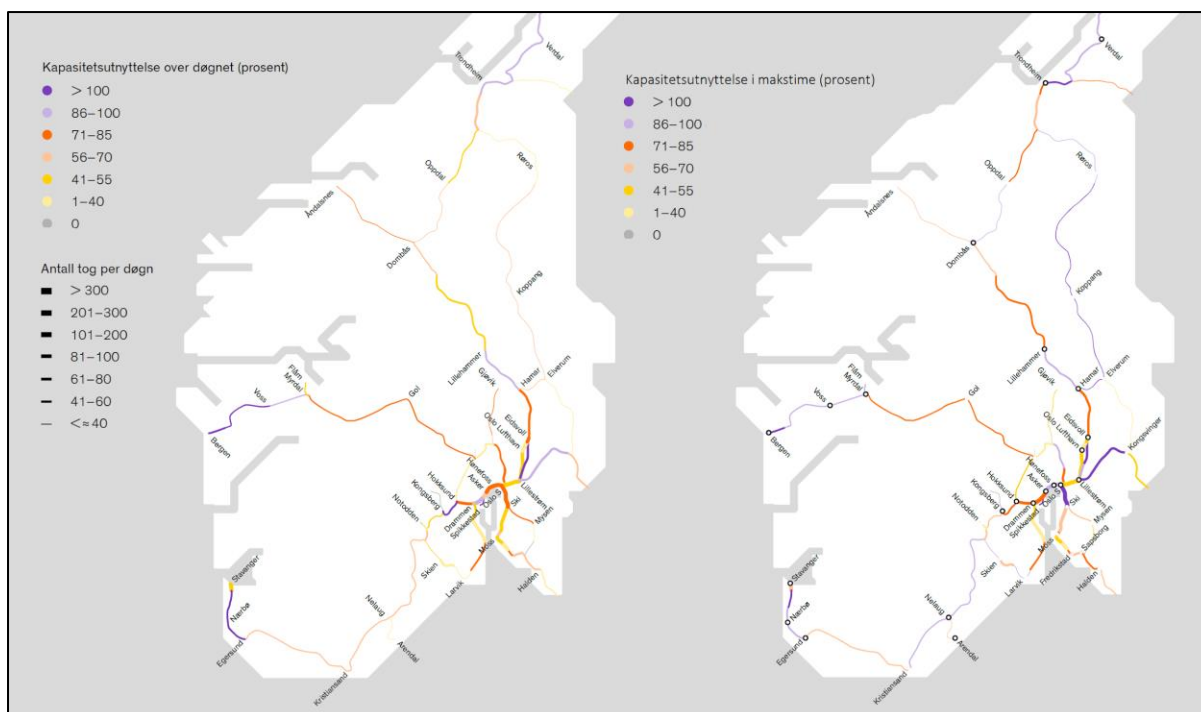
Dagens rutefordeling vises som grafisk ruteplan i Vedlegg 3 (Bane NOR, 2021a). På det norske jernbanenettet er det Bane NOR som har ansvar for fordeling av ruteleie. Dette skal gjøres på "(...) en rettferdig og ikke-diskriminerende måte, og i samsvar med EØS-retten" (Voldsund *et al.*, 2020, s. 5). Bane NOR erfarer at en prioritering av persontog før godstog

gir en bedre ruteplan, slik at godstogene opplever lav prioritet og økte reisetider fordi de må vente i kryssingssporene til persontogene har passert (Handstanger *et al.*, 2015). Bane NOR begrunner denne prioriteringen med at godstogenes reisetid og toglengde generelt fører til flere konflikter enn persontog (Voldsund *et al.*, 2020). Samtidig ser Jernbanedirektoratet i en ny rapport på mulighetene for å endre prioriteringsreglene for visse tider av døgnet slik at godstogene kan få større prioritet når det er få reisende med persontogene. Rapporten konkluderer med at forholdene må kartlegges nærmere og at det bør gjennomføres samfunnsøkonomiske analyser av eventuelle regelendringer for kapasitetsfordeling (Svingheim, 2020).

Ifølge Landex (2008) vil et dobbeltspor kunne håndtere opp mot 30 tog i timen i hver retning, der et enkeltspor kun har mulighet for å operere seks tog i hver retning. Jernbaneverket (2012) opererte med at enkeltspor har kapasitet på to til syv tog i timen, og dobbeltspor 40 tog i timen. Samtidig understreket de at den praktiske kapasiteten ofte ikke er mer enn 20-24 tog i timen (Jernbaneverket, 2012). I en konseptvalgutredning for godstrafikk på jernbane i Oslo-området utført av Handstanger *et al.* (2015), er den totale kapasiteten for en enkeltsporet toglinje i dette området vurdert til å normalt være fire til fem tog i timen. Det er med andre ord ikke et fasitsvar på kapasitet avhengig av antall spor, men avhenger også av andre faktorer.

Tall fra T18 Godstrafikk viser at det på en dimensjonerende dag i 2018 kjørte 14 godstog mellom Alnabru og Trondheim, som tilsvarer 746 TEU (Drösemeyer, 2018). Av disse var 12 kombitog og to biltog. En TØI-rapport vurderer veksten i godsmengde fra 2018 fram til 2030 til å være 29 % (Madslie, Hulleberg og Kwong, 2019), som vil si at antall TEU i 2030 vil være 960 dersom veksten blir som antatt.

I Figur 14 vises utnyttelse av strekningskapasitet over døgnet i 2016, gitt i prosent. Rørosbanen varierer i utnyttelsesgrad med 1-40 % mellom Støren og Røros, og 56-70 % sørover fra Røros. På Dovrebanen er det strekningen mellom Hamar og Lillehammer som har størst kapasitetsutnyttelse med 86-100 %, og dermed også strekningen som har minst plass til en økning i antall tog. Siden disse dataene er fra 2016 kan man anta at det har skjedd lokale forandringer, men det er ikke urimelig å anta at forskjellen i utnyttelse av Dovre- og Rørosbanen fortsatt er lik.



Figur 14: Kapasitetsutnyttelse på jernbanenettverket i 2016. Figurer er hentet og modifisert fra Jernbanedirektoratet (2016).

4.4.2.2.1 Kapasitet i et fremtidsperspektiv

Hovi *et al.* (2017) estimerer en økning på 85 % i transportarbeidet på bane i perioden frem til 2050. For å møte denne veksten er man avhengig av forbedret kapasitet på jernbanen. Med en utbedring i systemer for både signal og trasé, samt spesifikke faktorer ved det rullende materiellet, vil man kunne gjøre store kapasitetsforbedringer. I Nasjonal transportplan 2022-2033 er Regjeringens ambisjon for Dovrebanen i første seksårsperiode at det skal satses på større frekvens på avgangene mellom Hamar og Oslo. For andre seksårsperiode er ambisjonen at det skal "(...) utvikles nye tiltak på bane" (Meld. St. 20 (2020–2021), s. 20). Regjeringen ønsker å tilrettelegge for gods på jernbane der det er lønnsomt, samt at godshåndteringen gjøres på en mer effektiv måte (Meld. St. 20 (2020–2021)). Videre vil ulike faktorer som kan føre til bedre kapasitet på jernbanen presenteres.

Signalsystem

Regjeringen besluttet i 2012 at signalsystemet på det norske jernbanenettet skal oppgraderes til European Rail Traffic Management System (ERTMS) (Bane NOR, 2021b). ERTMS er et felles signalsystem for hele Europa, og skal forenkle kommunikasjonen og kjøring av tog mellom landene. Til forskjell fra eksisterende signalsystem vil ERTMS gi informasjonen direkte til toget, slik at man ikke lenger baserer togframføringen på lyssignal langs sporet. På den måten vil man eliminere sjansen for menneskelige feil og sikre en tryggere transport.

I tillegg til å sikre en tryggere og mer effektiv kjøring, vil ERTMS gi økt kapasitet på jernbanelinjene. I dag deles jernbanestrekninger opp i faste blokker. Dersom blokken er okkupert av et tog, må kommende eller følgende tog vente med å kjøre til blokken er ledig. Dagens system har blokkklengder på ca. 650 m (Bane NOR, 2021b). På grunn av

kontinuerlig overvåking av systemet og kommunikasjon med togene, kan denne blokk lengden reduseres til 50 m med ERTMS. Det vil gi økt kapasitet på jernbanen fordi togene kan kjøre med kortere avstand.

ERTMS består av tre ulike nivåer av automasjon. For nivå 1 brukes fortsatt lyssignaler langs sporet, i tillegg til at noe informasjon gis til førerpanelet i toget. Nivå 2 baseres ikke på signaler langs sporet, men får all informasjon direkte til førerpanelet. Samtidig vil nivå 2 fortsatt ha bestemte blokker, men for nivå 3 vil blokkene følge selve toget.

Kapasiteten på en enkeltsporet jernbane er avhengig av kryssingsspor der togene kan passere hverandre, noe det fortsatt vil være i et system med ERTMS. Samtidig vil kortere blokk lengde føre til at tog med samme hastighet kan kjøre tettere etter hverandre, slik at ERTMS vil øke kapasiteten uavhengig av om antall kryssingsspor øker.

Ifølge Nasjonal signalplan utarbeidet av Bane NOR (2020b) skal ERTMS være ferdigstilt på det norske jernbanenettet innen 2034. Signalsystemet på Rørosbanen skal etter planen være ferdig installert i 2024. ERTMS på hele Dovrebanen planlegges ferdig i 2034, men enkelte delstrekninger skal være ferdigstilt i 2027 og 2030.

Trasé

Effektive terminaler og redusert kjøretid vil redusere både omlastingskostnader og kapital- og personalkostnader, og dermed forbedre jernbanens konkurransekraft (Schlaupitz, 2013). Økt kapasitet avhenger samtidig av et utbedret jernbanenettverk som tåler lengre og tyngre tog. En annen viktig faktor, ifølge Schlaupitz, er en økning i antall kryssingsspor på banene, som øker mulighetene for togene til å kjøre forbi eller krysse hverandre. Dette vil igjen redusere fremkomsttid og øke fleksibiliteten til togene. På Kvam stasjon på Dovrebanen er kryssingssporet nylig oppgradert, slik at det nå kan håndtere kryssing av 600 m lange godstog. Sammenlignet med 450 m lange godstog vil overgang til lengre tog kunne føre til at opptil 128 trailere daglig kan flyttes bort fra vegen ved å la jernbanen frakte godset (Solberg, 2019). Dette tar utgangspunkt i at det passerer 16 godstog daglig. I Nasjonal transportplan 2022-2033 ønsker Regjeringen at det i første seksårsperiode skal satses på kryssingsspor, både ved å forlenge eksisterende og etablere nye (Meld. St. 20 (2020–2021)).

Bane NOR (u.å.c) har vurdert følgende tiltak til å være viktig på lang sikt (fra 2024) for å styrke Dovrebanen; fullføring av dobbeltspor mellom Oslo og Lillehammer, mulig bygging av dobbeltspor mellom Trondheim og Støren, samt utbedring av trasé og kryssingsspor i Gudbrandsdalen.

4.4.2.3 Overføringspotensialet og effekt av overføring

Overføringspotensialet er ulikt for Røros- og Dovrebanen. I dag er Rørosbanen mindre utnyttet enn Dovrebanen, blant annet fordi Rørosbanen ikke er elektrifisert, ikke har fjernstyringsanlegg for hele banen og at kryssingssporene ikke er optimale (Bane NOR, u.å.b). Dette begrenser kapasiteten til godstrafikken. Samtidig går Rørosbanen gjennom et slakere landskap enn Dovrebanen, særlig mellom Hamar og Røros. Både Dovrebanen og Rørosbanen har relativt bratt stigning sør for Støren, men der Rørosbanens høyeste punkt er 670 moh. (Wisting, 2019), stiger Dovrebanen videre opp til et høyeste punkt på 1024 moh. (Wisting, 2020). Rørosbanen kan derfor være et bedre alternativ topografisk for kjøring

av tunge godstog, der man unngår en del høydemeter og stigning som skaper hastighetsutfordringer for tunge godstog. Likevel er det kun godstog med tømmer og flis som fraktes på Rørosbanen. I 2019 ble det fraktet 63.000 m³ tømmer fra Koppang og 270.000 m³ fra Elverum, til videreforedling i Sverige (Nicolaisen, personlig kommunikasjon på mail, 7. nov 2020). På Dovrebanen går det, som nevnt tidligere, opptil seks godstogpar daglig mandag til fredag. Det går også biltog og sjøcontainertog til og fra Drammen Havn to til tre ganger ukentlig (Frantzen, personlig kommunikasjon, 15. jan 2021).

I tillegg til godstogene, vil det også være persontog som trafikkerer både Dovre- og Rørosbanen. På Rørosbanen vil det på hverdager gå seks tog i hver retning mellom Hamar og Røros, hvorav to av disse fortsetter mellom Røros og Støren. I tillegg til disse to går det ett tog i hver retning mellom Røros og Støren, slik at antallet persontog mellom Røros og Støren er tre i hver retning på hverdager (SJ, 2021). Togene mellom Støren og Røros fortsetter til Trondheim på Dovrebanen. På Dovrebanen er det mellom to og fire avganger med regiontog mellom Oslo og Trondheim i hver retning (Vy, 2021). I tillegg til de nevnte avgangene er det lokaltog i Trondheimsområdet som trafikkerer området mellom Støren og Steinkjer.

I forbindelse med publisering av den nye Nasjonale transportplanen for 2022-2033, opplyser samferdselsminister Knut Arild Hareide om at Regjeringen har som ambisjon å bruke 400 milliarder kroner for å styrke jernbanen de neste 12 årene (Samferdselsdepartementet, 2021). Det begrunnes i at en modernisering av jernbaneinfrastrukturen er nødvendig for å opprettholde attraktiviteten til tog som transportmiddel, både for person- og godstransport.

Hovi og Grønland (2012) kom i sin forskning fram til et overføringspotensial fra vegtransport til jernbane på 26 %, gitt gods som fraktes over 300 km og med en maksimal avstand på 25 km fra jernbaneterminal til kjøper eller produsent. I samme rapport vurderes følgende tiltak til å gi størst effekt på overføring basert på kostnadene de ulike tiltakene innebærer (Hovi og Grønland, 2012, s. VI):

- Reduserte terminalkostnader for jernbane
- Reduserte distansekostnader for jernbane
- Reduserte terminalkostnader i jernbane- og havneterminaler
- Økte drivstoffavgifter for vegtransport

Schlaupitz (2013) skriver i sin rapport for Naturvernforbundet at en økning i fem til syv kryssingsspor, samt forlenging av 20 eksisterende kryssingsspor, vil kunne håndtere 30 flere togpar i døgnet på Dovrebanen nord for Lillehammer enn i dag. Med kjøring av persontog ca. hver andre time, vurderer Schlaupitz (2013) potensialet for økning av antall godstog til å være 20 togpar i døgnet. Siden dette er tall fra 2013 vil noen forbedringer på banen allerede være gjennomført, men tallene viser likevel et stort potensial dersom det gjøres utbedringer.

I 2017 ble det satt i gang et arbeid for å vise hvordan man kan styrke godstransporten på bane i Innlandet, kalt *Godspakke Innlandet*. Godspakken ønsker særlig å styrke skogbruksnæringen i Innlandet og satser på tiltak som elektrifisering av Solørbanen mellom Kongsvinger og Elverum, Rørosbanen mellom Elverum og Hamar, nye tilsvinger og nye flerbruksterminaler. Dette vil gjøre det mulig for godstogene å kjøre utenom godsterminalen på Alnabu, og dermed redusere fremføringstiden mellom Hamar og Kongsvinger med tre

timer (Glommen Mjøsken Skog, 2017). Dette vil styrke konkurransedyktigheten til banetransporten som bruker denne korridoren. Tiltakenes pris er estimert til om lag 2 600 millioner kroner med åpning i 2026, og den årlige nytten er beregnet til å være 416 millioner kroner gitt at antall ukentlig godstog øker fra 20 til 62 på strekningen Hamar-Elverum-Kongsvinger. I Godspakken er en overføring av godstransport fra veg til jernbane på de lange etappene mellom Sør-Sverige og Nordland anslått til å redusere CO₂-utslippene med 70 % (Glommen Mjøsken Skog, 2017). Dette vil være et direkte resultat av færre tunge kjøretøy på vegen. I en TØI-rapport identifiseres de viktigste bidragsyterne til reduksjon i vegens kvalitet til å være aldring, klimapåvirkning og trafikk (Thune-Larsen *et al.*, 2016). Rapporten peker også på piggdekk og tunge kjøretøy som hovedårsaken til slitasje på norske veger. Det vil si at færre tunge kjøretøy vil føre til mindre slitasje på vegnettet.

5 Resultat og diskusjon

Formålet med oppgaven er å svare på problemstillingen “*Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?*”. I dette kapittelet vil resultater og diskusjon fra arbeidet med teknisk analyse rundt plassering av terminal, utforming av terminal og kapasitetsberegninger presenteres. Resultatene vil bli presentert og diskutert hver for seg, etterfulgt av en helhetlig diskusjon. Avslutningsvis diskuteres resultatenes gyldighet. Forskningsspørsmålene brukes som grunnlag for resultat og diskusjon. Disse er:

1. *Hvordan fordeler godsstrømmene seg på de sentrale transportårene i region Trøndelag Sør, nå og i et fremtidsscenario?*
2. *Hva er kravene som stilles for plassering og utforming av en omlastingsterminal?*
3. *Hvilken effekt på transportårene i regionen vil det ha å overføre deler av godstransporten fra veg til jernbane?*

Forskningsspørsmål 1 ligger til grunn for godsstrømsanalysen i Kapittel 3. Der viser resultatene og tilhørende diskusjon at knutepunktene Støren, Berkåk og Oppdal er de mest aktuelle områdene for plassering av en omlastingsterminal, både basert på dagens og fremtidens godsfordeling. Resten av resultatene tar utgangspunkt i disse tre områdene. Resultatet fra godsstrømsanalysen vises i Kapittel 3 og vil ikke presenteres i dette kapittelet.

Forskningsspørsmål 2 er besvart gjennom en litteraturstudie i Kapittel 4, der det er kommet frem til en rekke krav til plassering og utforming av terminaler. Disse kravene vil, sammen med resultatene fra godsstrømsanalysen, være avgjørende for hvor en terminal kan plasseres med tanke på områdets fysiske kvaliteter som størrelse, stigning og tilknytning til veg- og jernbanenett. Disse kravene ligger til grunn for en teknisk analyse utført i ArcMap. Utforming av terminalen vil avhenge av kravene til hva en terminal bør inneholde, samt det valgte områdets kvaliteter. Forskningsspørsmål 2 er todelt, der resultater som omhandler plassering og utforming presenteres i henholdsvis Kapittel 5.1 og 5.2.

Forskningsspørsmål 3 omhandler hvordan infrastrukturen i regionen vil tåle en økning i godsmengde. Resultatene er funnet gjennom kapasitetsberegninger, trafikkdata og prognoser, og presenteres i Kapittel 5.3.

5.1 Plassering av terminal

Forskningsspørsmål 2: *Hva er kravene som stilles for plassering og utforming av en omlastingsterminal?*

I den tekniske analysen i ArcMap vil plassering vurderes ut fra områdets helning, eksisterende infrastruktur og bebyggelse, og klimatiske forhold som risiko for flom og skred. De viktigste kravene vil være at en terminal kan håndtere 600 m lange tog, både med tanke på størrelse og helning. Denne analysen tar utgangspunkt i et område på minimum 3000 m² og maksimal helning på 4 %. I tillegg må området være tilknyttet eksisterende jernbanespor eller ha mulighet for etablering av nytt sidespor inn til området. Eksisterende arealplaner for områdene legges også til grunn for plassering, da man vil unngå områder med arealformål

som vanskelig lar seg omgjøre til arealformål hvor en terminal kan plasseres. En oppsummering av fremgangsmåten og kravene brukt i analysen vises i Vedlegg 5.

Det er planlagt ny E6 mellom Ulsberg og Melhus, som vil påvirke arealbruken i og rundt Berkåk og Støren. Forbi Berkåk vil den nye motorvegen legges et stykke øst for Berkåk sentrum (Nye Veier, 2020a). Det foreligger to alternative traséer forbi Støren, hvor den ene går øst for Gaula forbi Støren, og den andre legger vegen i tunnel vest for Støren sentrum (Nye Veier, 2020b).

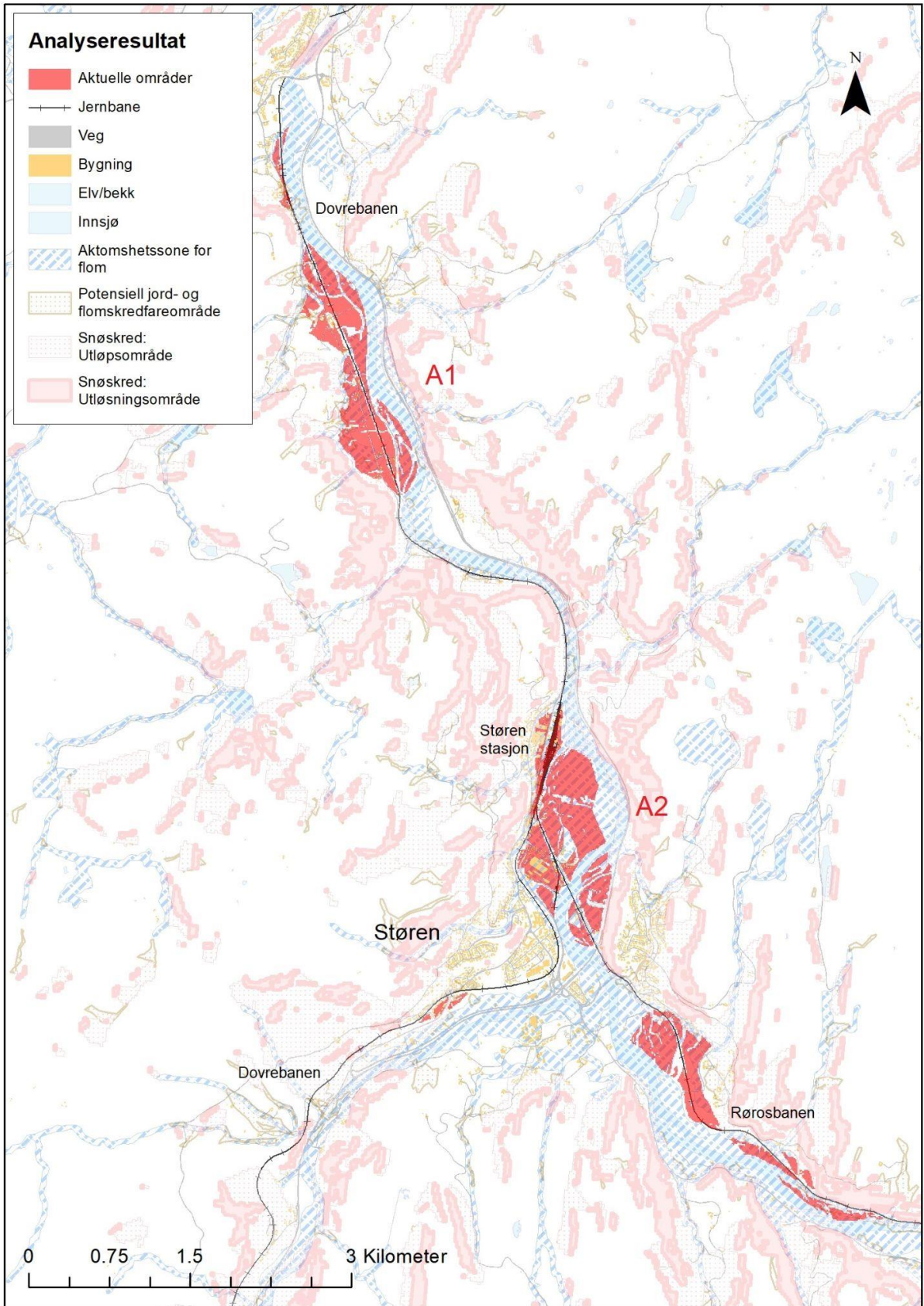
Videre vil de tre aktuelle områdene vurderes hver for seg. Avslutningsvis oppsummeres resultatene og en anbefaling av mest egnet område for en terminal vil bli gitt.

5.1.1 Område A - Støren

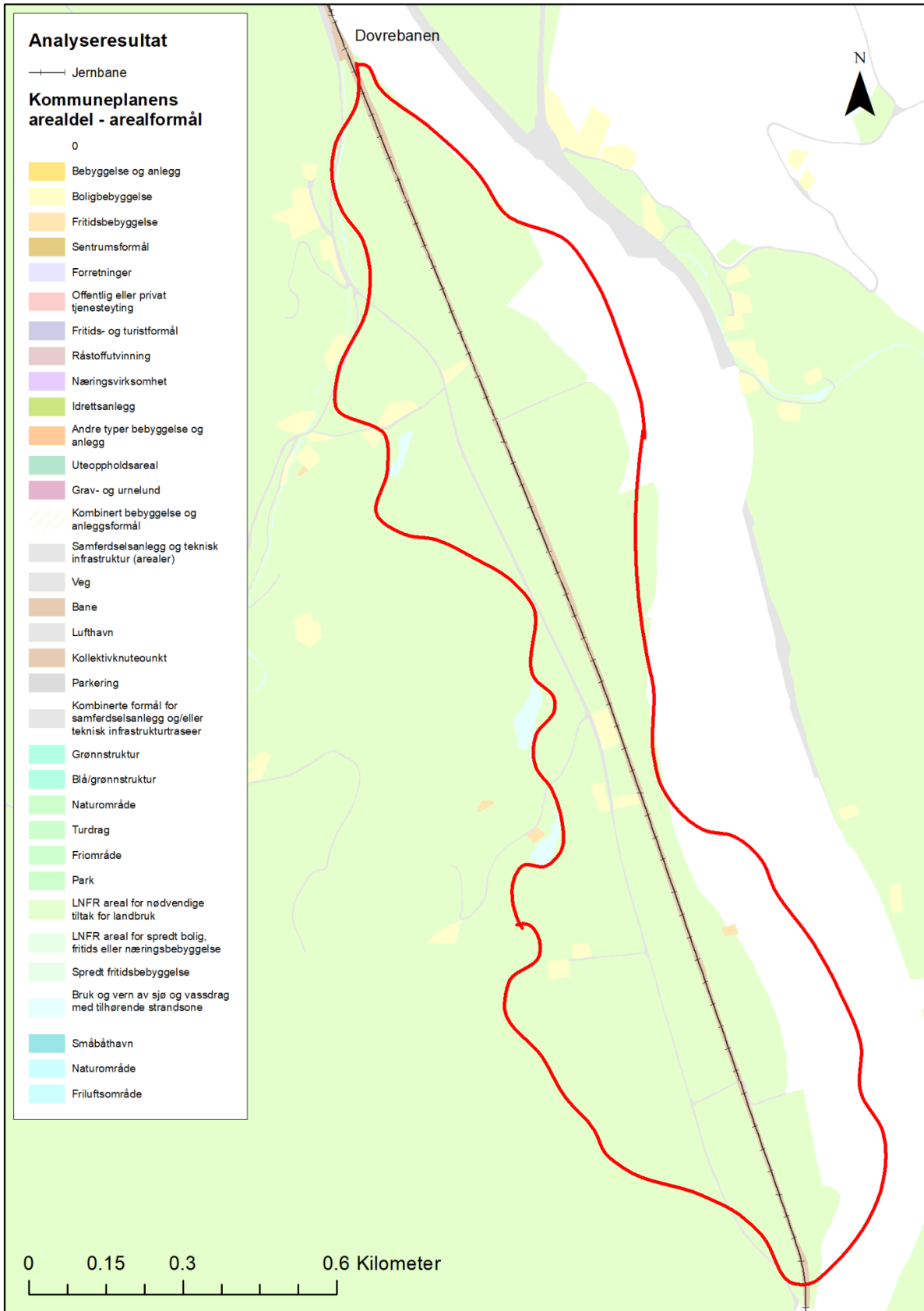
Analysen i ArcMap viser at det er flere steder i område A som er aktuelle for en terminal, vist som røde områder i Figur 15. Etersom Rørosbanen og Dovrebanen møtes rett nord for Støren sentrum på Støren stasjon, er det ønskelig med en plassering som gjør at begge banene kan benytte terminalen. Det vil si et område fra Støren stasjon og nordover. Som vist i Figur 15 er det flere områder langs Rørosbanen sør for Støren stasjon som kunne vært aktuelle, men det vurderes som uaktuelt å plassere terminalen slik at det bare vil være tilgang fra Rørosbanen eller Dovrebanen i dette området. Områdene sør for Støren sentrum langs Rørosbanen og Dovrebanen, innenfor område A, utgår derfor i videre analyse.

De to områdene som gjenstår ligger nord for sentrum. Ingen av disse områdene vil påvirkes direkte av ny E6. Område A1 ligger på motsatt side av dagens E6, noe den også vil gjøre med ny E6-trasé. Område A2 ligger i nærheten av sentrum, og vil kun påvirkes i den grad at det kan bli lengre avstand til av- og påkjørsler til E6.

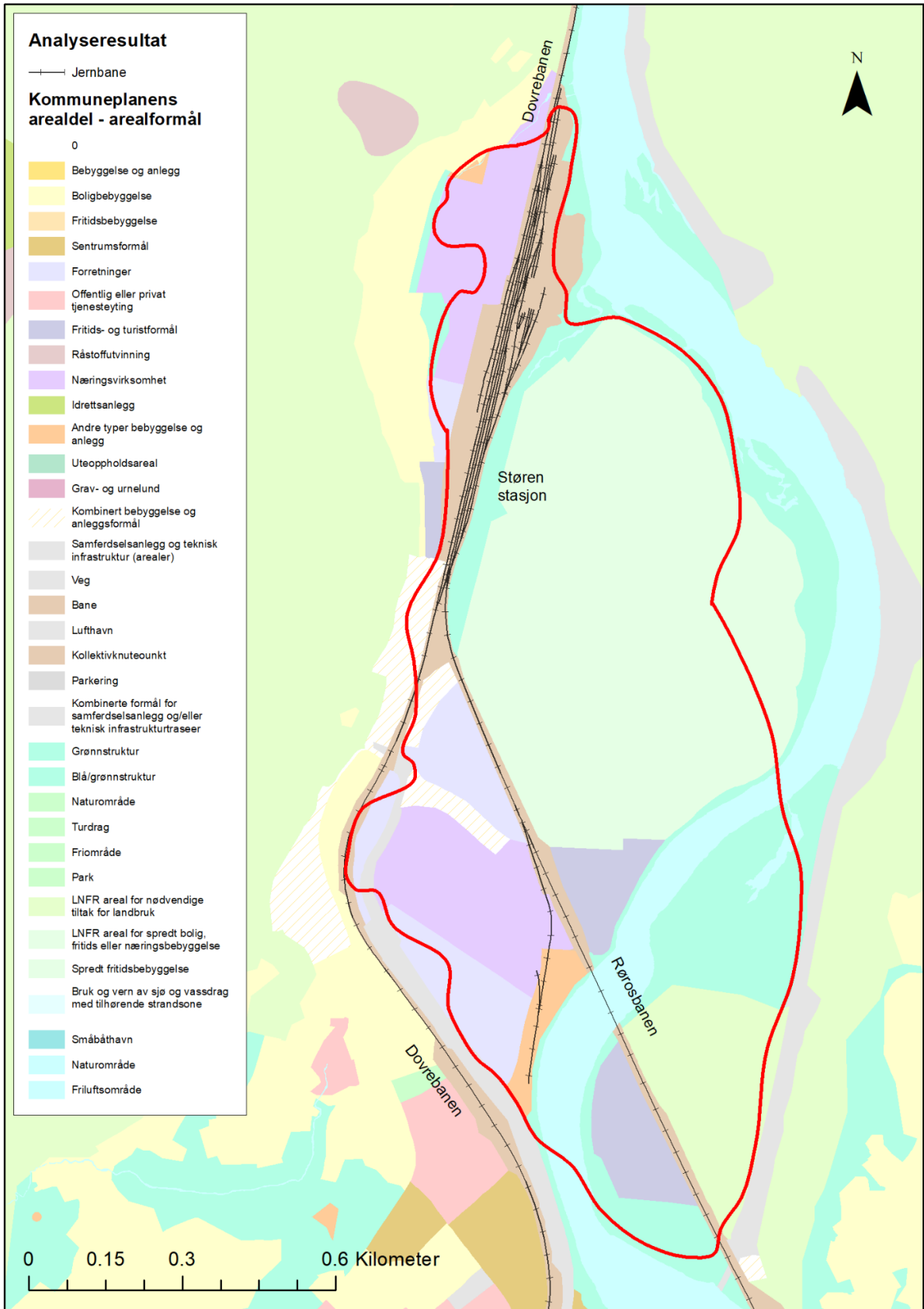
Flom- og skredfare er vist i Figur 15. En stor del av de aktuelle områdene ligger innenfor aktsomhetsområde for flom, i tillegg til at deler av de aktuelle områdene er jord-, flom- og snøskredutsatt. Dette gjør at områdene må utredes for reell fare for flom og skred før man kan gå videre med planlegging og eventuell etablering av en omlastingsterminal. Støren ligger under marin grense, men som nevnt har tidligere risikoanalyser vist at kvikkleire ikke er en risikofaktor i dette området.



Figur 15: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Støren-området. Egenprodusert figur.



Figur 16: Arealformålene for område A1, med rød linje rundt de aktuelle områdene for terminal. Egenprodusert figur.



Figur 17: Arealformålene for område A2, med rød linje rundt de aktuelle områdene for terminal. Egenprodusert figur.

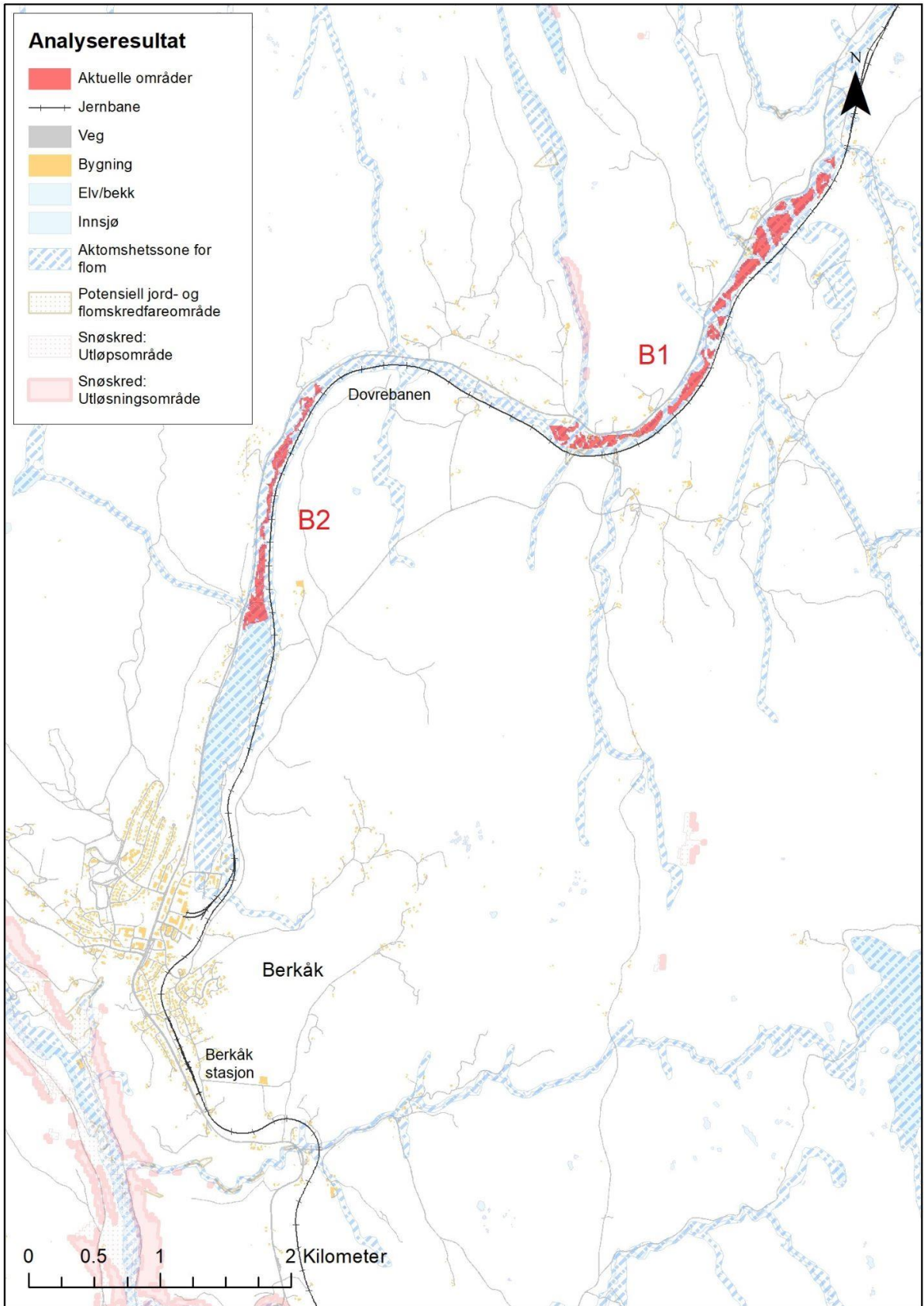
Videre er arealformålet i kommuneplanens arealdel for de gjenstående områdene vurdert. Arealformålene for område A1, vist i Figur 16, er for det meste *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag*. Noen mindre områder har arealformålene *Bane, Fritidsbebyggelse* og *Boligbebyggelse*. Figur 16 viser også at det er noen områder hvor arealformål ikke er gitt av kommuneplanens arealdel. Undersøkelser i kommunens kartdatabase har vist at dette er *LNFR-område* for det aktuelle området A1 (Norkart, u.å). Manglende arealformål i dataene for noen områder kan skyldes arbeidet med overgang til ny arealplan etter ny plan- og bygningslov, som ennå ikke er klar.

Det andre området (A2), vist i Figur 17, er underlagt arealformålene *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag, LNFR-område, Bane, Næringsbebyggelse, Forretninger* og *Boligbebyggelse*. De mange arealformålene kommer av at området er stort og ligger sentralt.

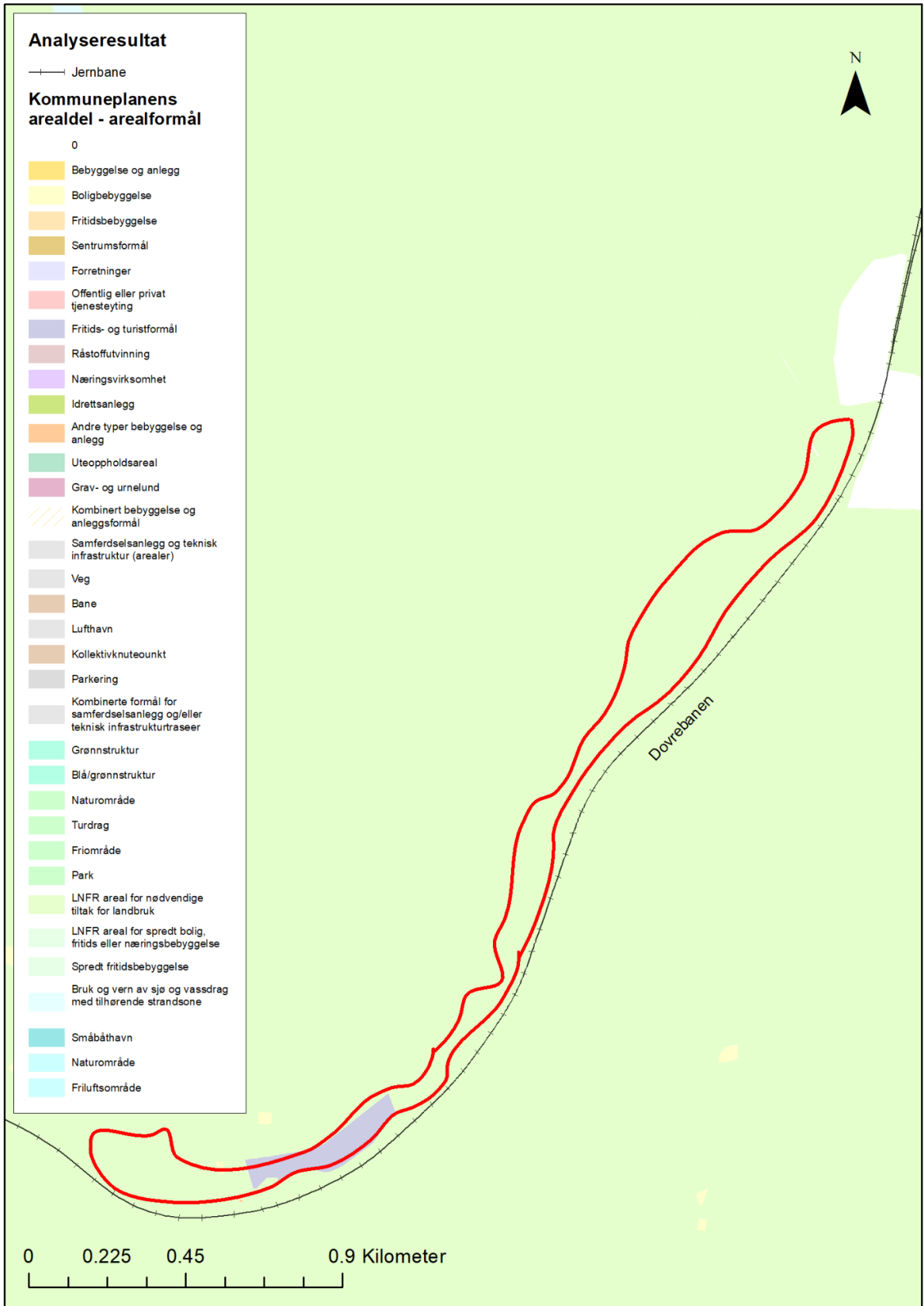
5.1.2 Område B - Berkåk

Ønsket lokasjon for en terminal i område B var i utgangspunktet mellom Berkåk og Ulsberg, for å fange opp og overføre mest mulig gods fra E6, Riksvei 3 og Fylkesvei 700. Analyseresultatene fra ArcMap viser dog at det ikke er noen aktuelle lokasjoner mellom Berkåk og Ulsberg basert på kriteriene i analysen. Resultatet viser derimot et par aktuelle områder nord for Berkåk, vist i Figur 18. De er altså ikke lokalisert i det ønskede området mellom Berkåk og Ulsberg. De aktuelle områdene, B1 og B2, ligger tett inntil dagens E6-trasé, men et stykke fra på- og avkjørsler til den planlagte traséen forbi Berkåk.

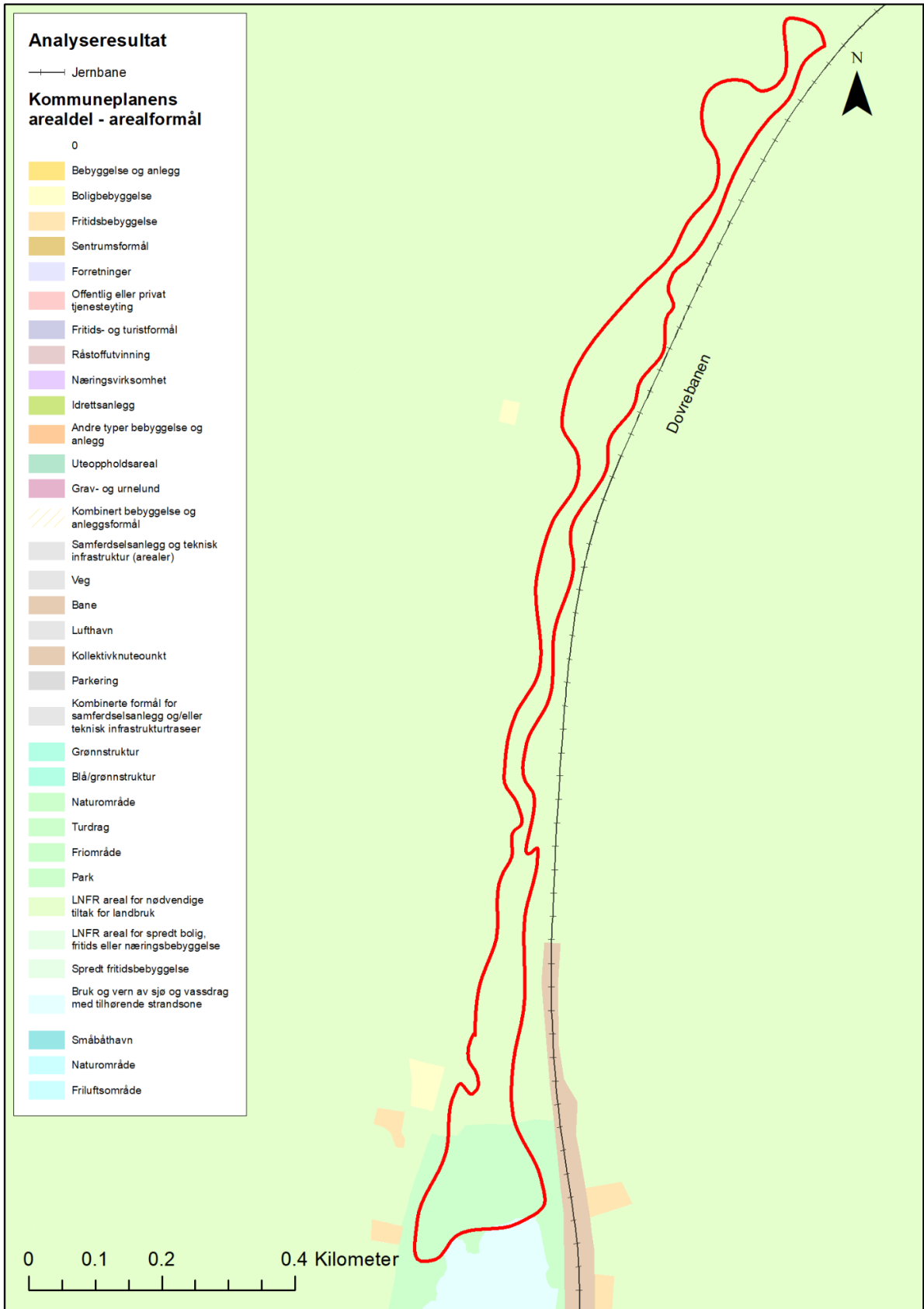
Figur 18 viser flom- og skredfare i området, hvor de aktuelle områdene nord for Berkåk i stor grad er lokalisert innenfor aktsomhetsområdet for flom. Det vil si at områdene må utredes for reell flomfare før man eventuelt kan gå videre med planlegging og etablering av en omlastingsterminal der. Ingen av de aktuelle områdene ligger innenfor aktsomhetsområde for jord-, flom- og snøskred. Det kan likevel være lurt å gjennomføre en grundigere analyse dersom disse områdene skulle være aktuelle, da aktsomhetskartet er ment til å være et hjelpemiddel i en første vurdering av skredfare (NVE, 2020c).



Figur 18: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Berkåk-området. Egenprodusert figur.



Figur 19: Arealformålet i kommuneplanens arealdel for område B1, nord for Berkåk. Egenprodusert figur.



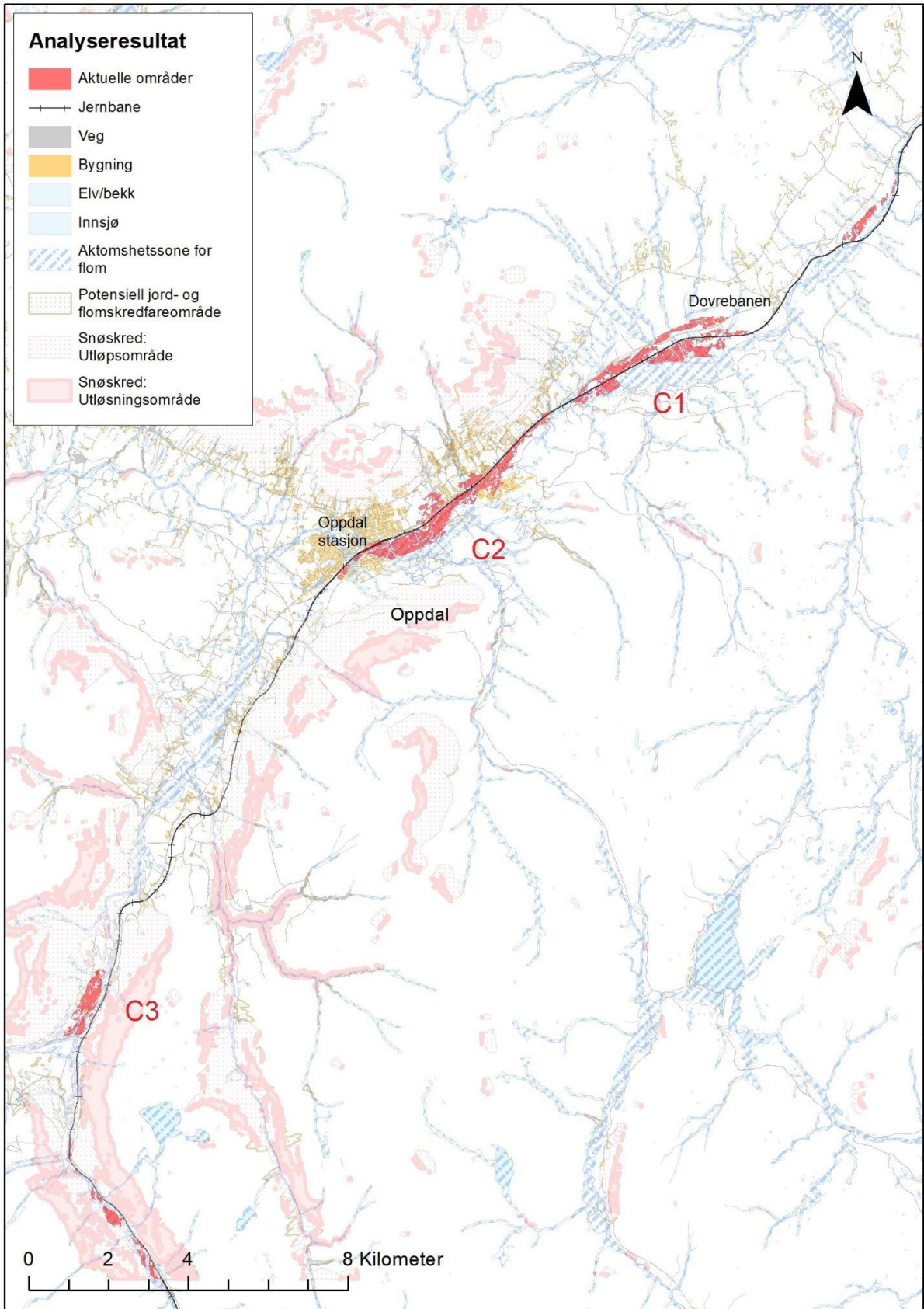
Figur 20: Arealformålet i kommuneplanens arealdel for område B2, nord for Berkåk. Egenprodusert figur.

Arealformålene for de aktuelle områdene B1 og B2 er vist i henholdsvis Figur 19 og 20. For begge områdene er det hovedsakelig *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag*. For B1 er det også noe *Boligbebyggelse og Fritids- og turistformål*. For B2 er det *Friområde* rundt vannet i sør.

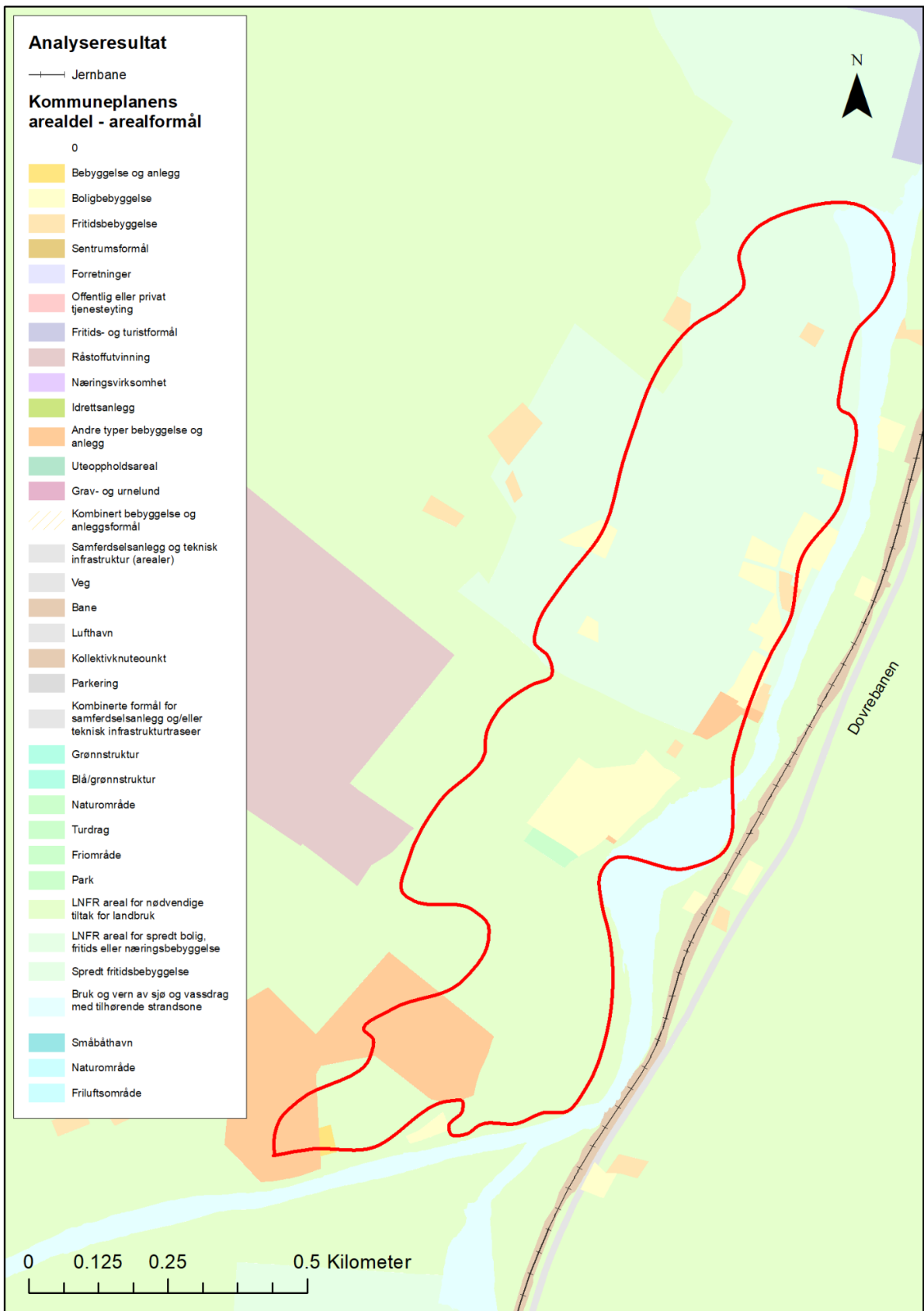
5.1.3 Område C - Oppdal

Analysen i ArcMap viser flere aktuelle områder i og rundt Oppdal. Disse vises i Figur 21. For Oppdal er det ønskelig å etablere terminalen i nærheten av området hvor E6 møter Riksvei 70, i sentrum av Oppdal. Dette fordi det er et godsknutepunkt. Dermed vil området lengst nord i Figur 21 ikke tas med videre i analysen ettersom avstanden til Oppdal anses å være for lang med tanke på godsknutepunktet i Oppdal sentrum. I tillegg er området flomutsatt. Det er også noen mindre områder sør for Oppdal som heller ikke blir vurdert, ettersom de er av mindre størrelse og lokalisert for langt fra godsknutepunktet. Disse kan sees lengst sør på kartet i Figur 21. De tre gjenværende aktuelle områdene fra analyseresultatet er området nord for sentrum (C1), området rundt Oppdal sentrum (C2) og området sør for sentrum (C3).

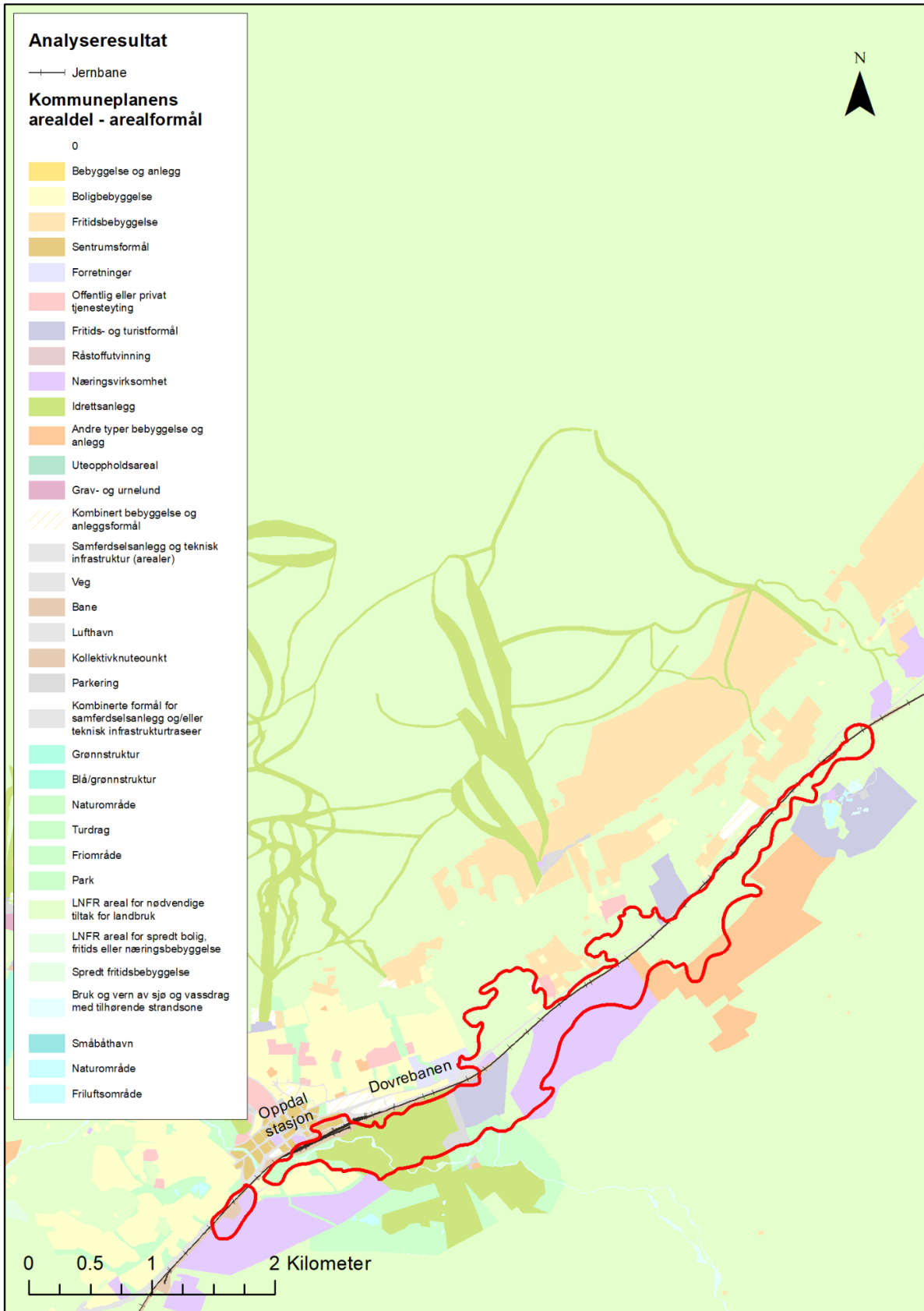
Område C1 er et stort areal, der betydelige deler av aktuelt område ligger innenfor aktsomhetsområde for flom. Området ligger ikke skredutsatt til. Område C2 ved Oppdal sentrum er også stort. Store deler av området ligger innenfor aktsomhetsområdet for flom, men utenfor skredfare. C3 er av mindre areal, der mesteparten av området både ligger innenfor aktsomhetssone for flom og utløpsområde for snøskred. De tre områdene må derfor utredes nærmere for reell flomfare før en eventuell etablering av terminal her. Dersom C3 velges må snøskredfare vurderes.



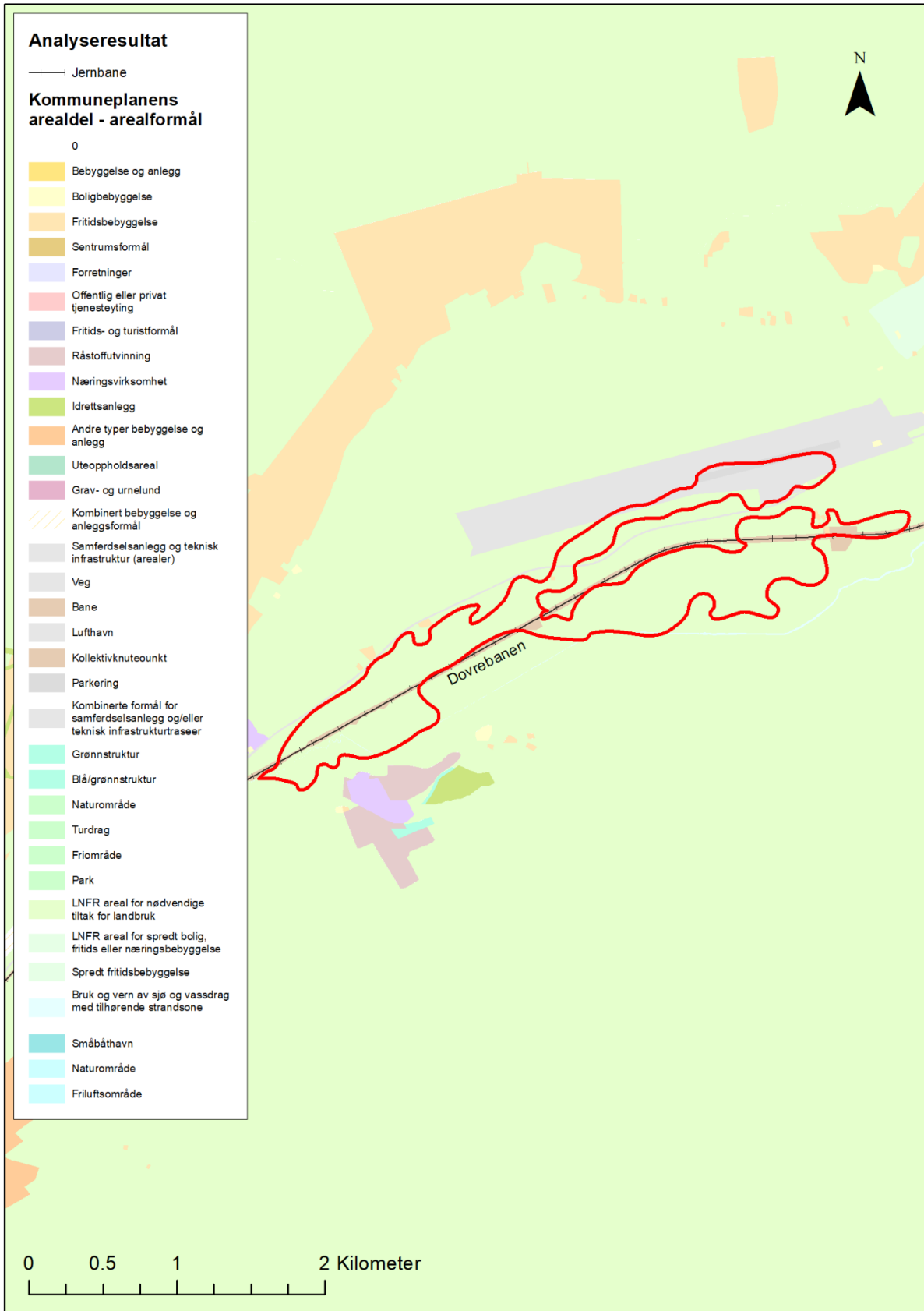
Figur 21: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Oppdal-området. Egenprodusert figur.



Figur 22: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C1 i Oppdal. Egenprodusert figur.



Figur 23: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C2 i Oppdal. Egenprodusert figur.



Figur 24: Arealformålene i kommuneplanens arealdel for område C3 i Oppdal. Egenprodusert figur.

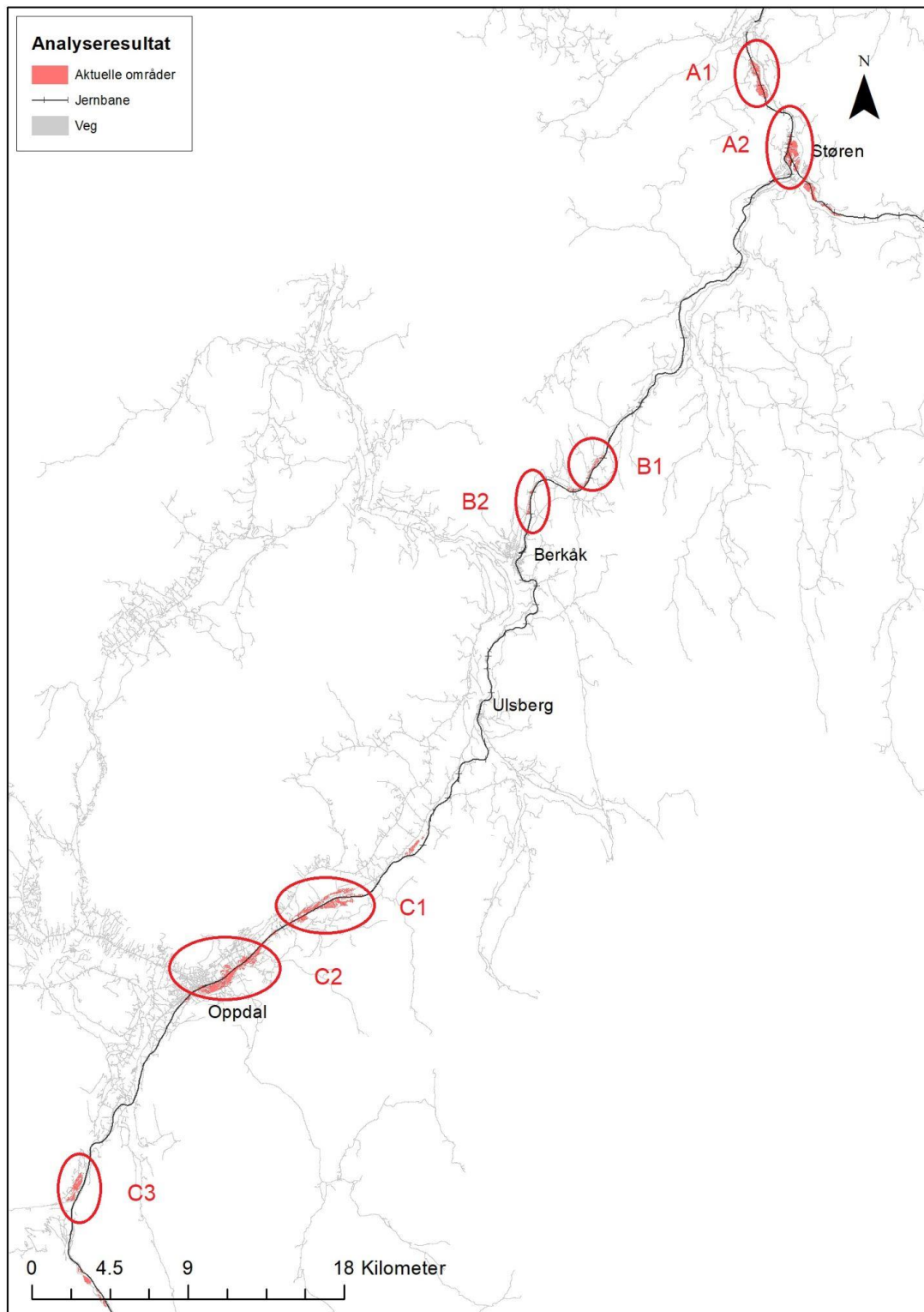
I Figur 22 og 23 vises arealformål for henholdsvis område C1 og C2. Vedrørende arealformål for område C1 er mesteparten av området i kategorien *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag*, men også noe *Lufthavn, Bane, Boligbebyggelse, Fritidsbebyggelse* og *Parkering*. Det aktuelle området er stort, så flere av disse arealformålene kan unngås.

Område C2 er stort og sentralt, og har derfor flere arealformål. Området dekkes av arealformålene *Boligbebyggelse, Fritidsbebyggelse, Forretninger, Fritids- og turistformål, Næringsbebyggelse, Idrettsanlegg, Andre typer nærmere angitt bebyggelse og anlegg, Kombinert bebyggelse og anleggsformål, Bane, Kollektivknutepunkt, Parkering, Friområde* og *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag*. Flere av disse arealformålene kan unngås ettersom det aktuelle området er stort og man har flere muligheter for plassering av en terminal.

Arealformål for område C3 vises i Figur 24. Arealformålet for området er for det meste *LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag* og *LNFR-areal for spredt bolig-, fritids- eller næringsbebyggelse mv*. Det er også noen mindre områder med arealformålene *Boligbebyggelse, Fritidsbebyggelse, Andre typer nærmere angitt bebyggelse og anlegg* og *Bruk og vern av sjø og vassdrag med tilhørende strandsone*.

5.1.4 Oppsummering

De aktuelle områdene diskutert ovenfor er vist samlet i Figur 25.



Figur 25: Resultatet fra analysen i ArcMap og hvilke områder som er aktuelle under de gitte kriteriene. Egenprodusert figur.

Videre presenteres fordelene og ulempene ved hvert av områdene i Tabell 9.

Tabell 9: Fordeler og ulemper ved hver aktuelle lokasjon.

Område	Fordeler	Ulemper
A1	<ul style="list-style-type: none"> - Knyttet til både Røros- og Dovrebanen, bra for beredskap/tilgang til begge baner - Fremtidsrettet for utbedring av Rørosbanen - Langt og stort område - Relativt flatt terreng 	<ul style="list-style-type: none"> - E6 ligger på motsatt side av elven for jernbanelinjen og det aktuelle området. - Mye dyrket mark langs jernbanen - Flomsone - Delvis innenfor utløpssone for snø-, jord- og flomskred - Nært eksisterende beredskapsterminal - Noen bygninger langs banen i det aktuelle området - Arealformål i konflikt med terminal: hovedsakelig <i>LNFR</i> og <i>Bane</i>, men også noen mindre områder med fritids- og boligbebyggelse - Under marin grense
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Knyttet til både Røros- og Dovrebanen, bra for beredskap/tilgang til begge baner - Fremtidsrettet for utbedring av Rørosbanen - Stort område - Relativt flatt terreng - Sentralt - Mulighet for videreutvikling av eksisterende jernbaneinfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> - E6 ligger på motsatt side av elven for jernbanelinjen og det aktuelle området - Legger opp til mer tungtrafikk gjennom Støren sentrum - Noe dyrket mark på aktuelt område - Flomsone - Delvis innenfor utløpssone for snøskred - Mange arealformål - Under marin grense
B1	<ul style="list-style-type: none"> - Ikke innenfor aktsomhetssone for snø-, jord- og flomskred - Godsknutepunkt på Berkåk og Ulsberg med store mengder gods på veg som passerer området - Aktuelt område er mellom bane og veg, muligheter for god terminalutforming 	<ul style="list-style-type: none"> - Dovrebanen og E6 går på hver sin side av elv/bekk - Ligger et stykke fra ny E6-trasé - Flomsone - Arealformål i konflikt med terminal - Mye dyrket mark og skog
B2	<ul style="list-style-type: none"> - Ikke innenfor aktsomhetssone for snø-, jord- og flomskred - Godsknutepunkt på Berkåk og Ulsberg med store mengder gods på veg som passerer området - Aktuelt område er mellom bane og veg, muligheter for god terminalutforming 	<ul style="list-style-type: none"> - Dovrebanen og E6 går på hver sin side av elv/bekk - Ligger et stykke fra ny E6-trasé - Flomsone - Arealformål i konflikt med terminal - Mye myr og skog
C1	<ul style="list-style-type: none"> - Stort område - Nært Oppdal sentrum - Ikke innenfor aktsomhetssone for snø-, jord- og flomskred 	<ul style="list-style-type: none"> - Store deler av aktuelt område er innenfor flomsone - Mange arealformål - Mye skog, dyrket mark og myr
C2	<ul style="list-style-type: none"> - Stort og langt område - Sentralt - Nært eksisterende jernbanestasjon, muligheter for å koordinere - Ikke innenfor aktsomhetssone for snø-, jord- og flomskred 	<ul style="list-style-type: none"> - Store deler innenfor flomsone - Mye eksisterende bebyggelse i og rundt aktuelt område - Mange arealformål innenfor det aktuelle området - Golfbane i nærheten av eksisterende jernbanestasjon, ellers mye skog, åpen fastmark og myr - Ei elv går gjennom deler av området
C3	<ul style="list-style-type: none"> - Relativt flatt område 	<ul style="list-style-type: none"> - Flomsone - Langt fra Oppdal sentrum - Innenfor aktsomhetsområde for snø-, jord- og flomskred - Avstand fra veg og jernbane til aktuelt område, må krysse elv, stor høydeforskjell mellom aktuelt område og veg/jernbane - Arealformål i konflikt med terminal

Tabell 9 viser at det er fordeler og ulemper ved alle aktuelle lokasjoner. Det er jevnt over en overvekt av ulemper, som spesielt knyttes til at områdene i stor grad er flom- og skredutsatt og i konflikt med eksisterende arealformål. Basert på tabellen er det A2 som peker seg ut til å være den lokasjonen som har flest fordeler, selv om ulempene også er mange. Samtidig vil noen fordeler og ulemper tillegges mer vekt enn andre, slik at selve innholdet i de ulike faktorene er viktigere enn antallet. Noen faktorer vil ha større usikkerhet enn andre, for eksempel vil det være mindre usikkerhet knyttet til eksisterende infrastruktur enn til aktsomhetsområder for naturfarer. Det gjør at en totalvurdering av alle fordelene og ulempene vil ligge til grunn for hvilke områder som er best egnet, ikke bare antallet faktorer.

Konflikt i arealformålet i kommuneplanens arealformål ser ut til å være vanskelig å unngå uavhengig av valgt plassering. De fleste områdene er av stor størrelse og bestå av mange arealformål, slik at man kan velge de områdene som lettest lar seg omgjøre til egnet arealformål. Det er lite sannsynlig at det vil være store og ubrukte områder tilgjengelig som kan benyttes til etablering av terminal uten endringer i arealformål. Det vil derfor fokuseres på å redusere konflikt, men ikke på å unngå det helt, da det ser ut til å være vanskelig.

Selv om Rørosbanen, på grunn av lave godsmengder og dieseldrift, ikke tas med videre i vurderingen etter godsstrømsanalysen i Kapittel 3, sees det som hensiktsmessig for fremtidig utvikling at terminalen plasseres i nærheten av Rørosbanen. Ved utbedring og elektrifisering vil Rørosbanen kunne bli en større bidragsyter for frakt av gods i fremtiden. På grunn av for stor avstand til Rørosbanen vil ikke en terminal i Oppdal være et virkemiddel i å tilrettelegge for større bruk av denne banen. I tillegg ligger Oppdal mer utsatt til med tanke på vinterklima og vedlikehold av en automatisert terminal. Avstanden til godsproduserende bedrifter i Trøndelag vurderes også til å være for stor til at disse bedriftene kommer til å benytte seg av en terminal i Oppdal. Det vil også være for langt unna Trondheim til at en terminal på Oppdal kan avlaste terminalene på Brattøra og Heggstadmoen i stor grad. Oppdal vil derfor utelates som et alternativ i videre diskusjon.

Den dimensjonerende snølasten er lik for områdene A og B ($4,5 \text{ kN/m}^2$), og vil derfor ikke favorisere et område over et annet. Temperaturdata viser at Soknedal (mellom Støren og Berkåk) jevnt over har lavere temperaturer enn Trondheim, slik at driften av en terminal i den regionen vil kunne oppleves annerledes fra de eksisterende terminalene i Trondheimsområdet. Dette er viktig å ta med i vurderingene da man har lite erfaring med terminaler i innlandet i Norge. Berkåk ligger høyere over havet enn Støren, og antas derfor å ha kaldere vinterklima, som gjør Støren til et foretrukket område med hensyn til temperatur. Her vil man antakelig få mindre mengder snø og is, og dermed muligens oppleve færre problemer knyttet til vintervedlikehold. Samtidig er det usikkert hvordan temperatur vil påvirke terminalen, og siden forskjellene er små vil derfor ikke være et avgjørende moment for valg av plassering.

Sett i et beredskapsperspektiv vil det være lurt å plassere terminalen i område A, Støren, slik at den kan betjene både Røros- og Dovrebanen. Samtidig finnes det allerede en beredskapsterminal på Støren, slik at en ny omlastingsterminal i område B, Berkåk, vil kunne øke beredskapen totalt sett. Ved å plassere en terminal på Støren vil man likevel øke beredskapen ved at en omlastingsterminal potensielt kan håndtere større mengder gods enn

en beredskapsterminal. Basert på beredskap er altså både Berkåk og Støren gode alternativer.

Den nye E6-traséen som er planlagt mellom Ulsberg og Melhus vil, uavhengig av hvordan den endelige traséen blir, være noe ulik den eksisterende vegen som de identifiserte områdene i Figur 25 tar utgangspunkt i. For Berkåk gjør det at tilgjengeligheten til både område B1 og B2 blir dårligere. I Støren ligger ikke de aktuelle områdene langs eksisterende E6, og den nye traséen vil dermed ikke ha samme betydning der som i Berkåk.

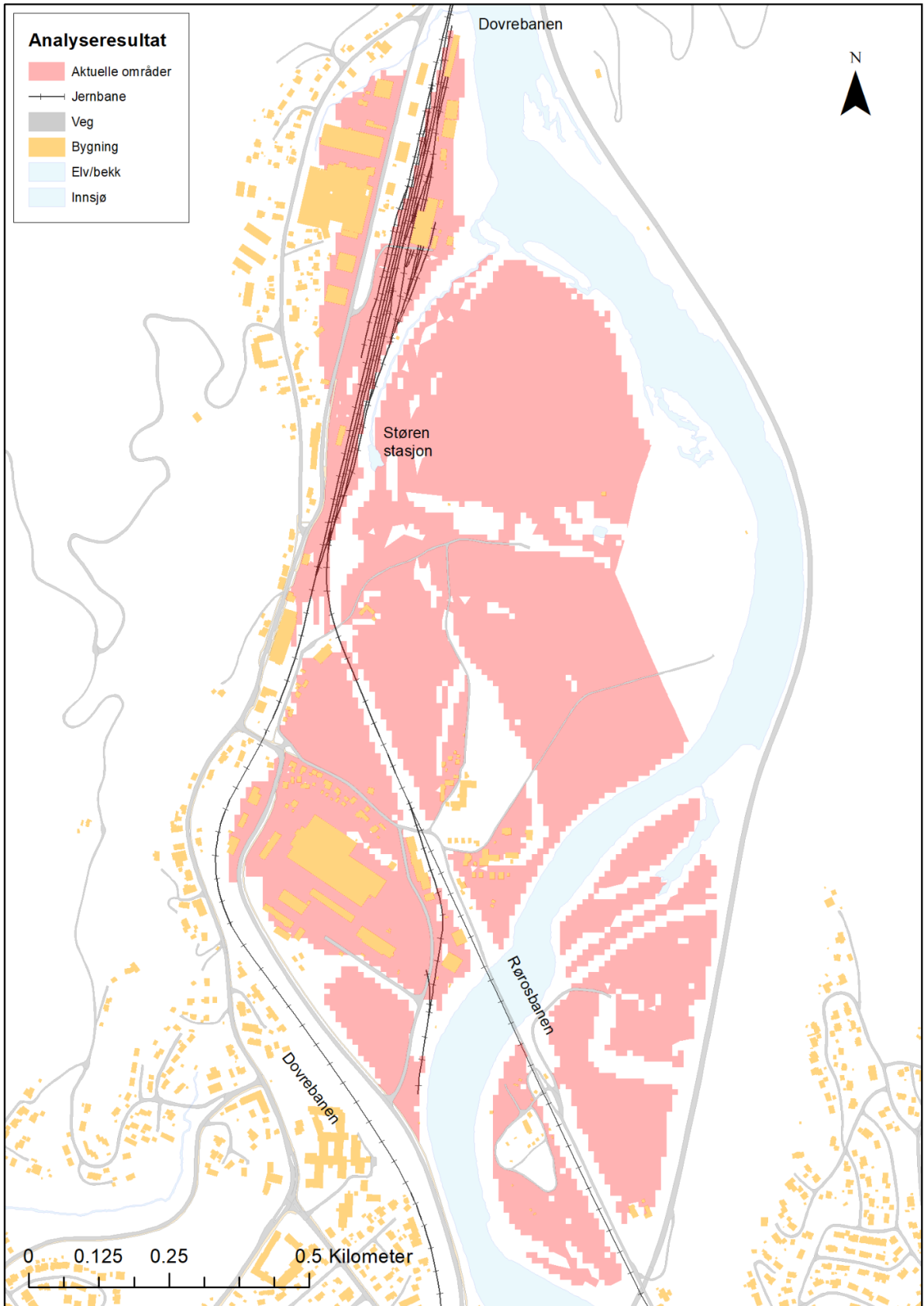
Berkåk med Fylkesvei 700 og Ulsberg med Riksvei 3 har en verdifull plassering i regionen, med kort avstand til både Oppdal med Riksvei 70, og Støren med Rørosbanen og Fylkesvei 30. Berkåk har en eksisterende jernbanestasjon der en eventuell utbygging av terminal kunne vært gunstig, men området er ikke egnet ut ifra de gitte kriteriene. Dette fordi området er begrenset i størrelse og av helning. Områdene som er identifisert til å kunne ha plass til en omlastingsterminal rundt Berkåk ligger i myrområder, flomsone eller på dyrka mark. Ingen av områdene ligger gunstig til med tanke på ny E6-trasé, og vil kreve store investeringer for å kobles på den nye vegen.

I et fremtidsperspektiv vil Støren være den mest gunstige plasseringen med tanke på en eventuell utbedring av Rørosbanen, siden Røros- og Dovrebanen samles der. En annen faktor som favoriserer Støren som lokasjon for en omlastingsterminal, er de store godsmengdene som passerer området. Som identifisert i godsstrømsanalysen i Kapittel 3 ligger det inne en feilkilde i nettverket på Fylkesvei 700 som påvirker fordelingen av godsmengdene i regionen. Det kan ha gitt vegene rundt Støren kunstig høye verdier, slik at godsmengdene som fraktes gjennom dette knutepunktet kan være noe lavere i virkeligheten. Samtidig fraktes en betydelig mengde av godset på E6, og ikke de mindre vegene rundt, slik at Støren vil være et av stedene med størst passering av gods uavhengig av feilkilden.

Begge områdene i Støren ligger vest for elven, og i flomsone. Eksisterende infrastruktur i området vitner om at tidligere undersøkelser har konkludert med at risikoen for flom ikke er stor nok til at områdene ikke kan brukes. Samtidig vil denne risikoen kunne ha endret seg siden forrige vurdering, blant annet på grunn av økt nedbørsmengde og -intensitet. Nye risikoanalyser bør derfor gjennomføres før eventuell utbygging.

Både A1 og A2 ligger nord for Støren sentrum. Området A2 inkluderer eksisterende stasjon og beredskapsterminal, som en eventuell ny terminal kan ta utgangspunkt i. Det vil være kostnadsbesparende å benytte eksisterende infrastruktur. Å utnytte eksisterende terminal vurderes til å være et bedre alternativ enn å etablere en helt ny, slik at A2 velges over A1.

En totalvurdering av alle nevnte faktorer i Tabell 9 og i oppgaven ellers viser til at område A2 på Støren vil være mest hensiktsmessig for plassering av en mindre omlastingsterminal i region Trøndelag Sør. De aktuelle områdene innenfor A2 vises i Figur 26, og vil være utgangspunktet for en mulig utforming av terminal skissert videre i kapitlet.

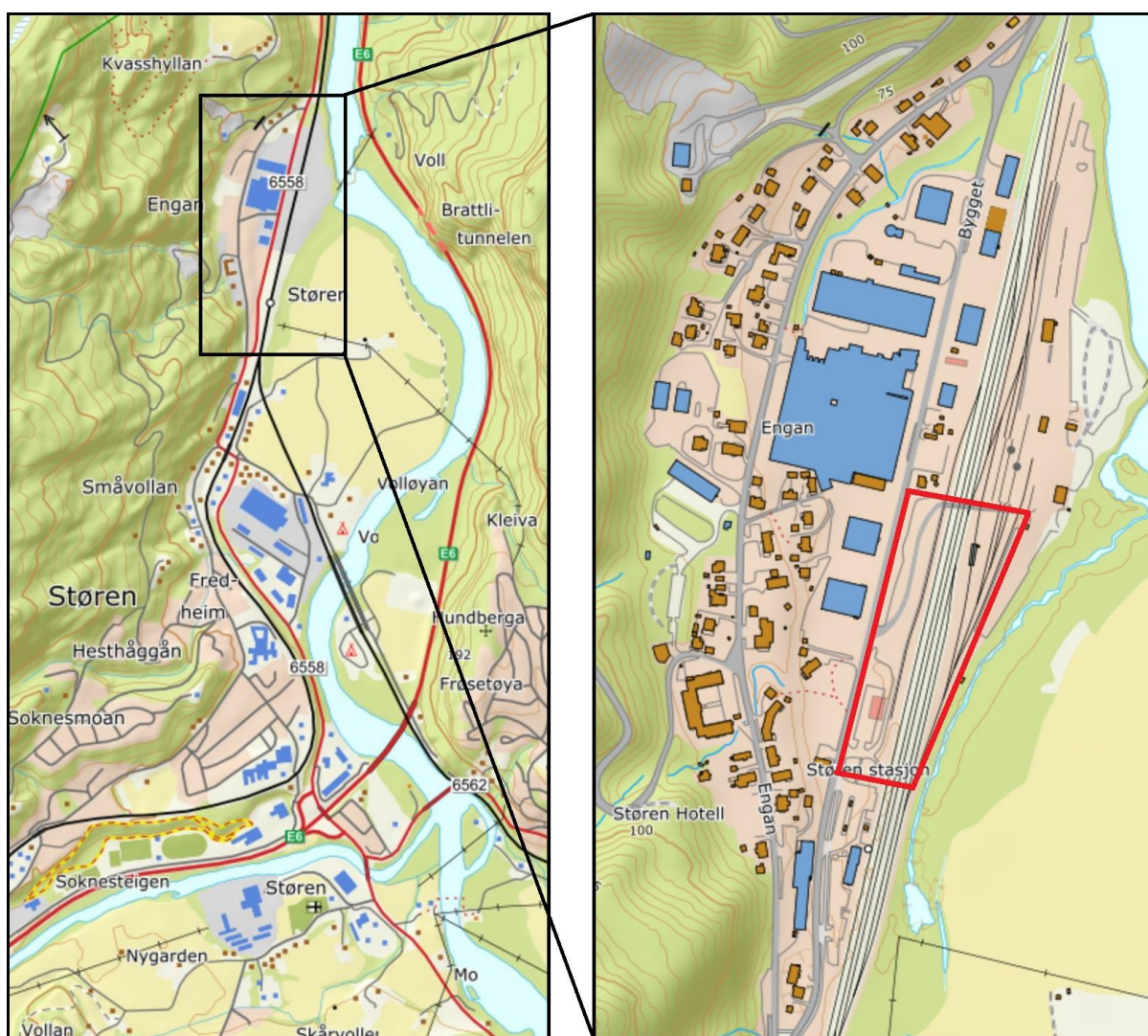


Figur 26: Nærbilde av det valgte området A2. Egenprodusert figur.

5.2 Utforming av terminal

Forskningsspørsmål 2: *Hva er kravene som stilles for plassering og utforming av en omlastingsterminal?*

Kravene til hva en terminal skal og bør inneholde, som presentert i Kapittel 4.3, ligger til grunn for utformingen av terminalen gjort i programvaren Infracore. I tillegg er det viktig å vurdere det arealet man har tilgjengelig og se etter hvilke muligheter man har. Resultatene fra Kapittel 5.1 peker på område A2 på Støren som et hensiktsmessig sted til plassering av omlastingsterminal i regionen. Ettersom det aktuelle området er stort, er det nødvendig å begrense det til et mindre område. Det er flere muligheter innenfor dette området, men siden det allerede finnes en togstasjon og en beredskapsterminal med flere spor her, er det naturlig å vurdere mulighetene for å etablere en mindre omlastingsterminal i tilknytning til disse. Arealet avgrenses til området vist i Figur 27.



Figur 27: Det markerte området (rød omriss) i Støren viser området hvor det skal skisseres et forslag til terminalløsning. Kart hentet og modifisert fra norgeskart.no.

Det anbefalte området for etablering av terminal ligger mellom Fylkesveg 6558 og jernbanesporene, og omfatter flere parkeringsplasser med noe grøntareal. Eksisterende

arealformål på det avgrensede området er *Bane*, slik at etablering av omlastingsterminal i utgangspunktet ikke vil skape konflikt. Lengst nord på området er det en planovergang mellom parkeringsplassen og terminalbygningene. Hovedsporet ligger lengst vest, inntil togstasjonen og den skisserte omlastingsterminalen. Selve det markerte området er ikke 600 m langt, men er tilknyttet flere kryssingsspor på terminalen hvor samtlige er over 600 m. Det vil si at man ikke kan laste om hele toget samtidig, men deler av toget kan omlastes uforstyrret ved at passerende tog benytter seg av kryssingssporene.

Sør for det avgrensede området ligger stasjonsbygningen og perrong for persontog. For å få plass til å laste om deler av et 600 m langt godstog bør togperrongen flyttes lengre sør eller over på andre siden av kryssingssporene. Andre løsninger for persontog kan også være mulige.

I Figur 28 og 29 vises 3D-skisser av en mulig terminalutforming. Skissene er en forenkling av virkeligheten der antall kryssingsspor er redusert for å vise terminalløsningen best mulig. Flere bilder av terminalskissen ligger i Vedlegg 6.



Figur 28: 3D-skisse av mulig terminalutforming. Egenprodusert skisse i Infracore.



Figur 29: 3D-skisse av eksisterende Støren stasjon og mulig terminalutforming. Egenprodusert skisse i Infracore.

Et godstog på 600 m består av 32 vogner. Det legges opp til at lastbærerne er semitrailere der hver vogn kan frakte én semitrailer. Disse semitrailere lastes om på terminalen ved hjelp av den horisontale omlastingsmetoden *Megaswing*, som beskrevet i Kapittel 4.3.3.1. Slike togvogner finnes ikke i modelleringsverktøyet, men er illustrert ved å skråstille togvogner ut fra jernbanelinjen. Denne metoden krever 120 m² per lastbærer. Skissen tar utgangspunkt i at 10 semitrailere kan lastes om, som til sammen krever et areal på 1200 m². Området som er skissert til omlastingsterminalen i Figur 28 er ca. 10 000 m². Det vil si at man har et stort areal til disposisjon dersom dette området tillates brukt. I første omgang ved etablering av en slik terminal antas det som tilstrekkelig med et mindre areal, men i et fremtidsperspektiv vil det gi muligheter for vekst og utvikling med det store arealet som er tilgjengelig her. På en annen side vil en terminal som utnytter hele området være dyrere både i etablering og drift enn en terminal tilrettelagt for omlasting av færre enheter. Det vil derfor være nødvendig å vurdere nytten ved en større terminal opp mot kostnaden.

Det er som sagt knyttet usikkerheter til hvor stort areal som faktisk kreves for å etablere en mindre omlastingsterminal. Derfor kan det hende at området i skissen er større enn nødvendig, og at noe av eksisterende parkeringsplass kan beholdes. Det vil uansett tilrettelegges for noe parkering i tilknytning til terminalområdet.

Som tidligere nevnt i oppgaven ønskes det ikke å legge føringer på hvilken horisontal omlastingsmetode som skal brukes, da det vil være avhengig av tilgjengelig teknologi og type lastbærer som skal lastes om. Selv om skissen tar utgangspunkt i *Megaswing* er dette kun ment som en illustrasjon for å vise hvordan en mindre terminal kan utformes.

I Figur 28 er det også skissert en terminalbygning som kan benyttes til oppbevaring av terminalmaskiner og annet utstyr. En del av kravene til hva en terminal må inneholde, som strøm og sidespor, vil allerede være til stede grunnet eksisterende infrastruktur. Snødepot og lagring av gods på terminal er ikke lagt inn i modellen, men det anses å være tilstrekkelig plass til å etablere dette.

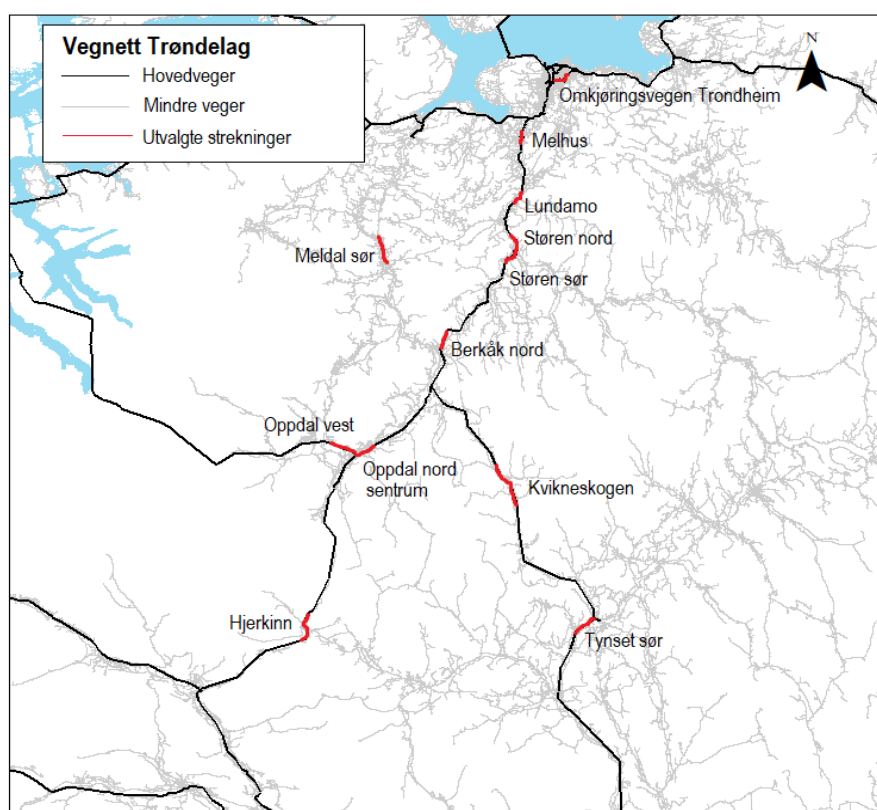
5.3 Kapasitet og godsoverføring

Forskningsspørsmål 3: *Hvilken effekt på transportårene i regionen vil det ha å overføre deler av godstransporten fra veg til jernbane?*

Effekten av overføring vil si hvordan både veg- og jernbanenettverket vil kunne respondere til en økning i mengde godstrafikk. For at en overføring i gods skal kunne skje, må det være tilstrekkelig plass på nettverket. Dette forskningsspørsmålet ligger til grunn for å finne ut hvor stort vekstpotensialet er på de ulike infrastrukturene. Kapasiteten til vegnettet finnes gjennom først å kartlegge dagens trafikkmengde i makstimen på ulike vegstrekninger, deretter ved å ta utgangspunkt i disse verdiene og prognosene for fremtiden for å finne trafikkmengde på de samme strekningene i 2050. Dette sammenlignes så med den teoretisk beregnede kapasiteten for ulike vegstrekninger. Overføringspotensialet til jernbanen finnes ved først å se på dagens utnyttelse av kapasitet, og deretter sammenligne dette mot hvor mye trafikk jernbanen skal kunne håndtere under optimal rutefordeling, forbedrede kryssingsspor og andre faktorer.

5.3.1 Kapasitet på vegnettet

I Tabell 10 vises ÅDT og tungbilandel på utvalgte strekninger hentet fra Statens vegvesen sine trafikktegninger gitt på vegkart.no. Riksvei 3 og E6 vurderes som nevnt til å være M3-veger. Fylkesvei 700 og Riksvei 70 settes til å være M5-veger. Strekningene vises i Figur 30. Makstimefaktorene er gitt i Tabell 1 i Kapittel 2.7. Makstimefaktoren til Riksvei 3 og E6 er 8,7 %, Fylkesvei 700 og Riksvei 70 er 9 %. Fullstendig utregning for verdiene i tabellene i Kapittel 5.3.1 vises i Vedlegg 1.



Figur 30: Kart over utvalgte vegstrekninger brukt til kapasitetsberegninger. Egenprodusert figur.

Tabell 10: ÅDT, tungbilandel og trafikkmengde i makstime på ulike strekninger i regionen, i 2019-tall.
Verdier hentet fra vegkart.no og Håndbok V714.

Sted	Veg	Hastighet (km/t)	Antall felt	ÅDT 2019 (kjt/døgn)	Tungbilandel	Makstimefaktor	Makstime flyt (kjt/t)
Hjerkinn	E6	80	2	2000	22 %	8,7 %	174
Oppdal sentrum nord	E6	70	2	5300	16 %	8,7 %	461
Berkåk nord	E6	80	2	5080	27 %	8,7 %	442
Støren sør	E6	90	2	5830	28 %	8,7 %	507
Støren nord	E6	80	2	7610	22 %	8,7 %	662
Lundamo	E6	50	2	9660	18 %	8,7 %	840
Melhus	E6	90	4	13150	16 %	8,7 %	1144
Omkjøringsvegen Trondheim	E6	70	4	43840	10 %	8,7 %	3814
Kvikneskogen	Rv. 3	80	2	2250	35 %	8,7 %	196
Tynset sør	Rv. 3	80	2	3200	24 %	8,7 %	278
Meldal sør	Fv. 700	60	2	1800	30 %	9,0 %	162
Oppdal vest	Rv. 70	70	2	3130	12 %	9,0 %	282

Verdiene i Tabell 10 beskriver dagens trafikkmengde på ulike vegstrekninger, både i døgnet og i makstimen. For eksempel vil det på Riksvei 3 gjennom Østerdalen (Kvikneskogen) i timen med størst trafikk kjøre 196 kjøretøy totalt i begge retninger. Av de 196 kjøretøyene er i gjennomsnitt 35 % tunge kjøretøy. Det tilsvarer 69 tunge kjøretøy. 196 kjøretøy i timen vil si at det i gjennomsnitt kommer litt over tre kjøretøy i minuttet, altså et kjøretøy hvert 18. sek. For mer trafikerte strekninger som nord for Støren, der det passerer 662 kjøretøy i makstimen, vil det i gjennomsnitt kjøre 11 kjøretøy i minuttet. Det tilsvarer et kjøretøy ca. hvert 5. sek.

Som nevnt i Kapittel 1 vil den prosentvise veksten i persontransport i korridoren Oslo - Trondheim ifølge prognosene være 51 % fra 2018 til 2050. I tillegg anslår NTP 2018-2029 en dobling i godsmengden innen 2050. Siden ca. 45 % av dagens gods fraktes med vegtransport, mot jernbanens 5 %, er det rimelig å anta at den største andelen av godsmengden i fremtiden også kommer til å fraktes på veg dersom det ikke gjøres tiltak for å få det over på jernbanen. Disse økningene i både person- og godstransport vil, basert på tallene i Tabell 10, gi ÅDT for 2050 som vist i Tabell 11. Tungbilandelen for 2050 er basert på fremtidsprognoser, der man ser hvor stor andel av fremtidens kjøretøy som vil være tungtransport. Prognoseverdiene for makstimen i 2050 er funnet ved hjelp av ÅDT for 2050 og makstimefaktoren. Beregningene gjort til Tabell 10 og 11 vises i Vedlegg 1.

Tabell 11: ÅDT og trafikkmengde i makstime, i 2050-tall. Beregnet med utgangspunkt i verdier fra Tabell 10.

Sted	ÅDT 2050 (kjt/døgn)	Tungbilandel 2050	Prognoseverdi 2050 makstime flyt (kjt/t)
Hjerkins	3236	27 %	281
Oppdal sentrum nord	8419	20 %	732
Berkåk nord	8094	21 %	704
Støren sør	9603	34 %	835
Støren nord	12311	27 %	1071
Lundamo	15439	23 %	1343
Melhus	20887	20 %	1817
Omkjøringsvegen Trondheim	68347	13 %	5946
Kvikneskogen	3772	41 %	328
Tynset sør	5103	28 %	452
Meldal sør	2983	36 %	268
Oppdal vest	4910	12 %	442

Gitt fremtidsscenarioet beskrevet ovenfor vil det på Riksvei 3 ved Kvikneskogen i 2050 passere 328 kjøretøy i makstimen. Det tilsvarer ca. 5 kjøretøy i minuttet, altså at det passerer et kjøretøy hvert 11. sek på denne strekningen. Sammenlignet med tall fra 2019 vil det si at antall kjøretøy i makstimen øker fra 196 i 2019 til 328 i 2050. Det vil si at hyppigheten på passerende kjøretøy øker fra hvert 18. sek til hvert 11. sek.

Fra verdier i Tabell 10 ser man at det sør for Støren vil, basert på Statens vegvesen sine trafikktegninger fra 2019, komme 507 kjøretøy i timen. Det tilsvarer ca. 8 kjøretøy i minuttet, og at det passerer et kjøretøy på et punkt på denne strekningen hvert 7. sek. Med en økning i kjøretøy som anslått i NTP, vil denne trafikkmengden i 2050 være 835 kjøretøy i timen (Tabell 11), som vil si ca. 14 kjøretøy i minuttet og at det passerer et kjøretøy ca. hvert fjerde sek i makstimen. En slik økning i antall biler per time fører til kortere avstand mellom kjøretøyene. Det gjør trafikken mer utsatt for kø ved at små hastighetsforandringer forplanter seg videre.

I Tabell 12 vises beregnet volum i makstime per kjørefelt, gitt hastighet og type kjøretøy. Friksjonen er hastighetsbestemt. Kapasitetsverdiene i Tabell 12 er kun teoretisk kapasitet, basert på hva en vegstrekning tåler før all bevegelse som tar lenger tid enn teoretisk beregnet vil forplante seg som kø.

Tabell 12: Beregnet volum ved ulike hastigheter og kjøretøytyper. Utrechnet basert på Statens vegvesens køteori.

Hastighet (km/t)	Friksjonskoeffisient	Stopp-lengde (m)	Reaksjons-lengde (m)	Bremse-lengde (m)	Kapasitet per felt og kjøretøytype (kjt/t)		
					Personbiler (4,8 m)	Lastebiler (12,0 m)	Vogntog (22,0 m)
V_0	f	L_S	L_R	L_B			
50	0,69	42,0	27,8	14,2	1068	925	781
60	0,63	55,8	33,3	22,5	990	885	771
70	0,59	71,6	38,9	32,7	917	838	748
80	0,55	90,2	44,4	45,8	842	783	713
90	0,52	111,3	50,0	61,3	775	730	675

Tabell 12 viser at hastighet og stopplengde korrelerer, der høy hastighet gir lengst stopplengde. Det krever lengre avstand mellom kjøretøyene som har høy hastighet dersom man skal unngå ulykker og forplantning av kø ved uforutsette stopp. Et kjøretøy som kjører i 80 km/t har en stopplengde på 90,2 m. Kjøretøyet vil bruke 4,1 sek på å stoppe opp. I tillegg vil vekten til kjøretøyet påvirke bremselengden, ved at tyngre kjøretøy har lengre stopplengde. Det vil også påvirke kapasiteten, men det ligger ikke inne i beregningene. Samtidig har kjøretøylengden betydning for kapasiteten på vegstrekningen, slik at et homogent nettverk med kun personbiler vil ha større kapasitet enn en strekning med kun vogntog. Siden det ikke finnes slike homogene vegstrekninger i virkeligheten, men en blanding av personbiler, lastebiler og vogntog med ulike lengder, vil den virkelige kapasiteten befinne seg et sted mellom kapasiteten for personbiler og vogntog.

For å se forskjellen i den teoretisk beregnede kapasiteten i Tabell 12 og den kapasiteten prognoseverdiene for 2050 gir, er verdiene samlet i Tabell 13. Her brukes kun teoretisk beregnet kapasitet for personbiler (lengde 4,8 m). Metoden for utregningen er beskrevet i Kapittel 2 og utregninger vises i Vedlegg 1. De utvalgte vegstrekningene vil ha ulik kapasitet, avhengig av hastighet. I tillegg vil antall felt være avgjørende, slik at de beregnede kapasitetsverdiene i Tabell 13 viser kapasitet i begge retninger. For 2050 vil det for noen strekninger bli endringer i antall felt og hastighet, for eksempel på ny E6 mellom Ulsberg og Melhus. Dette er ikke tatt høyde for i de fremtidige beregningene, slik at dagens hastighet og antall felt ligger til grunn for verdiene Tabell 13. Selv om økt hastighet basert på disse beregningene vil føre til lavere kapasitet, vil en økning i antall felt ha større påvirkning og bidra til bedre total kapasitet på strekningene. Det ser man av verdiene for Omkjøringsvegen i Trondheim som har fire felt.

Tabell 13: Prognoseverdier for trafikkmengde i 2050 for personbiler og beregnet kapasitet for personbiler fra Tabell 11.

Sted	Beregnet kapasitet makstime (begge retninger)	Prognoseverdi 2050 makstime flyt
Hjerkinn	$842 \cdot 2 = 1684$ kjt/t	281 kjt/t
Oppdal sentrum nord	$917 \cdot 2 = 1834$ kjt/t	732 kjt/t
Berkåk nord	$842 \cdot 2 = 1684$ kjt/t	704 kjt/t
Støren sør	$775 \cdot 2 = 1550$ kjt/t	835 kjt/t
Støren nord	$842 \cdot 2 = 1684$ kjt/t	1071 kjt/t
Lundamo	$1068 \cdot 2 = 2136$ kjt/t	1343 kjt/t
Melhus	$775 \cdot 4 = 3100$ kjt/t	1817 kjt/t
Omkjøringsvegen Trondheim	$917 \cdot 4 = 3668$ kjt/t	5946 kjt/t
Kvikneskogen	$842 \cdot 2 = 1684$ kjt/t	328 kjt/t
Tynset sør	$842 \cdot 2 = 1684$ kjt/t	452 kjt/t
Meldal sør	$990 \cdot 2 = 1980$ kjt/t	268 kjt/t
Oppdal vest	$917 \cdot 2 = 1834$ kjt/t	442 kjt/t

I Tabell 13 vurderes muligheten for vekst på vegnettet ved å sammenligne den beregnede kapasiteten på vegene gitt køteori basert på bremselengde og hastighet, med prognoseverdiene i 2050 for kapasitet i makstimen. Der ser man at det kun er Omkjøringsvegen gjennom Trondheim som vil oppleve et kapasitetsproblem på strekningen i 2050. Beregningene gjelder kun for enkle vegstrekninger uten kryss, og i et reelt tilfelle vil kryss, kjøreforhold, uforutsette hendelser og andre faktorer spille inn på kapasiteten, og i de fleste tilfeller redusere den.

Resultatene funnet i Tabell 13 bekreftes av Roar Melum, som sier at kapasitetsproblemene i fremtiden ikke vil være på strekningen mellom byer og tettsteder, men i flaskehalser (Melum, personlig kommunikasjon, 23. feb 2021). På en annen side vil en slik økning i trafikk være belastende for selve vegstrukturen, innbyggerne i områder nært de største trafikklårene og de lokale utslippene. Melum opplyser også om at den største andelen av lastebiltransport i Trøndelag foregår på dagtid. I den nasjonale telleaksjonen til NLF i 2017 oppdaget man at det største rushet av lastebiler i Berkåk kom på ettermiddagen. Dette var i stor grad trailere som ble lastet i Oslo på morgenen. Ut over ettermiddagen fortsatte trafikken av lastebiler i et jevnt sig til det stilnet i ni-tida på kvelden og deretter var det rolig gjennom natta. Der man andre steder i Østerdalen opplever stor trafikk om natten, vil det ha blitt morgen når disse kjøretøyene kommer til Trøndelag.

5.3.2 Kapasitet på jernbanen

I Tabell 14 vises informasjon fra den grafiske ruteplanen til Bane NOR, vist i sin helhet i Vedlegg 3. Metoden for å lese av ruteplanene er beskrevet i Kapittel 2, og er her gjort for å

tydeliggjøre reisetider og togfølgetider på utvalgte strekninger. Dette gjøres for å sammenligne reisetid for godstog og persontog.

Tabell 14: Reisetid og togfølgetid på utvalgte strekninger på Røros- og Dovrebanen. Lest ut fra grafiske ruteplaner til Bane NOR (2021a).

Tognummer	Type tog	Fra	Til	Reisetid (min)	Togfølgetid (min)
Dovrebanen		Støren	Dombås		
4810	Gods	08:42	10:43	121	155
42	Person	09:05	10:55	110	23
4814	Gods	09:32	11:23	111	27
12340	Gods	09:39	11:32	113	7
5702	Gods	09:55	11:58	123	16
Dovrebanen		Heimdal	Søberg		
4810	Gods	08:08	08:20	12	9
1710	Person	08:14	08:27	13	8
42	Person	08:33	08:43	10	19
4814	Gods	08:58	09:10	12	25
424	Person	08:59	09:11	12	1
12340	Gods	09:09	09:18	9	10
5702	Gods	09:19	09:30	11	10
2384	Person	09:46	10:02	16	27
426	Person	09:59	10:11	12	13
Rørosbanen		Støren	Røros		
2382	Person	06:40	08:18	98	
2384	Person	10:30	12:04	94	230
Rørosbanen		Koppang	Elverum		
2378	Person	06:11	07:14	63	
41604	Gods	06:50	08:09	79	39
2380	Person	08:09	09:16	67	139
40116	Gods	10:05	11:31	86	116
2382	Person	10:15	11:21	66	10

Reisetiden til godstogene mellom Støren og Dombås varierer mellom 111 og 123 minutter, der persontog bruker 110 minutter inkludert stopp på fire stasjoner. På strekningen Heimdal - Søberg (Melhus) er det ikke et konsekvent samsvar mellom reisetid og type tog.

På Rørosbanen mellom Støren og Røros er det ikke regulær kjøring av godstog, og dermed ikke et sammenligningsgrunnlag med tanke på reisetid. For strekningen mellom Koppang og Elverum, lenger sør på Rørosbanen, kjører persontogene i gjennomsnitt 17 minutter raskere enn godstogene. Rørosbanen går gjennom et terreng som generelt er slakere enn Dovrebanen, og man kunne i utgangspunktet forventet et resultat der forskjellene mellom gods- og persontransport var større på Dovrebanen enn på Rørosbanen. Samtidig er det hovedsakelig tømmer som fraktes på Rørosbanen. Dette er tungt gods som gjør det utfordrende for togene å holde en høy hastighet.

I tillegg til at persontogene i all hovedsak har kortere reisetid enn godstogene, har disse togene flere stopp underveis enn godstogene. Det vil si at forskjellen i hastigheten til person- og godstog er større enn det som fremkommer av Tabell 14. Det gjør en kapasitetsøkning på banene vanskelig dersom hastigheten ikke endres, gitt antall spor og kryssingsspor. Dagens infrastruktur gjør det altså vanskelig å prioritere godstogene uten at det går på bekostning av persontogene, og motsatt.

Oversikt over kryssingsspor på Røros- og Dovrebanen vises i Vedlegg 2. Det korteste kryssingssporet på Dovrebanen er 298 m, og ligger på Ulsberg. På Rørosbanen er det korteste kryssingssporet på Løten stasjon, med 284 m. På disse kryssingssporene vil det ikke være mulig for to godstog med lengde 450 m å krysse hverandre. Det fører til lange avstander mellom kryssingsspor som kan brukes av godstog. Det svekker kapasiteten til hele jernbanenettet, da togene verken kan krysse eller passere hverandre. Det vil også gi lengre ventetid ved kryssingssporene, som øker reisetiden og dermed svekker godstransportens konkurranse på jernbane. Den lengste strekningen mellom kryssingsspor vil være dimensjonerende for kapasiteten på jernbanelinjen. På Rørosbanen er dette mellom Haltdalen og Glåmos, der det er 41 km mellom stasjonene. På Dovrebanen er denne strekningen på 22 km, mellom Drivstua og Oppdal stasjon.

5.3.2.1 Overføringspotensialet

Som nevnt i Kapittel 4.4, er kapasiteten på enkeltspor normalt fire til fem tog i timen. Dette avhenger dog av antall og lengde på kryssingsspor, det rullende materiellet og signalsystemet. Ifølge Christine Handstanger, daglig leder i Infraplan, kan man lese ut av den grafiske ruteplanen i Vedlegg 3 at det i praksis er plass til ca. tre tog i timen på Dovrebanen med dagens infrastruktur (Handstanger, personlig kommunikasjon på mail, 9. mars 2021). Kapasiteten som er mulig å utnytte med dagens fordeling av ruteleie er bortimot full på Dovrebanen. Det vil si at man er avhengig av en ny fordeling av ruteleie, endring i hastighet, utvidelse til dobbeltspor eller økning i antall kryssingsspor for å ha plass til å flytte ønsket mengde gods over på Dovrebanen. Man kan også øke kapasiteten til godstog ved å kjøpe kapasitet av andre togprodukter for å prioritere godstransport, men det vil som nevnt gå ut over persontransporten.

Terminalsjef for CargoNet i Trondheim skriver på mail at fyllingsgraden på deres tog på Dovrebanen er 87 % (Frantzen, personlig kommunikasjon, 14. jan 2021). Det vil si at det er muligheter for å utnytte eksisterende kapasitet enda bedre ved å fylle togene helt fulle. Dette kan gjøres på endeterminale, eller på eventuelle omlastingsterminaler underveis. I tillegg er det forskjell i retningsbalansen mellom Trondheim og Oslo. Nordover fraktes det 55 %, og sørover 45 %. Siden retningsbalansen avhenger av etterspurt godsmengde vil denne være

vanskeligere å endre enn fyllingsgraden på lastbærerne. Retningsbalansen indikerer at det vil være noe ledig kapasitet sørover. Det kan gi mulighet for å overføre mer gods fra Trøndelag til Østlandet.

På Rørosbanen er det tilgjengelig sporkapasitet mellom Hamar og Støren. Her er det andre utfordringer knyttet til reisetid for godset og tidvis ugunstig kurvatur på jernbanen, i tillegg til at banen ikke er elektrifisert. Det er også langt mellom flere av kryssingssporene, som skaper kapasitetsproblemer.

5.3.3 Effekt av overføring

En omlastingsterminal kan bidra til å overføre mer gods fra veg til bane på flere måter. For eksempel ved å sette inn flere tog mellom mindre omlastingsterminaler og andre terminaler der det er ledig sporkapasitet. Et annet alternativ er øke fyllingsgraden på eksisterende godstog ved å laste på mer gods på en omlastingsterminal i distriktet.

På hverdager kjøres det opp til seks godstogpar daglig på Dovrebanen mellom Trondheim og Oslo. I tillegg kjøres det to biltogpar i uken, mellom Trondheim og Drammen. I snitt veier et containertog 600-700 tonn (Frantzen, personlig kommunikasjon på mail, 15. jan 2021). Et vanlig godstog på Dovrebanen har plass til 48 TEU. En lastebil har plass til én TEU, og en semitrailer kan frakte to. Et tiltak for å bedre godskapasiteten på Dovrebanen kan være å øke med ett godstogpar daglig. Hvis dette gjøres kan man potensielt flytte ca. 1 400 tonn bort fra vegen. Det tilsvarer 96 TEU, altså 96 lastebiler eller 48 semitrailere om dagen. Det vil si 35 040 lastebiler eller 17 520 semitrailere i året.

Et annet tiltak for godsoverføring fra veg til bane kan være å øke lengden på kryssingsspor til 600 m. Ved å legge inn en økning i tog lengde fra 450 m til 600 m på Dovrebanen i modellen EZ_freight, vil det på strekningen Oslo - Trondheim fra 2026 øke godstogenes kapasitet med 33 %. Ifølge modellen, resultat vist i Tabell 15, vil endringen føre til en overføring fra tung lastebil til elektriske tog på 517 000 tonn i 2050. Overføringen i modellen skjer utelukkende fra tung lastebil til elektriske tog på denne strekningen, og derfor er det kun disse reisemåtene som viser verdier i Tabell 15. Overføring av 517 000 tonn gods fra veg til bane tilsvarer omtrent to godstog om dagen dersom man bruker gjennomsnittsvekt på 700 tonn per tog. To godstog daglig, eller ett godstogpar, tilsvarer samme reduksjon som i eksempelet over, hvor man kan overføre godset fra 17 520 semitrailere årlig. Det fører med seg flere positive effekter, som blant annet reduksjon i CO₂-utslipp fra vegtransport, færre vegtrafikkulykker og reduksjon i vegslitasje. EZ_freight viser effekten av å øke godstoglengden fra 450 m til 600 m med tanke på ulykkesfrekvens og CO₂-utslipp i henholdsvis Tabell 16 og 17.

Tabell 15: Overføringspotensial med tiltaket der man øker tog lengde fra 450 m til 600 m, samt 33 % økning i kapasitet (1000 tonn). Tabell er hentet fra EZ_freight for år 2050.

Godsmengder (i 1000 tonn)	
Lett lastebil	
Tung lastebil	- 517
Modulvogntog	
Skip	
Elektriske tog	517
Dieseltog	
Utenlandsferge	
Fly	
Sum godsmengder	

Tabell 16 viser at en økning i godstog lengde på Dovrebanen kan føre til flere skadde og drepte personer som følge av ulykker hvor godstog er involvert. Antall skadde og drepte personer som følge av ulykker med tunge lastebiler vil ha en større nedgang enn godstogenes oppgang. Det gjør at nettoeffekten av en slik endring, ifølge modellen, er at antall skadde og drepte vil gå ned.

Tabell 16: Endring i ulykkesfrekvens for godstog og tung lastebil dersom godstog lengden økes fra 450 til 600 m på Dovrebanen. Tabell hentet fra EZ_freight for år 2050.

		Ulykkesfrekvens (ulykker per mill. kjøretøykm)	Kjøretøykm (mill.)	Antall personer rammet
Godstog	Lettere skadet	0.1002	0.86	0.09
Godstog	Hardt skadet	0.0574	0.86	0.05
Godstog	Død	0.0324	0.86	0.03
Tung lastebil	Lettere skadet	0.1216	- 16.23	- 1.97
Tung lastebil	Hardt skadet	0.0192	- 16.23	- 0.31
Tung lastebil	Død	0.0117	- 16.23	- 0.19
Nettoeffekt i 2050	Lettere skadet			- 1.89
	Hardt skadet			- 0.26
	Død			- 0.16

Tabell 17 viser at reduksjonen i CO₂-utslipp som følge av en økning i tog lengde og overføring av 517 000 tonn fra tung lastebil til elektriske godstog på Dovrebanen i 2050 er 13 267 tonn. Det er en mengde CO₂ som tilsvarer omtrent 0,15 % av det totale utslippet til vegtrafikken i 2019.

Tabell 17: Reduksjon i CO₂-utslipp som følge av økt tog lengde. Tabell hentet fra EZ_freight for år 2050.

	Utslipp (kg/km) i 2050	CO ₂
Reduserte CO ₂ -utslipp lastebil	0.8174	13 267 tonn reduksjon

Selv om reduksjonen i CO₂-utslipp som følge av en overføring som beskrevet over ikke vil gi en betydelig endring, gjelder disse tallene kun for Dovrebanen. Dersom andre jernbanestrekninger følger i samme spor og tilrettelegger for mer overføring, vil den samlede reduksjonen øke. Samtidig gjelder reduksjonen kun for økning i tog lengde til 600 m. Dersom flere tiltak kombineres, altså en økning i både antall tog og tog lengde, vil mengden CO₂ som reduseres være betydelig større.

En overføring fra veg til bane som beskrevet i Kapittel 5.3 gjelder som nevnt kun for Dovrebanen. Resultatene viser at vegnettet kan håndtere den forventede trafikkøkningen frem til 2050, men vil skape kapasitetsproblemer inn mot byer og tettsteder. En økning i godstrafikk på veg vil føre til økt vegslitasje og utslipp, som også vil være et argument for overføring. På jernbanen er kapasiteten bortimot fullt utnyttet, slik at en overføring fra veg til jernbane ikke kan skje uten tiltak. Et realistisk overføringspotensial fra veg til bane er ifølge EZ_freight 517 000 tonn gods fram til 2050, dersom tog lengden øker fra 450 m til 600 m. Dette avhenger dog av et forbedret jernbanenettverk, som faktisk kan respondere til denne veksten i jernbanetransport.

5.4 Diskusjon

I tillegg til de nevnte fordelene ved overføring av gods fra veg til bane, vil det være flere faktorer som også kan nevnes i denne sammenheng. Reduksjon i antall tunge kjøretøy reduserer slitasjen på vegnettet og kostnadene knyttet til vedlikehold. Samtidig reduseres mengden vegstøv og lokale utslipp langs vegene, som kan gi bedre luftkvalitet og boforhold langs transportårene. Fremtidens autonome lastebiler vil også bidra til å redusere utslippene, men vil i like stor grad bidra til slitasje på vegene.

Et annet aspekt ved bruk av jernbane på de lengste transportetappene, er at man i stor grad vil unngå kjøring av lastebiler på områder som er utsatt for vær og vind. Kolonnekjøring og andre forsinkelser som følge av vær, er en kilde til store tap for vegtransporten.

Mengden gods som kan overføres på en mindre omlastingsterminal på Støren er uviss, da modellering av selve terminalen ikke er inkludert i de fremskrevne fordelingene av gods på nettverket i 2050. Andre resultater peker likevel på flere positive effekter av en omlastingsterminal på Støren. I tillegg til at en terminal her vil øke beredskapen i hele regionen samt være fremtidsrettet med tanke på Rørosbanen, kan en omlastingsterminal bidra til bedre forhold for lastebilsjåførere. Dersom langdistansekjøring for eksempel mellom Hitra og Østlandet erstattes av kjøring mellom Støren, Hitra og Trondheim, vil det øke

kjennskapen til vegnettet for sjåførene. Det kan øke trafikksikkerheten i området, samtidig som det vil gi bedre arbeidstider for lastebilsjåførene. En økt satsing på jernbanetransport med en mindre omlastingsterminal i regionen vil dermed ikke svekke lastebiltransport. Roar Melum (NLF) utpeker den største konkurrenten deres til å være kabotasje, ikke jernbanetransport. En overføring i gods fra veg til jernbane vil kunne redusere de utenlandske aktørene sitt konkurransegrunnlag, og dermed være styrkende for markedet til norske lastebilsjåførere.

En terminal på Støren vil kunne håndtere godset mellom Trøndelag og Østlandet også når kapasiteten til terminalen på Heggstadmoen og Brattøra er nådd. Det kan til sammen øke kapasiteten til mengden gods på bane i Trøndelag, samt avlaste sporkapasiteten mellom Støren og Trondheim.

Til tross for flere positive effekter er det også utfordringer knyttet til etablering av en mindre omlastingsterminal på Støren. Som tidligere adressert er kapasiteten på Dovrebane omtrent fullt utnyttet. Det kreves dermed kapasitetstiltak for å kunne øke godsmengden på bane. Uten slike tiltak vil ikke en terminal på Støren kunne bidra til en overføring, da det tilsynelatende ikke vil være tilstrekkelig kapasitet på jernbanenettet.

Som nevnt er det flere potensielle naturfarer som må kartlegges før en terminal på Støren kan etableres. Selv om kvikkleirefaren vurderes til å være ubetydelig, vil et område som ligger under marin grense uansett være i aktsomhetsområdet for kvikkleireskred. Samtidig ligger området i en flomsone, som også krever nærmere kartlegging.

En annen utfordring ved en terminal plassert som vist i Figur 27, er at mengden tunge kjøretøy gjennom Støren sentrum potensielt vil øke. Som beskrevet i Kapittel 5.2 er det lagt opp til et forslag til omlasting av 10 semitrailere. Om en omlastingsterminal vil føre til en betydelig trafikkbelastning gjennom Støren sentrum, avhenger av hvor ofte terminalen skal brukes og hvor mange kjøretøy som skal lastes om.

Som nevnt finnes det få erfaringer fra automatiserte terminaler og vinterdrift. En terminal på Støren vil derfor kunne møte på utfordringer knyttet til drift og vedlikehold. Samtidig er Støren det området av de aktuelle lokasjonene i region Trøndelag Sør som ligger mest hensiktsmessig til med tanke på vinterklima og snø ut ifra innhentede data.

Siden automatiserte terminaler ikke er vanlig i Norge, vil eksisterende regelverk og sikkerhetshåndtering kunne stagnere etableringen av en slik terminal. Mindre omlastingsterminaler er ikke en del av dagens terminalstruktur, og som ethvert nytt prinsipp, vil en slik type omlastingsterminal kunne møte motstand fra etablerte aktører. Gjennom kontakt med næringslivet er det blitt tydelig at det er varierende oppslutning rundt tanken om etablering av mindre omlastingsterminaler, men at engasjementet er stort. De som er negative til idéen mener at omlastingskostnadene vil bli for store samtidig som man mister verdifull tid i fremføringen av toget, der jernbane allerede ligger bak vegtransport i fleksibilitet og reisetid. De legger til grunn at hvert stopp vil ta mellom 45 og 60 minutter, men det er knyttet usikkerhet rundt hvor lang tid en omlasting faktisk vil ta. Spesielt dersom teknologien utvikles vil denne tiden kunne reduseres. Tap av reisetid ved ett eller flere stopp kan medføre at hovedvolumet fra endeterminale til endeterminale vil gå over på bil. Ved en slik

økning i tid mellom endestasjonene vil det kunne svekke varestrømmen på bane i transportkorridoren.

Som nevnt i Kapittel 4.4.2.3, er det fire tiltak som har vist seg å gi størst effekt på godsoverføring basert på tiltakenes kostnad. En ny omlastingsterminal på Støren vil i hovedsak etterstrebe å påvirke tiltaket om “reduerte terminalkostnader for jernbane” ved å ta i bruk nye, horisontale omlastingsmetoder. Økte drivstoffavgifter på veg er ikke inkludert i oppgaven, men vil kunne senke attraktiviteten til vegtransport og dermed øke jernbanetransportens konkurranse.

Ifølge Tor Nicolaisen i Jernbanedirektoratet vil den viktigste parameteren for å overføre gods fra veg til jernbane være den samfunnsøkonomiske lønnsomheten (Nicolaisen, personlig kommunikasjon, 15. nov 2020). Med store kostnader rundt utbedring av jernbanen vil det være naturlig at man trenger analyser som viser at det vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Dette er nødvendig for å oppnå politisk godvilje til å ta slike avgjørelser. Samtidig viser uttalelsene fra samferdselsminister Hareide at Regjeringen ønsker at jernbane skal være en viktig del av den norske transportinfrastrukturen i fremtiden, som indikerer at det finnes vilje til å gjøre investeringer. For å bidra til Regjeringens ambisjon om å flytte 30 % av godstransport som reiser over 300 km på veg over på jernbanen innen 2030, vil det uansett kreve investeringer eller forbedringer på ett eller flere plan.

Støren ligger omtrent 60 km fra Brattøra, og ca. 430 km fra godsterminalen på Alnabru i Oslo. Distansene gjelder korteste rute på veg som alternativ transportrute til tog. Dette er kortere enn lønnsomhetsgrensen for banetransport, som er 500 km. Samtidig er målet til Regjeringen som nevnt at deler av godstransportene over 300 km skal flyttes fra veg til bane. Dette vil en terminal på Støren kunne bidra til, men vil ha best effekt på å overføre gods mellom Alnabru og Støren, ikke mellom Trondheim og Støren. En terminal lenger sør for Støren, for eksempel på Otta, vil potensielt kunne overføre mer gods mellom Trondheim og den aktuelle terminalen fordi distansen med banetransport er lengre. Samtidig vil avstanden til Oslo da bli kortere, og tilsvarende mindre lønnsom. I tillegg avhenger lønnsomheten av distribusjonsavstanden til terminalen for det aktuelle godset som lastes om.

5.5 Resultatenes gyldighet

Uten begrensningenes påvirkning på oppgaven, ville resultatet kunne blitt annerledes. Oppgaven tar utgangspunkt i det som er funnet av litteratur rundt temaene. Tidsaspektet ved oppgaven har begrenset mengden litteratur som er innhentet. I tillegg er tilgjengelig litteratur om mindre omlastingsterminaler, kapasitet og automatiske omlastingsmetoder begrenset, som også har påvirket hvilken kunnskap som er opparbeidet. Dette gjør at resultatet er blitt som presentert i oppgaven. Ved bruk av mer tid, flere ressurser eller gjennomføring av oppgaven på et senere tidspunkt, ville resultatet kunne sett annerledes ut. Dette gjelder også bruk av programvare. Den Nasjonale godstransportmodellen i Cube er relativt lite brukt og det er få personer som bruker den i arbeidet sitt. Det finnes derfor lite kunnskap om modellen. Det har gjort bruken av den Nasjonale godstransportmodellen utfordrende og tidkrevende. Hadde kunnskapen rundt modellen vært større, kunne analysene gitt mer omfattende resultater.

Resultatene fra godsstrømsanalysen er kun så gode som de dataene som ligger inne i modellen. Dette er modellerte godsstrømmer basert på innsamlet data om godstransport, som er av begrenset mengde. Feil som ligger inne i modellen eller datagrunnlaget vil fortsatt ligge inne i resultatene. Det vil si at selv om analyseresultatene fremstår som om det er realiteten, vil det kun være en modell og resultatene må håndteres deretter.

Dataene som brukes i den tekniske analysen i Kapittel 5.1 er fra ulike årstall. Det kan ha påvirket analysen ved at endringer i for eksempel vegnett, bygninger og/eller arealplaner ikke er inkludert i datagrunnlaget. Dermed kan det gi et uriktig bilde av situasjonen. Ved et lengre tidsperspektiv på oppgaven vil man kunne gjennomført grundige fysiske befaringer som kunne bidratt til reduksjon i feilkilder rundt slike endringer. Dette gjelder også den tekniske analysen i sin helhet, da resultatene baserer seg fullt og helt på digitale hjelpemidler.

Deler av oppgaven baserer seg på kontakt med næringslivet, slik at deres meninger og politiske synspunkt vil ha påvirket innhold og resultatet i oppgaven. Dette kan ha påvirket objektiviteten i oppgaven. Samtidig var næringslivets synspunkter og erfaringer ønsket for at resultatet skulle bli mest mulig anvendelig for oppdragsgiverne og andre interesserte.

6 Konklusjon

Målet med oppgaven var å svare på problemstillingen “*Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?*”. Dette er gjort gjennom en godsstrømsanalyse ved hjelp av den Nasjonale godstransportmodellen, en litteraturstudie, kapasitetsberegninger og teknisk analyse i ArcMap. Omlastingsterminalen er ment som et supplement til eksisterende terminalstruktur og som avlastning, ikke for å ta over for de store terminalene.

Gjennom godsstrømsanalysen ble de tre områdene Støren, Berkåk og Oppdal vurdert til å være mest aktuelle for plassering av en omlastingsterminal. Etter en teknisk analyse basert på ulike krav funnet gjennom litteraturstudien, ble Støren funnet til å være det mest hensiktsmessige stedet å plassere en terminal. Deretter ble området rundt Støren stasjon og eksisterende beredskapsterminal bestemt til å være best egnet. Dette baserer seg på stedets tilknytning til veg- og jernbanenett, stort tilgjengelig areal og egnet arealformål. I tillegg vitner eksisterende bebyggelse i området om at naturfarene er vurdert til å ha lav risiko.

For å vurdere kapasiteten på både veg- og jernbanenettet er det gjort noen enkle kapasitetsberegninger. Disse konkluderer med at vegnettet mellom byene vil kunne håndtere økningen i person- og godstransport som er estimert for 2050. I tettsteder og byer vil kryss og hastighetsendringer fortsatt skape kapasitetsutfordringer. Med tanke på jernbanenettet, er Dovrebanen så å si fullt utnyttet med dagens rutefordeling, og vil ikke kunne håndtere fremskrevne godsmengder på bane uten videre tiltak. Rørosbanen har ikke regulær kjøring av gods mellom Røros og Støren, og med mindre det gjøres tiltak for å bedre banen vil det forbli sånn. Dette fordi denne delen av banen har krevende kurvatur og få kryssingsspor, samt at hele Rørosbanen er dieseldrevet.

7 anbefalinger

Ønsket med oppgaven er å bidra til å gjøre godshåndteringen i Trøndelag Sør-regionen mer bærekraftig. Gjennom arbeidet med oppgaven er det vist stort engasjement fra flere aktører, både med positive og negative innfallsvinkler til om bruk av mindre omlastingsterminaler kan være en løsning. Dette er en debatt som må tas videre politisk, særlig i forhold til mangel på fremtidig kapasitet på jernbanenettet.

I det videre arbeidet anbefales det å kontakte flere bedrifter i regionen som sender og mottar gods. Dette bør gjøres for å kartlegge hvilke lastbærere som brukes og hvilke horisontale omlastingsmetoder som vil være mest aktuelle for bedriftene i regionen. Da kan man også beregne kostnadene ved horisontal omlasting på en slik terminal. Det kan videre brukes til å integrere terminalen i nettverket til den Nasjonale godstransportmodellen, for å undersøke hvor mye gods som faktisk vil overføres ved bruk av terminalen. Samtidig består godstransportmodellen av forenklete data som ikke nødvendigvis vil holde mål til mer detaljerte analyser enn det som er gjort i denne oppgaven, slik at bruk av modellen må vurderes ut ifra formål.

Det anbefales også å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse for å sikre at omlastingsterminalen vil være en god investering. Det innebærer en analyse av lønnsomhetsgrensen for intermodal transport. Dette kan øke beslutningsgrunnlaget for plassering av omlastingsterminalen på Støren.

Selv om resultat og diskusjon peker på Støren som den best egnede plasseringen for en terminal, hadde Berkåk også gode kvaliteter. En terminal der vil sannsynligvis kreve større naturinngrep ettersom denne analysen ikke ga noen gode alternative plasseringer. Det anbefales derfor å undersøke andre mulige plasseringer i Berkåk og eventuelt å gjennomføre en tilsvarende nytte-kostnadsundersøkelse. Dette vil enten underbygge Støren som mest hensiktsmessige område, eller peke på Berkåk som et bedre alternativ enn oppgaven konkluderer med.

En annen mulighet for å overføre mer gods fra veg til bane er å endre rutefordelingen på jernbanen. Det anbefales å gjennomføre en samfunnsøkonomisk analyse av en slik endring i rutefordeling der man prioriterer godstogene over persontogene på visse tider av døgnet.

Det anbefales å gjennomføre et pilotprosjekt på Støren stasjon før en fullstendig terminalløsning implementeres. Det er relativt store arealer til disposisjon ved tenkt plassering av terminal, slik at det kan være mulig å gjennomføre et pilotprosjekt ved bruk av eksisterende infrastruktur med små tiltak. Et slikt pilotprosjekt kan gi innsikt i om en mindre omlastingsterminal er ønsket av markedet og om den vil fungere i området.

Referanseliste

Abril *et al.* (2008) *An assessment of railway capacity*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554507000579> (Hentet: 11.03.2021).

Avinor *et al.* (2019) *Nasjonal transportplan 2022-2033: Oppdrag 3 - Utfordringer i transportkorridorer og byområder*. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/7588d552ed4e44f4991331a6013948f0/ntp-oppdrag-3.pdf> (Hentet: 25.02.2021).

Avinor *et al.* (u.å) *Effektive knutepunkter godstransport (NTP 2014-2023) Nasjonal transportplan*. Tilgjengelig fra:
https://www.vegvesen.no/attachment/2664120/binary/1323093?fast_title=Effektive+knutepunkter++godstransport+hovedrapport.pdf (Hentet: 26.10.2020).

Ballis, A. og Golias, J. (2002) Comparative evaluation of existing and innovative rail – road freight transport terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(7), s. 593-611. doi:10.1016/s0965-8564(01)00024-6

Bane NOR (2015) *Definisjon: Rullende materiell*. Tilgjengelig fra:
https://trv.banenor.no/wiki/Definisjon:Rullende_materiell (Hentet: 06.04.2021).

Bane NOR (2020a) *Teknisk håndbok - Funksjonelle anbefalinger ved konstruksjon av jernbanegodsterminal*. Tilgjengelig fra:
<https://orv.banenor.no/terminalhandboken/doku.php?id=public:teknisk:bygging> (Hentet: 14.11.2020).

Bane NOR (2020b) *Nasjonal signalplan*. Tilgjengelig fra:
<https://www.banenor.no/contentassets/950951c96924496996fce1b06d7f10d9/nasjonal-signalplan-2020.pdf> (Hentet: 25.02.2021).

Bane NOR (2021a) *Grafiske togruter, fastlagt rutetermin R21*. Tilgjengelig fra:
<https://www.banenor.no/kundeportal/ruter-og-sportilgang/grafiske-togruter2/> (Hentet: 13.04.2021).

Bane NOR (2021b) *Fakta om ERTMS*. Tilgjengelig fra:
<https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ertms/fakta/> (Hentet: 25.02.2021).

Bane NOR (u.å.a) *Godsterminaler*. Tilgjengelig fra:
<https://www.banenor.no/kundeportal/jernbanen-i-norge/infrastruktur/godsterminaler/> (Hentet: 20.11.2020).

Bane NOR (u.å.b) *Rørosbanen*. Tilgjengelig fra:
<https://www.banenor.no/Jernbanen/Banene/Rorosbanen/> (Hentet: 06.11.2020).

Bane NOR (u.å.c) *Dovrebanen*. Tilgjengelig fra
<https://www.banenor.no/Jernbanen/Banene/Dovrebanen/> (Hentet: 04.03.2021).

Bane NOR Eiendom (u.å.a) *Støren Stasjon*. Tilgjengelig fra:
<https://banoreiendom.no/storen-stasjon> (Hentet: 16.04.2021).

Bane NOR Eiendom (u.å.b) *Ulsberg stasjon*. Tilgjengelig fra: <https://banenoreiendom.no/ulsberg-stasjon> (Hentet: 15.03.2021).

Bärthel, F. og Woxenius, J. (2003) *The Dalecarlian Girl - Evaluation of the implementation of the Light-combi concept*. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/281274686_Terminals_as_part_of_the_Swedish_transport_system_-_an_overview (Hentet: 22.04.2021).

Bergmeister, A. (2017) *Pressemitteilung 59/2017. TH Nürnberg zeigt in einer Machbarkeitsstudie: Die autonom fahrende Rangierlokomotive ist möglich*. Tilgjengelig fra: https://www.th-nuernberg.de/fileadmin/newsdaten/Pressemitteilungen/2017/2017_10_Oktober/PM_59_TH_N%C3%BCrnberg_Die_autonom_fahrende_Rangierlokomotive_ist_m%C3%B6glich.pdf.pdf (Hentet: 19.03.2021).

Bertelsen, D. (2016) *Fenomenet bilkø samt kapasitet og forsinkelse*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning-innovasjon-og-utvikling/pagaende-programmer-og-prosjekter/bedre-by/aktiviteter/attachment/1552822?ts=1577025d0c8&fast=title=Fenomenet+k%C3%B8+og+forsinkelser.pdf> (Hentet: 16.03.2021).

Bårdstu, A. (2011) Nye terminaler må ut av bysentrene, *jernbanemagasinet.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/contentassets/5392f277e4e34bac97399ffc7fa98f67/jernbanemagasinet-nr-2-2011.pdf> (Hentet: 04.02.2021).

CargoBeamer (u.å) *What we do*. Tilgjengelig fra: <https://www.cargobeamer.com/what-we-do.html> (Hentet: 04.05.2021).

CargoNet (u.å) *Trondheim*. Tilgjengelig fra: <https://www.cargonet.no/tjenester/terminaltjenester/railcombi/trondheim/> (Hentet: 20.11.2020).

Dingler, M. H., Lai, Y. C og Barkan, C. (2013) *Effect of train-type heterogeneity on single-track heavy haul railway line capacity*. Tilgjengelig fra: <https://railtec.illinois.edu/wp/wp-content/uploads/2019/01/Dingler%20et%20al%202013%20Effect%20of%20train-type%20heterogeneity%20on%20single-track%20heavy%20haul%20railway%20line%20capacity.pdf> (Hentet: 11.03.2021).

Drösemeyer, H. (2018) *T18 Godstrafikk. Tilbudskonsept*. 201701763-9. Tilgjengelig fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/694951b71fa84932b97f73530d90e8e9/t18godstrafikk.pdf> (Hentet: 18.03.2021).

ESRI (u.å) *What is GIS?* Tilgjengelig fra: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (Hentet 12.04.2021).

FN (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (Hentet: 06.05.2021).

Geonorge (u.å) *Kartkatalogen*. Tilgjengelig fra: <https://kartkatalog.geonorge.no/> (Hentet: 18.03.2021).

Glommen Mjøsen Skog (2017) *Godspakke Innlandet*. Tilgjengelig fra: https://klosser.no/wp-content/uploads/2017/08/Brosjyre-E16_onepager.pdf (Hentet: 09.03.2021).

Handstanger, A. C. T. *et al.* (2015) *Godstrafikk på jernbane*. Tilgjengelig fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/7ab4526560254e83990e80e0db59a64f/slo-navet-godstrafikk-pa-jernbane-vedlegg-10a.pdf> (Hentet: 09.03.2021).

Hanssen, T.-E. S. og Solvoll, G. (2014) *Godsstrømsanalyse Trøndelag og Nordland* (SIB-rapport 7/2014). Bodø: Handelshøgskolen i Bodø, Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi. Tilgjengelig fra: <https://nordopen.nord.no/nord-xmlui/handle/11250/282116> (Hentet: 22.04.2021).

Haugen, M. O. (2019) *Støren*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/St%C3%B8ren> (Hentet: 15.02.2021).

Haram, H. K., Hovi, I. B. og Caspersen, E. (2015) *Potensiale og virkemidler for overføring av gods fra veg- til sjøtransport*. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=41079> (Hentet: 18.03.2021).

Helle, K., E. (2020) *Klimagassutslippet fra ulike reisemåter*. Tilgjengelig fra: <https://www.framtiden.no/gronne-tips/reise-og-transport/klimagassutslippet-fra-ulike-reisemater.html> (Hentet: 06.05.2021).

Hovi, I. B. *et al.* (2017) *Framskrivinger for godstransport i Norge, 2016-2050*. (TØI-rapport 1555/2017). Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php/1344755-1491375698/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2017/1555-2017/1555-2017-elektronisk.pdf> (Hentet: 20.11.2020).

Hovi, I. B. og Grønland, S. E. (2012) *Godstransport i korridorer: Egenskaper og virkemidler for overføring av gods*. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php/1323226-1330332531/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2012/1195-2012/1195-2012-sam.pdf> (Hentet: 18.02.2021).

Islam, D.M.Z., Ricci, S. og Nelldal, B. (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. *Eur. Transp. Res. Rev.* 8, 18 (2016). doi:10.1007/s12544-016-0204-x.

InnovaTrain (u.å) *InnovaTrain ContainerMover-3000*. Tilgjengelig fra: http://www.innovatrain.ch/fileadmin/Medien/Bilder/Brosch%C3%BCren/ContainerMover_E.pdf (Hentet: 20 April 2021).

Gjestvang, B. H. (2018) *Fremsyn 2050 – Trender innen samferdsel frem mot 2050*. Tilgjengelig fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/b67e526f127d42fdb985ce6ea6550ea3/trender-for-transportsektoren/2018-04-12-trender-og-drivkrefter-sak-07-02b-2018.pdf> (Hentet: 02.02.2021).

- Landex, A. (2008) *Methods to estimate railway capacity and passenger delays*. PhD-oppgave. Technical University of Denmark. Tilgjengelig fra: <https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/4958696/Methods+to+estimate+railway+capacity+and+passenger+delays%28a%29.pdf> (Hentet: 25.05.2021).
- Leknes, S. og Løkken, S., A. (2020) *Befolkningsframskrivinger for kommunene, 2020-2050*. (SSB-rapport 2020/27). Oslo og Kongsvinger: SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/attachment/429172?ts=173fc97ddf0> (Hentet: 02.02.2021).
- Liu, W. (2016) *Determining the Importance of Factors for Transport Modes in Freight Transportation*. Masteroppgave. Delft: Delft University of Technology. Tilgjengelig fra: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:502b28e0-c72a-4b23-83d1-138de7142bb3> (Hentet: 19.11.2020).
- Lohr Railway system (2017) *Efficient LOHR Railway System (timelapse)*. Tilgjengelig fra: https://www.youtube.com/watch?v=MTvSOorTXFzw&ab_channel=LohrRailwaysystem (Hentet: 22.04.2021).
- Lohr (u.å.) *The Lohr UIC Wagons*. Tilgjengelig fra: <https://lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-uic-wagons/> (Hentet: 21.04.2021).
- Madslie, A., Hulleberg, N. og Kwong, C., K. (2019) *Framtidens transportbehov. Framskrivinger for person- og godstransport 2018-2050*. (TØI-rapport 1718/2019). Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=51596> (Hentet: 18.03.2021).
- Madslie, A., Steinsland, C. og Grønland, S. E. (2015) *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. (TØI-rapport 1429/2015). Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43020> (Hentet: 15.11.2020).
- Marskar, E., M. et al. (2015) *NTP Godsanalyse - hovedrapport*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/2671655/binary/1323995?version=6825824> (Hentet: 14.11.2020).
- Marstein, A. og Rolland, S. (2010) *Årsaker til kø - Næringslivets nytte*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/274994/binary/485056?fast_title=%C3%85rsaker+til+k%C3%B8+%28B%29.pdf (Hentet: 02.02.2021).
- Meld. St. 20 (2020-2021) (2021) *Nasjonal transportplan 2022-2033*. Oslo: Samferdselsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf> (Hentet: 24.03.2021).
- Meld. St. 33 (2016-2017) (2017) *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Oslo: Samferdselsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/?ch=9#kap9-1> (Hentet: 24.11.2020).
- Miljødirektoratet (u.å) *Overføring av gods fra vei til sjø og bane*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepiktige-utslipp-mot-2030/transport/overforing-av-gods-fra-vei-til-sjo-og-bane/> (Hentet 09.03.2021).

Miljøstatus (2020) *Klimagassutslipp fra veitrafikk*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-veitrafikk/> (Hentet: 06.04.2021).

Midtre Gauldal Kommune (2019) *ROS-analyse - Vedlegg til kommunedelplan Støren 2019-2031*. Tilgjengelig fra: [Kommunedelplan Støren Midtre Gauldal Kommune 2019 ...https://www.mgk.no › file › download](https://www.mgk.no › file › download) (Hentet: 13.05.2021).

Mæhlum, L. (2018) *Arealplan*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/arealplan> (Hentet: 19.04.2021).

Nelldal, B., L. et al. (2005) *Konkurrenskraftiga kombitransportsystem*. Tilgjengelig fra: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87135.1550154656!/Menu/general/column-content/attachment/0513_inlaga.pdf (Hentet: 04.02.2021).

NGI (u.å) *Risiko og sårbarhet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngi.no/Tjenester/Fagekspertise/Risiko-og-saarbarhet> (Hentet: 22.03.2021).

NGU (2019) *Jordskred og flomskred*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/jordskred-og-flomskred> (Hentet: 26.03.2021).

NGU (2021) *Marin grense*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/marin-grense> (Hentet: 22.03.2021).

NLF (2020) NTP 2022-2033 - Høring av transportvirksomhetenes svar på oppdrag fra departementet. Brev til Samferdselsdepartementet, 26.06.2020.

Norkart (u.å) *Kommunekart* [kartsøk Melhus, kommuneplan]. Tilgjengelig fra: <https://kommunekart.com/klient/melhus/publikum?urlid=7d475af83eee4d8291dca7d36dbfab81> (Hentet: 24.02.2021).

Norsk Klimaservicesenter (u.å) *Observasjoner og værstatistikk*. Tilgjengelig fra: <https://seklima.met.no/observations/> (Hentet: 03.03.2021).

NVE (2020a) *Kartlegging av skred- og flomfare gir et tryggere samfunn*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-skred-og-vassdrag/kartlegging-av-skred-og-flomfare-gir-et-tryggere-samfunn/> (Hentet: 22.03.2021).

NVE (2020b) *Klima, nå og i framtiden*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/klima/klima-na-og-i-framtiden/?ref=mainmenu> (Hentet: 22.03.2021).

NVE (2020c) *Aktsomhetskart*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/aktsomhetskart/?ref=mainmenu> (Hentet: 23.03.2021).

NVE (2020d) *Trøndelag*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/faresonekart-kommuner/trondelag/> (Hentet: 12.09.2021).

NVE (2021) *Midtre Gauldal kommune - Faresonekart*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/faresonekart-kommuner/trondelag/midtre-gauldal-kommune/> (Hentet: 04.05.2021).

NVE (u.å.a) *Temakart*. Tilgjengelig fra: <https://temakart.nve.no/link/?link=faresoner&layer=4&field fylkesnavn&value=Tr%C3%B8ndelag&buffer=25000> (Hentet: 22.03.2021).

NVE (u.å.b) *Skredterreng*. Tilgjengelig fra: <https://www.varsom.no/snoskredskolen/skredterreng/> (Hentet: 26.03.2021).

Nye Veier (2018) *Planprogram for E6 Ulsberg - Vindåsliene*. Tilgjengelig fra: <https://www.nyeveier.no/nyheter/nyheter/planprogram-for-e6-ulsberg-vindasliene/> (Hentet: 16.04.2021).

Nye Veier (2020a) *E6 Ulsberg – Vindåsliene*. Tilgjengelig fra: <https://www.nyeveier.no/prosjekter/e6-trondelag/e6-ulsberg-vindasliene/> (Hentet: 14.04.2021).

Nye Veier (2020b) *Nye Veier med nytt E6-forslag forbi Støren*. Tilgjengelig fra: <https://www.nyeveier.no/nyheter/nyheter/nye-veier-med-nytt-e6-forslag-forbi-storen/> (Hentet: 04.05.2021).

Okstad, A. O., et al. (2010) *Nytt logistikknutepunkt i Trondheimsregionen*. Tilgjengelig fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/71afb03048ae4f44a3a991b57e5cf205/kra vdokument-kvu-logistikknutepunkt-trondheim.pdf> (Hentet: 12.05.2021).

Oslo Economics (2015) *Konkurransanalyse av godstransportmarkedet*. (OE-rapport 9/2015). Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2671678/binary/1324012?fast_title=OE-rapport+2015-9+Konkurransanalyse+av+godstransportmarkedet.pdf (Hentet: 06.11.2020).

Ottesen, G. (2012) *Transport og logistikk*, Ottesen, G. (red.) Lager- og terminaldrift. Bekkestua: NKI Forlaget AS, s. 7-18.

Petri, K., og Sondermann, K. U. (2012) *Studie zum Transport von Sattelanhängern im unbegleiteten Kombinierten Verkehr durch die Schweiz*. Tilgjengelig fra: https://www.kombiconsult.com/kombiconsult/media/224-465UIRR_Study_Semitrailers-CH-final_DE.pdf (Hentet: 19.03.2021).

Pettersson, L. (2000) *Flomberegning for Gaulavassdraget*. NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/dokument/2000/dokument2000_15.pdf (Hentet: 22.03.2021).

Plankontoret (2019) *Strategisk næringsplan 2019-2030*. Tilgjengelig fra: https://www.oppdal.kommune.no/globalassets/pdfdokumenter/naring/strategisk-naringsplan_30.09.19.pdf (Hentet: 15.03.2021).

Ritter, T. og Wildi, R. (u.å) *SBB Cargo kuppelt jetzt automatisch - ein Blick hinter die Kulissen*. Tilgjengelig fra: <https://news.sbb.ch/artikel/89561/sbb-cargo-kuppelt-jetzt-automatisch-ein-blick-hinter-die-kulissen?printpdf=1> (Hentet: 16.02.2021).

Regjeringen (2017) *Grønnstruktur*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/stedsutvikling/ny-emner-og-eksempler/gronnstruktur/id685512/> (Hentet: 19.04.2021).

Roso, V., Brnjac, N., og Abramovic, B. (2015) Inland Intermodal Terminals Location Criteria Evaluation: The Case of Croatia. *Transportation Journal*, 54(4), 496-515. doi:10.5325/transportationj.54.4.0496.

Røed, G. (2018) *Så mye øker hastigheten med færre biler*. Tilgjengelig fra: <https://motor.no/bompenger-samferdsel/sa-mye-oket-hastigheten-med-faerre-biler/104831> (Hentet: 02.02.2021).

Samferdselsdepartementet (2015) *NTP Godsanalyse, delrapport 2: offentlige godsterminaler. Struktur, eierskap, finansiering og drift*. Tilgjengelig fra: <https://www.kystverket.no/globalassets/ntp/godsanalysen/ntp-godsanalyse---delrapport-2-offentlige-godsterminaler.pdf> (Hentet: 06.11.2020).

Samferdselsdepartementet (2021) *Nær 400 milliarder kroner til å styrke person- og godstransport på jernbane*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-side4/id2839390/> (Hentet: 23.04.2021).

Schlaupitz, H. (2013) *Gods fra trailer til tog*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/getfile.php/1347080-1516963626/Dokumenter/Rapporter%20og%20faktaark/2013/Gods%20fra%20trailer%20til%20tog.pdf> (Hentet: 12.03.2021).

Shift2Rail (u.å) *About*. Tilgjengelig fra: <https://shift2rail.org/about-shift2rail/> (Hentet: 16.02.2021).

SINTEF (2015) *Økt aksellast gir effektiv jernbane*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/okt-aksellast-gir-effektiv-jernbane/> (Hentet: 24.11.2020).

Solberg, G., M. (2019) Derfor har de brukt 200 millioner kroner på et 880 meter langt kryssingsspor, *Teknisk Ukeblad*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/derfor-har-de-brukt-200-millioner-kroner-pa-et-880-meter-langt-kryssingsspor/478948> (Hentet: 04.05.2021).

Spurkeland, E. (2020a) *Kabotasje*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kabotasje> (Hentet: 08.03.2021).

Spurkeland, E. (2020b) *Semitrailer*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/semitrailer> (Hentet: 19.05.2021).

Spurkeland, E. (2021a) *Intermodal transport*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/intermodal_transport (Hentet: 04.02.2021).

Spurkeland, E. (2021b) *Lastbærer*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lastb%C3%A6rer> (Hentet: 06.04.2021).

SSB (2019) *Befolkning på rutenett 250 m 2019*. Tilgjengelig fra: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/befolkning-paa-rutenett-250-m/0c0ad0ce-55e8-4d73-9c12-0eb0e2454acb> (Hentet: 22.04.2021).

SSB (2021a) *Sal av petroleumssprodukt*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09654/tableViewLayout1/> (Hentet: 18.03.2021).

SSB (2021b) *Tettsteder befolkning og areal*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/05212/tableViewLayout1/> (Hentet: 15.03.2021).

Standard Norge (2018) *NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015?NA:2018 Laster på konstruksjoner*. Tilgjengelig fra:

<https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=sn%C3%B8last&subscr=1>
(Hentet: 05.02.2021).

Statens vegvesen (2014a) *Håndbok V714 Veileder i trafikkdata*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/attachment/256135/binary/997080> (Hentet: 08.03.2021).

Statens vegvesen (2014b) *Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veier*.

Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2594852/HB-V120-2014-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
(Hentet: 19.05.2021).

Statens vegvesen (2019) *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/attachment/61414> (Hentet: 16.03.2021).

Statens vegvesen (2021) *Handlingsprogram 2018-2023*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasional-transportplan/handlingsprogram-2018-2023> (Hentet: 04.05.2021).

Statens vegvesen (u.å) *Definisjon av noen viktige begrep*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/transport/nokkeltall-transport/definisjoner> (Hentet: 07.05.2021).

Statens vegvesen Region Midt (2012) *Konseptvalgutredning*. (Strategi-, veg- og transportavdelingen, nr. 2010176305). Molde: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/310051/binary/544964?fast_title=Konseptvalgutredning+E6+Oppland+grense+-+Jakt%C3%B8ya+rv.3+Hedmark+grense+-+Ulsberg.pdf (Hentet: 16.03.2021).

Stokkan, J., Askheim, S. og Haugen, M. O. (2019) *Rennebu*. Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/Rennebu> (Hentet: 19.04.2021).

Strande, M. (2019) *Skal produsere kylling med kunstig intelligens og spillvarme*. Tilgjengelig fra:

<https://www.tu.no/artikler/skal-produsere-kylling-med-kunstig-intelligens-og-spillvarme/479734> (Hentet: 22.04.2021).

Sunde, S. S. (2021) *Sparer trønderske veier for 1300 trailere i året*. Tilgjengelig fra:

<https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2021/sparer-tronderske-veier-for-1300-trailere-i-aret/> (Hentet: 12.05.2021).

Svingheim, N. (2015) *Tilråding for ny godsterminal i Trondheimsregionen*. Tilgjengelig fra:

<https://www.banenor.no/Nyheter/Utredninger/Godsterminaler/Terminal-i-Trondheimsregionen/Tilrading-for-ny-godsterminal-i-Trondheimsregionen/> (Hentet: 04.04.2021).

Svingheim, N. (2020) *Tilråd å vurdere samfunnsnytte ved prioritering av togruter*. Tilgjengelig fra:

<https://www.jernbanedirektoratet.no/no/aktualiteter/2020/tilrar-a-vurdere-samfunnsnytte-ved-prioritering-av-togruter/> (Hentet: 24.11.2020).

Thune-Larsen, H. et al. (2016) *Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk med korrigerede ulykkeskostnader*. TØI rapport 1307/2014, revidert 2016. Tilgjengelig fra:

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=38978> (Hentet: 08.03.2021).

- Trøndelag fylkeskommune (2020) *Samfunnsmessig konsekvensanalyse Midtre Gauldal - Konsekvenser av flyttingen av Norsk Kylling*. Tilgjengelig fra: <https://www.trondelagfylke.no/globalassets/dokumenter/plan-og-areal/statistikk/rapporter-og-planer/samfunnsmessig-konsekvensanalyse-midtre-gauldal.pdf> (Hentet: 22.04.2021).
- TØI (2018) *Forventer lite endring i fordeling av lastbærere på jernbane*. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/forskningsomrader/naringsokonomi-og-godstransport/forventer-lite-endring-i-fordeling-av-lastbarere-pa-jernbane-article35247-212.html> (Hentet: 06.04.2021).
- Tørset, T. (2015) *Nettfordelingsmetoder i Regional transportmodell for persontransport*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2662255/binary/1322424?fast_title=Nettfordelingsmetoder+i+Regional+transportmodell+for+persontransport.pdf (Hentet: 11.05.2021).
- Yr (2013) *Derfor er det kaldare på fjellet*. Tilgjengelig fra: <https://www.yr.no/artikkel/derfor-er-det-kaldare-pa-fjellet-1.11137290> (Hentet: 15.03.2021).
- Voldsund, H. et al. (2020) Framføringstid og prioritering av godstog. Tilgjengelig fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/9e125759ab8145b5a9df5f3de2bec660/rapport-framforingstid-og-prioritering-godstog-kortversjon.pdf> (Hentet: 24.11.2020).
- Vural, C. A., et al. (2020) Can Digitalization Mitigate Barriers to Intermodal Transport? An Exploratory Study. *Research in Transportation Business & Management*, vol. 37, doi:10.1016/j.rtbm.2020.100525.
- Vy (2021) *Rutetider*. Tilgjengelig fra: <https://www.vy.no/trafikk-og-ruter/rutetider> (Hentet: 28.01.2021).
- Wisting, T. (2019) *Rørosbanen*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/R%C3%B8rosbanen> (Hentet: 01.12.2020).
- Wisting, T. (2020) *Dovrebanen*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Dovrebanen> (Hentet: 16.04.2021).
- Witzøe, A. (2018) *Gjennom denne terminalen går det 1.000 tonn laks per uke*. Tilgjengelig fra: <https://ilaks.no/gjennom-denne-terminalen-gar-det-1000-tonn-laks-per-uke/#:~:text=En%20slik%20semitrailer%20tar%2033,underkant%20av%2018%20tonn%20laks.> (Hentet: 06.05.2021).
- Woxenius, J. et al. (2003) *Terminals as part of the Swedish transport system – an overview*. doi:10.13140/RG.2.1.2334.8962.
- Woxenius, J. (1997) Terminals - a barrier for intermodality? *Nordic Transport Research's conference on Intermodal Freight Transport*. Ebeltoft, Denmark, 22-23 September, 1997.
- Zielinkiewicz, A. (2018) *Fastsette normalkrav, Håndbok N100*. Statens vegvesen. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2504065/binary/1299215?fast_title=Fastsette+normalkrav.pdf (Hentet: 13.04.2021).

Vedlegg

Vedlegg 1

Kapasitetsberegninger for vegnettet

Utregning for verdier vist i Tabell 10:

Sted	Veg	ÅDT	Tungbilande I	ÅDT tungtransport	Hastighet	Antall felt	Type veg	Makstime -faktor	Makstime flyt
		kjt/døgn	%	kjt/døgn	km/t			%	kjt/t
Hjerkinn	E6	2000	22%	$2000 * 22\% = 440$	80	2	M3	8,7%	$2000 * 8,7\% = 174$
Oppdal sentrum nord	E6	5300	16%	$5300 * 16\% = 848$	70	2	M3	8,7%	$5300 * 8,7\% = 461$
Berkåk nord	E6	5080	27%	$5080 * 27\% = 1371$	80	2	M3	8,7%	$5080 * 8,7\% = 442$
Støren sør	E6	5830	28%	$5830 * 28\% = 1632$	90	2	M3	8,7%	$5830 * 8,7\% = 507$
Støren nord	E6	7610	22%	$7610 * 22\% = 1674$	80	2	M3	8,7%	$7610 * 8,7\% = 662$
Lundamo	E6	9660	18%	$9660 * 18\% = 1739$	50	2	M3	8,7%	$9660 * 8,7\% = 840$
Melhus	E6	13150	16%	$13150 * 16\% = 2104$	90	4	M3	8,7%	$13150 * 8,7\% = 1144$
Omkjøringsvegen Trondheim	E6	43840	10%	$43840 * 10\% = 4384$	70	4	M3	8,7%	$43840 * 8,7\% = 3814$
Kvikneskogen	Rv. 3	2250	35%	$2250 * 35\% = 788$	80	2	M3	8,7%	$2250 * 8,7\% = 196$
Tynset sør	Rv. 3	3200	24%	$3200 * 24\% = 768$	80	2	M3	8,7%	$3200 * 8,7\% = 278$
Meldal sør	Fv. 700	1800	30%	$1800 * 30\% = 540$	60	2	M5	9,0%	$1800 * 9,0\% = 162$
Oppdal vest	Rv. 70	3130	12%	$3130 * 12\% = 376$	70	2	M5	9,0%	$3130 * 9,0\% = 282$

Utregning for verdier vist i Tabell 11. ÅDT for 2050 tar utgangspunkt i en økning i persontransport på 51 % og en økning i godstransport på 100 %:

Sted	ÅDT persontrafikk 2019	ÅDT persontrafikk 2050	ÅDT godstrafikk 2050	Total ÅDT 2050	Tungbilandel	Makstimefaktor	Makstime flyt
	kjt/døgn	kjt/døgn	kjt/døgn	kjt/døgn	%	%	kjt/t
Hjerkinn	2000-440 = 1560	1560*51% = 2356	440*200% = 880	2356+880 = 3236	880/3236 = 27%	8,7%	3236*8,7% = 281
Oppdal sentrum nord	5300-848 = 4452	4452*51% = 6723	848*200% = 1696	6723+1696 = 8419	1696/8419 = 20%	8,7%	8419*8,7% = 732
Berkåk nord	5080-864 = 4216	4216*51% = 6367	864*200% = 1727	6367+1727 = 8094	1727/8094 = 21%	8,7%	8094*8,7% = 704
Støren sør	5830-1632 = 4198	4198*51% = 6338	1632*200% = 3265	6338 + 3265 = 9603	3265/9603 = 34%	8,7%	9603*8,7% = 835
Støren nord	7610-1674 = 5936	5936*51% = 8963	1674*200% = 3348	8963+3348 = 12311	3348/12311 = 27%	8,7%	12311*8,7% = 1071
Lundamo	9660-1739 = 7921	7921*51% = 11961	1739*200% = 3478	11961+3478 = 15439	3478/15439 = 23%	8,7%	15439*8,7% = 1343
Melhus	13150-2104 = 11046	11046*51% = 16679	2104*200% = 4208	16679+4208 = 20887	4208/20887 = 20%	8,7%	20887*8,7% = 1817
Omkjøringsvegen Trondheim	43840-4384 = 39456	39456*51% = 59579	4384*200% = 8768	59579+8768 = 68347	8768/68347 = 13%	8,7%	68347*8,7% = 5946
Kvikneskogen	2250-765 = 1485	1485*51% = 2242	765*200% = 1530	2242+1530 = 3772	1530/3772 = 41%	8,7%	3772*8,7% = 328
Tynset sør	3200-736 = 2464	2464*51% = 3721	736*200% = 1472	3721+1472 = 5193	1472/5193 = 28%	8,7%	5193*8,7% = 452
Meldal sør	1800-540 = 1260	1260*51% = 1903	540*200% = 1080	1903+1080 = 2983	1080/2983 = 36%	9,0%	2983*9,0% = 268
Oppdal vest	3130-376 = 2754	2754*51% = 4149	376*200% = 752	4149+752 = 4901	752/4901 = 12%	9,0%	4901*9,0% = 442

Utregning for Tabell 12:

Hastighet (km/t)	Friksjons- koeffisient	Stopp- lengde (m)	Reaksjons- lengde (m)	Bremse- lengde (m)	Kapazität per felt og kjøretøytype (kjt/t)		
					Personbiler (4,8 m)	Lastebiler (12,0 m)	Vogntog (22,0 m)
V_0	f	L_S	L_R	L_B			
50	0,69	$27,8+14,2 = 42,0$	$2*50/3,6 = 27,8$	$(50/3,6)^2/(2*9,81*0,69) = 14,2$	$(3600*50)/(3,6*(42,0+4,8)) = 1068$	$(3600*50)/(3,6*(42,0+12,0)) = 925$	$(3600*50)/(3,6*(42,0+22,0)) = 781$
60	0,63	$33,3+22,5 = 55,8$	$2*60/3,6 = 33,3$	$(60/3,6)^2/(2*9,81*0,63) = 22,5$	$(3600*60)/(3,6*(55,8+4,8)) = 990$	$(3600*60)/(3,6*(55,8+12,0)) = 885$	$(3600*60)/(3,6*(55,8+22,0)) = 771$
70	0,59	$38,9+32,7 = 71,6$	$2*70/3,6 = 38,9$	$(70/3,6)^2/(2*9,81*0,59) = 32,7$	$(3600*70)/(3,6*(71,6+4,8)) = 917$	$(3600*70)/(3,6*(71,6+12,0)) = 838$	$(3600*70)/(3,6*(71,6+22,0)) = 748$
80	0,55	$44,4+45,8 = 90,2$	$2*80/3,7 = 44,4$	$(80/3,6)^2/(2*9,81*0,55) = 45,8$	$(3600*80)/(3,6*(90,2+4,8)) = 842$	$(3600*80)/(3,6*(90,2+12,0)) = 783$	$(3600*80)/(3,6*(90,2+22,0)) = 713$
90	0,52	$50+61,3 = 111,3$	$2*90/3,6 = 50,0$	$(90/3,6)^2/(2*9,81*0,52) = 61,3$	$(3600*90)/(3,6*(111,3+4,8)) = 775$	$(3600*90)/(3,6*(111,3+12,0)) = 730$	$(3600*90)/(3,6*(111,3+22,0)) = 675$

Vedlegg 2

Kryssingsspor på Røros- og Dovrebanen

Kryssingsspor lest ut av Bane NOR sine grafiske togruter:

Hvor	Bane	Lengde på kryssingsspor	Lengde til neste kryssingsspor
Støren stasjon	Rørosbanen	610 m 631 m 700 m 822 m	sør: 21 km
Singsås stasjon	Rørosbanen	385 m	nord: 22 km sør: 26 km
Haltdalen stasjon	Rørosbanen	324 m	nord: 26 km sør: 41 km
Glåmos stasjon	Rørosbanen	324 m	nord: 41 km sør: 13 km
Røros stasjon	Rørosbanen	840 m	nord: 13 km sør: 15 km
Os stasjon	Rørosbanen	404 m	nord: 15 km sør: 16 km
Tolga stasjon	Rørosbanen	326 m	nord: 16 km sør: 21 km
Tynset stasjon	Rørosbanen	525 m	nord: 21 km sør: 23 km
Alvdal stasjon	Rørosbanen	330 m	nord: 23 km sør: 39 km
Hanestad stasjon	Rørosbanen	545 m	nord: 39 km sør: 14 km
Atna stasjon	Rørosbanen	673 m	nord: 14 km sør: 25 km
Koppang stasjon	Rørosbanen	692 m	nord: 25 km sør: 33 km
Opphus stasjon	Rørosbanen	638 m	nord: 33 km sør: 23 km
Rena stasjon	Rørosbanen	674 m	nord: 23 km sør: 15 km
Rudstad	Rørosbanen	510 m	nord: 15 km sør: 17 km
Elverum stasjon	Rørosbanen	104 m 747 m 330 m	nord: 17 km sør: 15 km
Løten stasjon	Rørosbanen	284 m	nord: 15 km sør: 17 km

Hamar stasjon	Rørosbanen	822 m 700 m 631 m 610 m	nord: 17 km
Hamar stasjon	Dovrebanen	822 m 700 m 631 m 610 m	nord: 7 km sør: 7 km
Jessnes stasjon	Dovrebanen	674 m	nord: 6 km sør: 7 km
Brumunddal stasjon	Dovrebanen	679 m	nord: 9 km sør: 6 km
Rudshøgda	Dovrebanen	685 m	nord: 7 km sør: 9 km
Moelv stasjon	Dovrebanen	651 m	nord: 7 km sør: 7 km
Bergsvika	Dovrebanen	786 m	nord: 6 km sør: 7 km
Brøttum	Dovrebanen	715 m	nord: 6 km sør: 6 km
Bergseng	Dovrebanen	667 m	nord: 10 km sør: 6 km
Lillehammer	Dovrebanen	605 m 268 m	nord: 3 km sør: 10 km
Hove stasjon	Dovrebanen	646 m	nord: 4 km sør: 3 km
Fåberg stasjon	Dovrebanen	641 m	nord: 12 km sør: 4 km
Øyer	Dovrebanen	572 m	nord: 11 km sør: 12 km
Tretten	Dovrebanen	860 m	nord: 10 km sør: 11 km
Losna	Dovrebanen	579 m	nord: 8 km sør: 10 km
Fåvang stasjon	Dovrebanen	880 m	nord: 10 km sør: 8 km
Ringebu stasjon	Dovrebanen	550 m	nord: 10 km sør: 10 km
Hundorp	Dovrebanen	690 m	nord: 7 km sør: 10 km
Fron	Dovrebanen	640 m	nord: 7 km sør: 7 km
Vinstra stasjon	Dovrebanen	604 m	nord: 10 km sør: 7 km

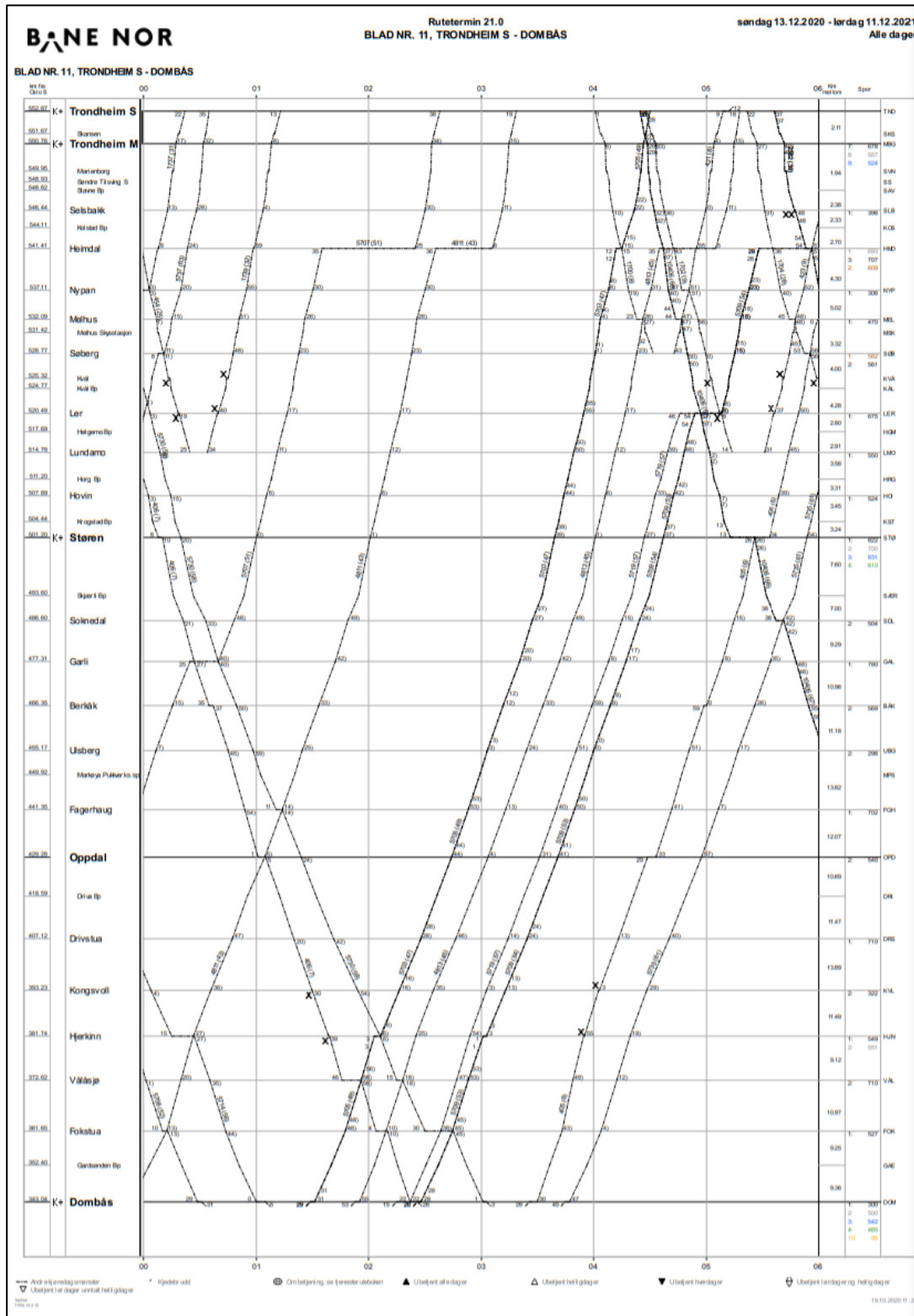
Kvam stasjon	Dovrebanen	721 m	nord: 10 km sør: 10 km
Sjoa	Dovrebanen	620 m	nord: 11 km sør: 10 km
Otta	Dovrebanen	397 m 567 m	nord: 10 km sør: 11 km
Sel	Dovrebanen	740 m	nord: 14 km sør: 10 km
Brennhaug	Dovrebanen	565 m	nord: 9 km sør: 14 km
Dovre	Dovrebanen	568 m	nord: 13 km sør: 9 km
Dombås	Dovrebanen	300 m 500 m 542 m 465 m 95 m	nord: 18 km sør: 13 km
Fokstugu	Dovrebanen	527 m	nord: 11 km sør: 18 km
Vålåsjø	Dovrebanen	710 m	nord: 9 km sør: 11 km
Hjerkinn	Dovrebanen	549 m 551 m	nord: 12 km sør: 9 km
Kongsvoll stasjon	Dovrebanen	322 m	nord: 14 km sør: 12 km
Drivstua	Dovrebanen	710 m	nord: 22 km sør: 14 km
Oppdal stasjon	Dovrebanen	540 m	nord: 12 km sør: 22 km
Fagerhaug	Dovrebanen	702 m	nord: 14 km sør: 12 km
Ulsberg	Dovrebanen	298 m	nord: 11 km sør: 14 km
Berkåk stasjon	Dovrebanen	569 m	nord: 11 km sør: 11 km
Garlimoen	Dovrebanen	780 m	nord: 9 km sør: 11 km
Soknedal	Dovrebanen	504 m	nord: 15 km sør: 9 km
Støren	Dovrebanen	610 m 631 m 700 m 822 m	nord: 6 km sør: 8 km
Hovin stasjon	Dovrebanen	524 m	nord: 7 km sør: 6 km

Lundamo	Dovrebanen	550 m	nord: 6 km sør: 7 km
Ler stasjon	Dovrebanen	675 m	nord: 8 km sør: 7 km
Søberg stasjon	Dovrebanen	561 m 582 m	nord: 4 km sør: 8 km
Melhus	Dovrebanen	470 m	nord: 5 km sør: 4 km
Nypan stasjon	Dovrebanen	308 m	nord: 4 km sør: 5 km
Heimdal stasjon	Dovrebanen	609 m 693 m 707 m	nord: 5 km sør: 10 km
Selsbakk stasjon	Dovrebanen	398 m	nord: 4 km sør: 5 km

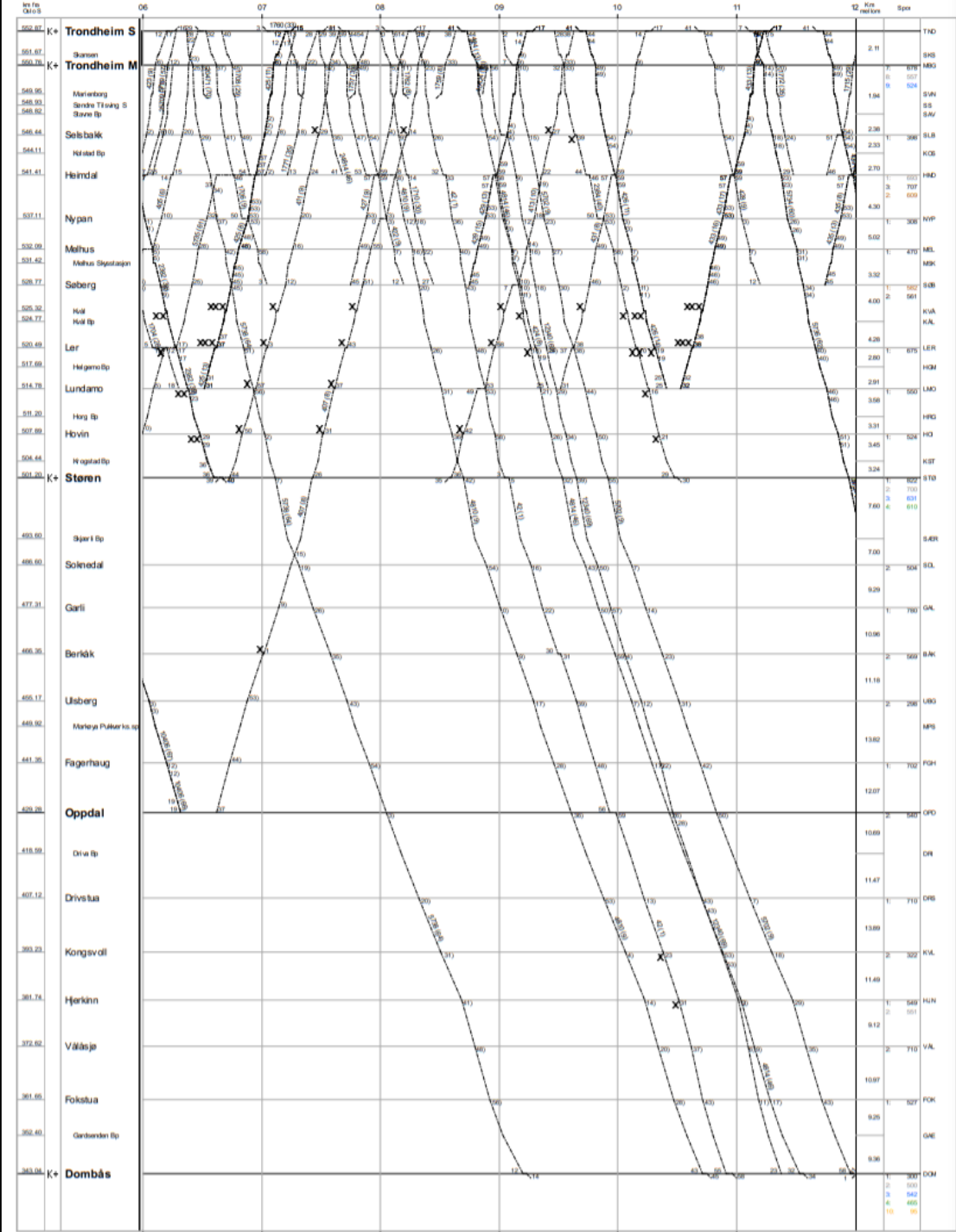
Vedlegg 3

Grafisk ruteplan Bane NOR

Blad nr 11, Trondheim S - Dombås:

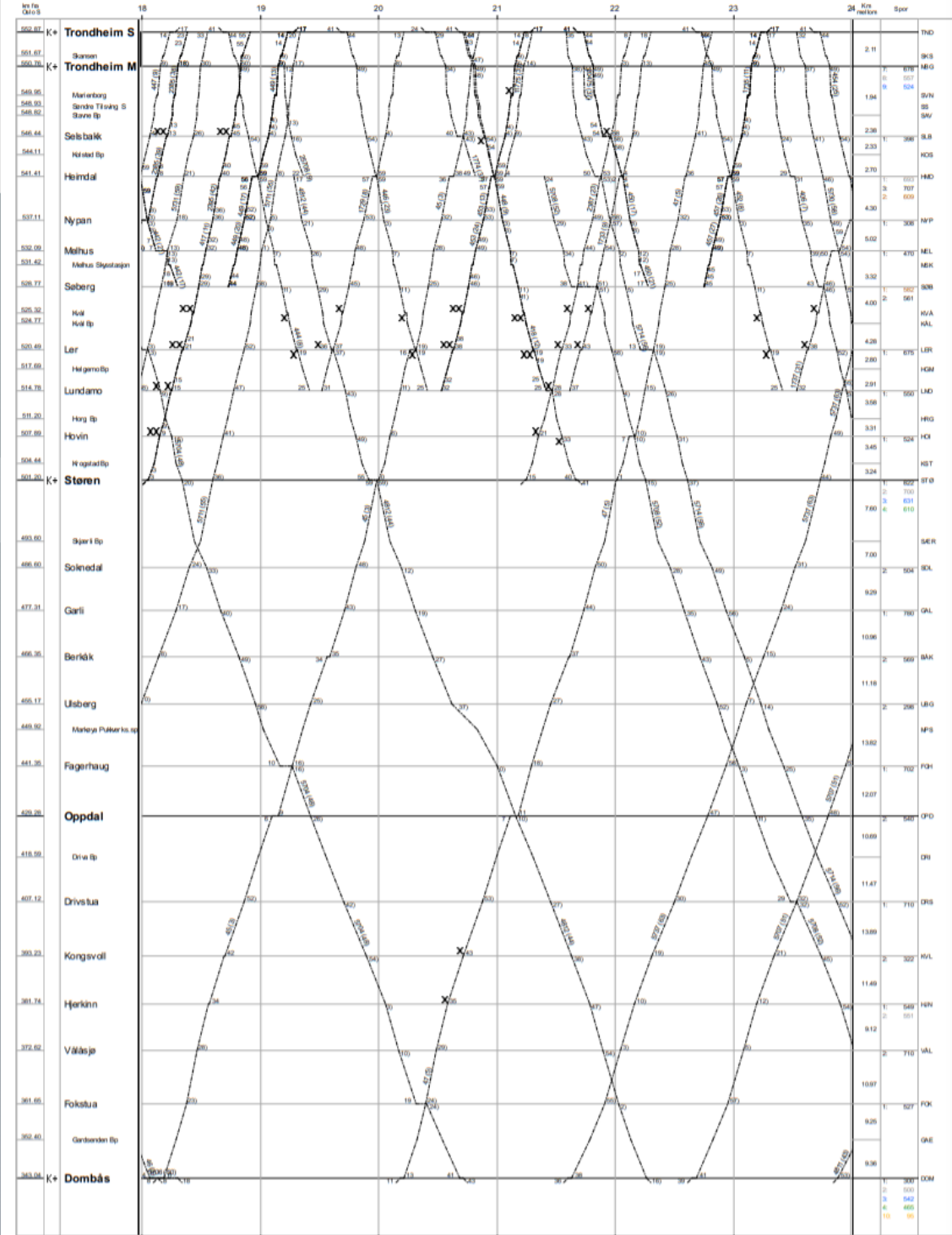


BLAD NR. 11, TRONDHEIM S - DOMBÅS

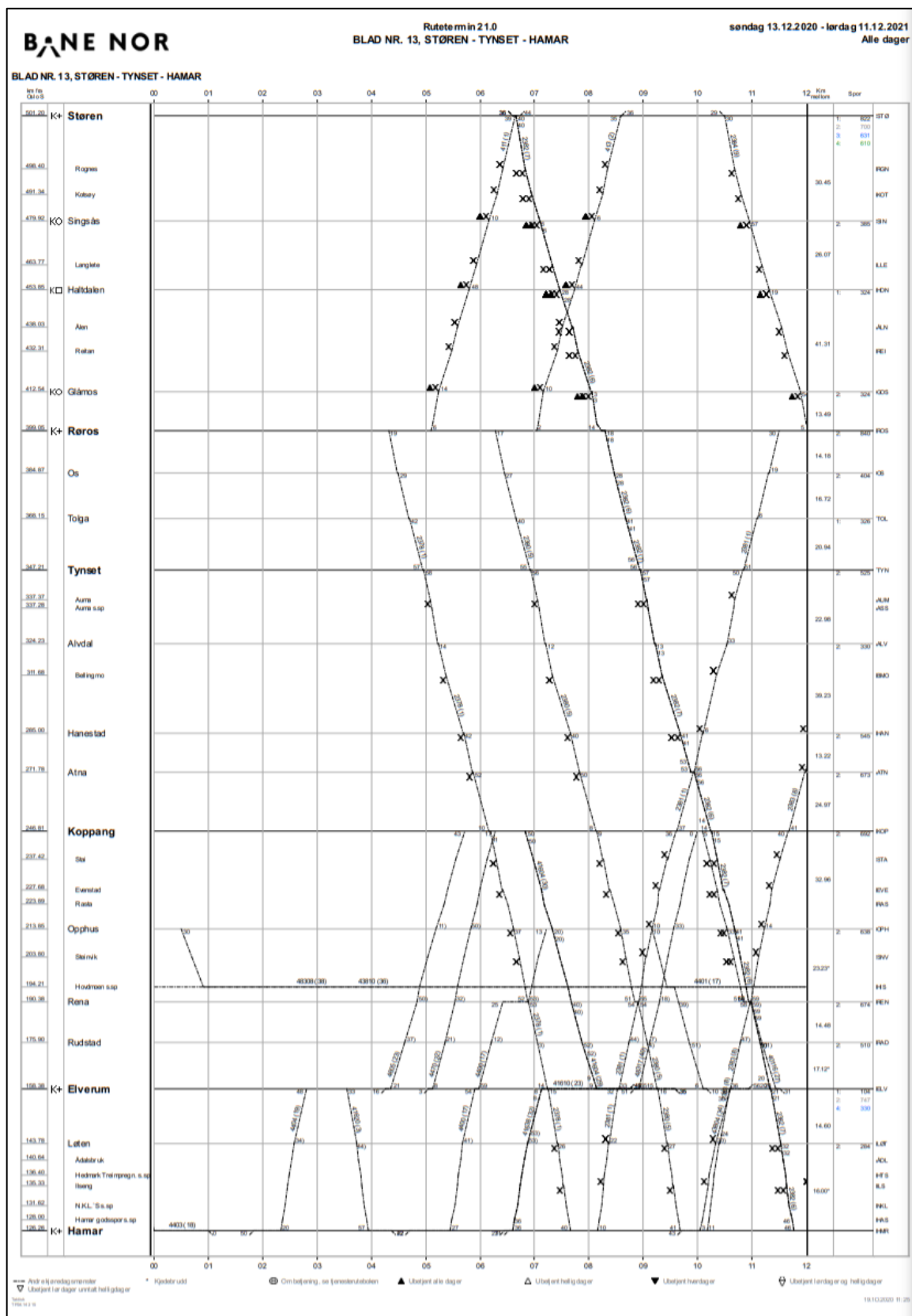


--- Anslått anslagsområde
▼ Utsjette for dager unntatt helipgaver
● Hjelpe utsl
○ Ombytting, se forrester tabellen
▲ Utsjette alle dager
△ Utsjette helipgaver
▼ Utsjette hverdager
⊕ Utsjette for dager og helipgaver

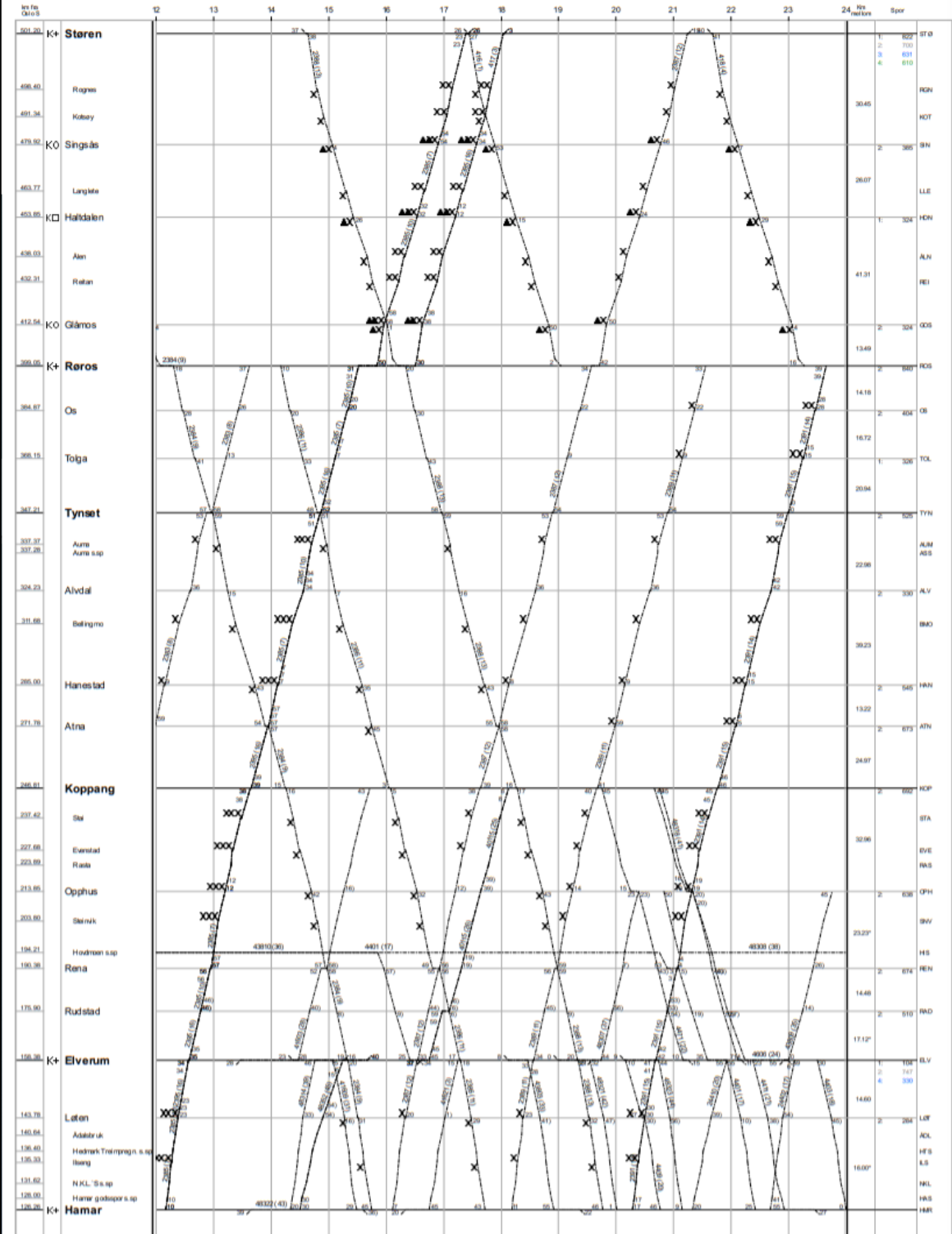
BLAD NR. 11, TRONDHEIM S - DOMBAS



→ Ansl. på søndag omringer * Hjelpekort utdelt ○ Omstøping, se tjenestetabellen ▲ Utbejert alle dager △ Utbejert helgdager ▼ Utbejert hentedager ⬇ Utbejert for dager og helgdager
 ▽ Utbejert for dager unntatt helgdager
 19.10.2020 11:28



BLAD NR. 13, STØREN - TYNSET - HAMAR



* Kjøper ut
 ▲ Ukjørt alle dager
 △ Ukjørt helgdager
 ▽ Ukjørt hverdager
 ○ Ukjørt i lørdager og helgdager
 X Omkjøring, se forrester tabellen
 K+ Kjøper ut
 KO Kjøper ut

Vedlegg 4

Mail til næringslivet

Hei,

Vi er tre masterstudenter ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim, som i vår skal skrive masteroppgaver innenfor godstransport. Oppgavetittelen er "Optimal plassering av omlastingsterminaler for gods fra veg til jernbane i region Trøndelag sør", og er et samarbeid med Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd (Rådet). Med oppgavene ønsker vi å bidra til en mer bærekraftig godstransport, der mer av godset fraktes med jernbanen istedenfor på veg. Vi skal se på om dette lar seg gjøre ved å bruke flere og mindre godsterminaler på strategiske steder langs Røros- og Dovrebanen. For å få til dette er vi avhengig av et godt datagrunnlag på godsstrømmer, slik at vi ser hvor og hva slags gods som fraktes i regionen. Dette kan bidra til å vise hvor terminalene kan plasseres, og hvor mye gods som eventuelt kan flyttes over til jernbanen.

Gjennom Rådet har vi fått en kontaktliste med interessante personer i næringslivet med kunnskap innenfor dette feltet, (...). Vi har noen spørsmål som vi håper du kan hjelpe oss med:

- Hvordan er potensialet for å utbedre Rørosbanen mtp. elektrifisering, flere kryssningsspor, høyere aksellast og bedre signalanlegg?
- Hvor mye gods- og persontransport kjøres daglig på Rørosbanen?
- Er det kun tømmer som fraktes på Rørosbanen til vanlig?

Vedlagt ligger en erklæring fra Rådet om at dataene og informasjonen skal anonymiseres i henhold til NTNUs retningslinjer. Dataene vil brukes som en verifisering og eventuelt forbedring av dataene i den Nasjonale Godstransportmodellen fra Transportøkonomisk institutt.

På forhånd takk!

Vennlig hilsen

Julie Hjortland, Jon Lofthus Aarsand og Nathalie Borø

Vedlegg 5

Oppsummering av fremgangsmåten av ArcMap-analysen

For å komme frem til aktuelle lokasjoner i ArcMap tar man utgangspunkt i områder som ligger i nærheten av jernbanenettverket. Det er ønskelig at terminalen skal ligge tett på dagens jernbanenettverk for i størst mulig grad unngå store naturinngrep og utbygginger av nye sidespor, som krever store investeringskostnader. Det er også nødvendig å begrense omfanget av analysen med tanke på datamengde, tid og ressurser, samtidig som analyseområdet må være stort nok til å fange opp de beste alternativene. En grense på maks 500 m fra jernbanelinjen er derfor valgt. Det vil si at analysen inkluderer alt område innenfor denne grensen fra start. Deretter fjernes uaktuelle områder lag for lag, basert på kravene.

Det er flere områder innenfor denne grensen som er uegnet. Først fjernes områder med vann og elver, deretter veger og bygninger. Dette gjøres for å unngå store inngrep og tiltak. Så fjernes alle områder med helning større enn 4 %. Det er ønskelig at terminalområdet er så flatt som mulig, men det antas som urimelig å basere analysen på områder uten noe helning, da det vil gi et veldig begrenset resultat. Det er sannsynlig at det vil være nødvendig med noen terrenginngrep i etableringen av en terminal. Kravet om helning fører til at områdene blir delt i flere små arealer. Mellom disse er det større helning. Det antas at flere av disse områdene kan kobles sammen dersom det gjøres mindre terrenginngrep, slik at flere små tettliggende områder vurderes som ett større.

Terminalen må være av en viss størrelse og lengde, og dermed tas kun områder større enn 3000 m² med videre i analysen. Dette gjøres for å sikre at terminalen kan håndtere lengre tog og ha mulighet for utvikling. 3000 m² vil være tilstrekkelig for å laste om 25 lastbærere ved bruk av *Megaswing*-metoden, ettersom omlasting av en slik lastenhet krever et areal på 120 m². Det legges ikke opp til at man skal laste om 25 vogner samtidig, men det gir rom for flere mulige løsninger og for videre utvikling. Det resterende arealet vil være nødvendig for å tilfredsstille andre krav som for eksempel parkering, garasje for terminalutstyr og internt vegnett.

Deretter velges kun områder som kan håndtere 600 m lange tog med i videre analyse. Dette inkluderer enten 600 m lange områder eller to eller flere områder ved siden av hverandre som blir 600 m lange til sammen, ettersom tidligere trinn i analysen gjør at det kan finnes aktuelle områder som er delt i to eller mer av en veg eller elv, men som kan brukes som en helhet dersom det gjøres tiltak. I tillegg må det vurderes om det er mulig å koble sammen områdene til én terminal eller om det er mulig å planlegge en terminal på enkeltområdene uten å koble dem sammen.

Gjennom denne utvelgelsen av områder basert på form og areal vil også områder som ligger nært jernbanen, men som har stor høydeforskjell ned til jernbanen, tas bort ettersom det vil kreve store kostnader og naturinngrep. Områder som er på motsatt side av elven i forhold til jernbanelinjen, men som oppfyller andre krav, tas også bort.

Områdene som gjenstår vurderes deretter ut ifra beliggenhet, tekniske faktorer, beredskap, arealplan, naturfare og klima.

Vedlegg 6

3D-skisser av omlastingsterminal på Støren







Vedlegg 7

Sammendrag av de to masteroppgavene skrevet for Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd om plassering av en mindre omlastingsterminal for overføring av gods fra veg til bane i region Trøndelag Sør.

Våren 2021 har tre masterstudenter ved NTNU skrevet to masteroppgaver i samarbeid med *Trøndelag Sør-Interkommunalt politisk råd*. Oppgavene handler om overføring av gods fra veg til bane ved bruk av mindre omlastingsterminaler. Masteroppgaven "Plassering av omlastingsterminal i region Trøndelag Sør" er skrevet av Nathalie Kornelia Rom Borø og Julie Hjortland, og masteroppgaven "Forutsetninger for og virkninger av en lokal omlastingsterminal" er skrevet av Jon Lofthus Aarsand. Dette er et sammendrag av begge oppgavene. Oppgavene bør leses i sin helhet for en dypere forståelse omkring tematikken og for grundigere forklaring av resultatene. Begge masteroppgavene er basert på problemstillingen gitt av Rådet: "*Optimale plasseringer av omlastingsterminaler for gods fra vei til jernbane i Region Trøndelag Sør*", men har utviklet seg i to ulike retninger. Den ene fokuserer på plassering av omlastingsterminal, og den andre fokuserer på effekten av en omlastingsterminal i regionen.

Bakgrunnen for disse oppgavene er at det har vært en jevn vekst i godstransport på veg i Norge de siste årene. Nasjonal transportplan 2018-2029 forespeiler nær en dobling i godstransport på veg frem mot 2050. Dette kan bidra med økte eksterne kostnader fra tungtransport på veg i form av forsinkelser, ulykker, støy, slitasje på vegen, klimagassutslipp og lokal forurensing. Det er et politisk mål i Norge å dempe denne veksten i godsmengde på veg ved økt bruk av sjø- og banetransport. Regjeringen har en ambisjon om at 30 % av godstransport på veg som fraktes over 300 km skal overføres til jernbane og skip innen 2030. Disse oppgavene har fokusert på overføring til bane som del av en intermodal transportkjede. For å få til en slik overføring kreves mer effektive og økonomiske løsninger for godshåndtering på jernbaneterminaler. Dagens terminalstruktur baserer seg på få og store terminaler som gjør at det blir mangel på omlastingsterminaler i nærheten av godstransportens start- og/eller slutt punkt. I tillegg er de eksisterende terminalene ineffektive grunnet liten grad av automatisering og tidkrevende omlastingsmetoder. En konsekvens av dette er at jernbanens konkurransevne ofte taper mot veg, slik at vegtransport ofte er det foretrukne transportmiddelet. Som et virkemiddel i å overføre mer gods fra veg til bane, ser disse oppgavene på muligheten for å etablere en mindre omlastingsterminal i region Trøndelag Sør, og på hvilken effekt en omlastingsterminal i regionen vil ha. Med mindre omlastingsterminal menes her en småskala og enkel terminal der godsmengdene som lastes om er forholdsvis små og flyttes direkte mellom vegtransport og bane uten mellomlagring. Små terminaler kan sørge for at godset raskt kan omlastes mellom veg og bane, krever mindre arealbeslag, samt lave kostnader for utbygging. Slike terminaler er per i dag ikke en del av terminalstrukturen i Norge.

Det er benyttet flere metoder for å komme frem til resultatene i oppgavene. Den Nasjonale godstransportmodellen ble benyttet til en godsstrømsanalyse. Det innledende arbeidet med denne modellen ble gjort som et samarbeid mellom de tre studentene for å få et størst mulig utbytte av arbeidet og for å lære av hverandre. Videre er modellen brukt til forskjellige resultater i de to oppgavene. Andre metoder som er brukt i begge oppgavene er

litteraturstudie, kapasitetsberegninger og kontakt med næringslivet. I tillegg er det gjennomført en GIS-analyse i oppgaven som omhandler plassering av omlastingsterminal.

Videre følger en oppsummering av resultatene og funnene i de to ulike oppgavene. Først presenteres problemstilling og resultat for effekten av en terminal i regionen generelt, deretter plassering og utforming.

Forutsetninger for og virkninger av en lokal omlastingsterminal

Denne masteroppgaven tar for seg hvilke fordeler en lokalt plassert omlastingsterminal vil ha, samt hvilke forutsetninger som kreves for at transportaktører vil bruke løsningen. I tillegg gjøres relevante godsstrømsanalyser som kan si noe om i hvor stor grad omlastingsterminalen kan brukes.

Det er modellert fire scenarier G0, G1, G2 og G3 i Nasjonal godstransportmodell for fremtidige godsmengder på veg og bane. Disse er modellert uavhengig om det vil bygges en ny omlastingsterminal eller ikke, men baseres på mulig planlagte tiltak i vegsektoren. Det er til dels ikke mulig å modellere tiltak på jernbanesektoren, ettersom vesentlige moduler for dette ikke er operative i Nasjonal godstransportmodell. Formålet med modelleringen er å få en pekepinn på hvilke godsmengder man må ta hensyn til i fremtiden, både på veg- og banesiden, samt hvordan de ulike tiltakene vil påvirke konkurransesituasjonen mellom veg og bane. Utgangspunktet for modelleringen er et basisscenario, hvor man antar at det ikke vil være noen endringer på veg frem til 2050. Da er det kun den generelle godstransportveksten som vil gi endring mellom årene 2018, 2030 og 2050.

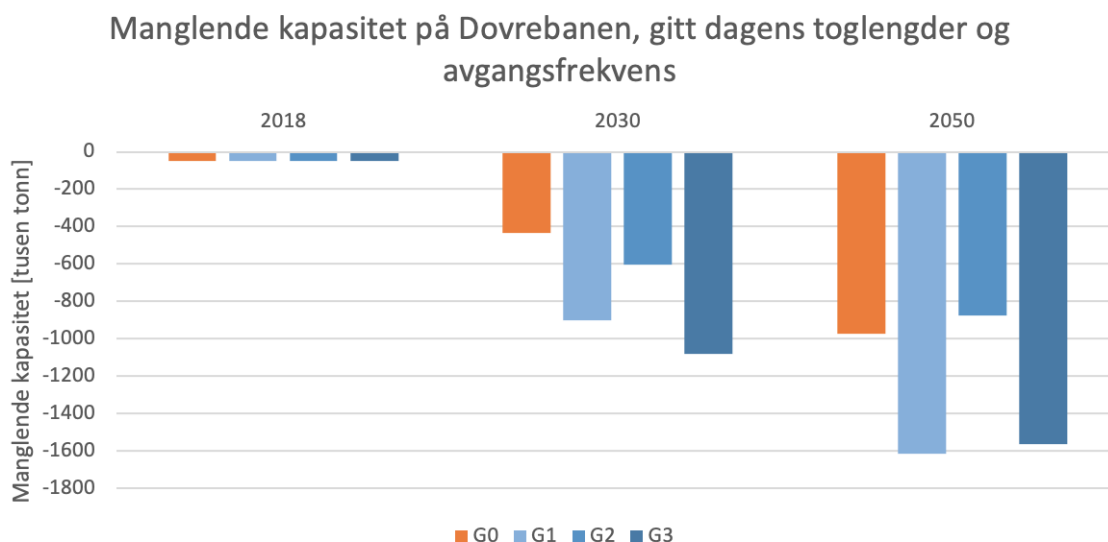
Scenariene som er modellert er: G0, som er basisscenariet. G1, som er at at drivstoffprisen for tunge kjøretøy på veg går opp til 19,89 kr i henhold til en forespeilet økt CO2-avgift innen 2030. G2, som er at det bygges ny motorveg på E6 mellom Melhus og Ulsberg med tilhørende bompenger. G3, som kombinerer den økte drivstoffprisen og ny motorveg. I hovedsak vil de ulike tiltakene føre til mer transport på bane sammenliknet med basisscenariet, selv med ny motorveg. Dette er fordi det er ventet bompenger pålydende 426 kr (i 2017-kr) på den nye motorvegen. I 2050, når bompengeneinnkrevingen er over, vil imidlertid veg få økt konkurranseevne sammenliknet med basisscenariet. Den økningen er imidlertid svært lav, noe som kan forklares med at forventede stigninger på den nye motorvegen nødvendigvis ikke får opp snittfarten nevneverdig, og dermed redusert tidsbruk til tunge kjøretøy. Økt drivstoffavgift på veg gir togtransport en såpass styrket konkurranseevne, at i scenario G3 vil motorveg uten bompenger i 2050 allikevel gi togtransport større konkurranseevne enn basisscenariet. Tabell 1 viser godsmengdene på Dovrebanen gitt de ulike scenariene. I hovedsak virker det som de fleste tiltak som er modellert vil sørge for økt togtransport.

Tabell 1: Godsmengder i tusen tonn per år på Dovrebanen gitt ulike kapasitetsscenarioer

Scenario	2018	2030	2050
G0	1364	1747	2288
G1	1364	2217	2931
G2	1364	1918	2191
G3	1364	2393	2880

I Nasjonal godstransportmodell er det mulig å legge inn nye terminaler og kostnader knyttet til omlasting. Dermed ble det modellert nye terminaler på Støren og Berkåk, med kostnadene tilsvarende bruk av horisontal omlasting. Horisontal omlasting er omlasting uten at man må løfte lastbæreren slik at omlasting skal kunne skje raskere og gjerne mer automatisert. Målet var å se hvor mye gods som kan overføres fra veg til Dovrebanen, og hvilke reduksjoner dette kunne gi i vegtransport spesielt på Rv3 og E6. Det ble imidlertid ingen overføring ifølge denne modelleringen, og en mulig grunn til dette var at det kun var ved én av terminalene på transportetappen på bane at man fikk reduserte omlastingskostnader. Det vil si at den andre omlastingsterminalen togtransporten stoppet ved fremdeles hadde omlastingskostnader tilsvarende dagens konvensjonelle terminaler.

Ettersom det ikke var mulig å se på overføring ved de nye terminalene, ble det derfor regnet på et godsoverføringspotensiale for Dovrebanen. Dette er gods som potensielt sett kan lastes om fra veg til bane, gitt at det er nok kapasitet, og vil være en direkte bidragsyter til demping av vekst i tungtrafikk på veg. I tillegg kan man si at dette godset gjerne kan overføres ved ny terminal. Godsoverføringspotensialet ble regnet ut ved å se på differansen mellom tilgjengelig kapasitet på Dovrebanen og godsmengdene som allerede transporteres på Dovrebanen. Å finne tilgjengelig kapasitet består av mange jernbanetekniske faktorer, slik at kapasiteten ble regnet ut på et forenklet vis som tar utgangspunkt i de togene som trafikkerer Dovrebanen per i dag. Det ble regnet ut forskjellige tilgjengelige kapasiteter basert på ulike scenarioer om toglengde og frekvens. Hvis man tar utgangspunkt i at kapasitetsscenarioene er reelle, vil det i hovedsak ikke være tilgjengelig kapasitet på Dovrebanen til å håndtere dens forventede fremtidige godsmengder. Figur 1 viser hvor mye kapasitet som mangler for å håndtere fremtidige godsmengder på bane for godsmengdescenarioene G0, G1, G2 og G3, gitt dagens toglengder og antall avganger. Får man tilrettelagt for enda mer kapasitet, og dermed ytterligere omlasting fra veg til bane, vil dette være positivt i form av at man da kan få reduserte mengder vegtransport i forhold de modellerte godsmengdene på veg.



Figur 1: Manglende kapasitet på Dovrebanen for godsmengdescenariene G0, G1, G2 og G3.

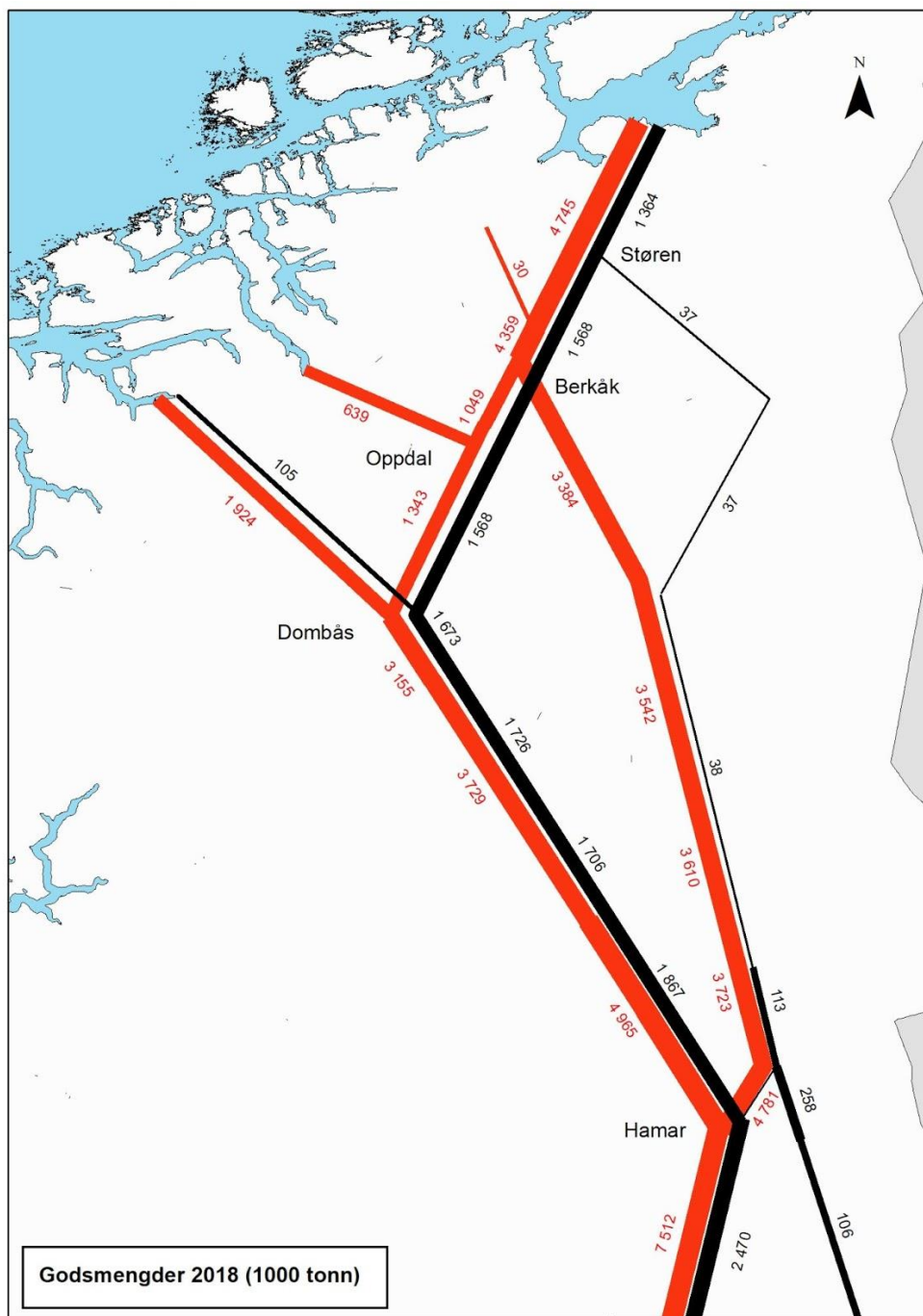
En del forutsetninger må oppfylles for at en ny omlastingsterminal skal være aktuell å bruke. For det første må den være effektiv, som kan gjøres ved hjelp av horisontal omlasting og god samhandling mellom alle ledd i den intermodale transportkjeden. Det finnes ulike former for horisontal omlasting ettersom ulike løsninger kan behandle ulike typer lastbærere, samt at de krever spesielle togvogner, spesiell terminalstruktur eller begge deler. I tillegg må det tilrettelegges for tilstrekkelig kapasitet på Dovrebanen slik at det kan bli overført mer gods mellom veg og bane i tillegg til det godset som allerede reiser mellom eksisterende terminaler i Oslo og Trondheim. Til slutt kreves god tilgjengelighet til den nye terminalen. Den planlagte motorvegen på E6 mellom Melhus og Ulsberg vil kunne bidra med økt tilgjengelighet.

Ved bygging av en ny omlastingsterminal plassert i distriktene vil man få fordeler som kan bedre bruken av intermodal transport. For det første avlastes infrastrukturen og eksisterende terminaler i Trondheim ved at godstransporten slipper å kjøre innom byen. Videre kan man få mer direkte transport, hvor gods fra distriktene slipper å reise innom Trondheim for omlasting fra veg til bane. I tillegg kan man enklere kunne etablere lokale godsruiter i distriktene som kjøres i samsvar med togavgangene og -ankomstene ved ny terminal. Lokale ruter vil kunne gi sjåførere med god kjennskap til vegene, som er bra for trafiksikkerheten. Dessuten kan godsrutene, som samlet sett bør kunne gi korte transportetapper på veg, være tilgjengelig for uttesting av nullutslippskjøretøy. Gitt at det er tilstrekkelig kapasitet på Dovrebanen, vil en ny terminal også gi fordelen med mindre vegtransport, og dermed mindre av de eksterne kostnadene nevnt innledningsvis.

Hvor kan man plassere en omlastingsterminal langs Røros- og Dovrebanen i region Trøndelag Sør for å tilrettelegge for overføring av gods fra veg til jernbane?

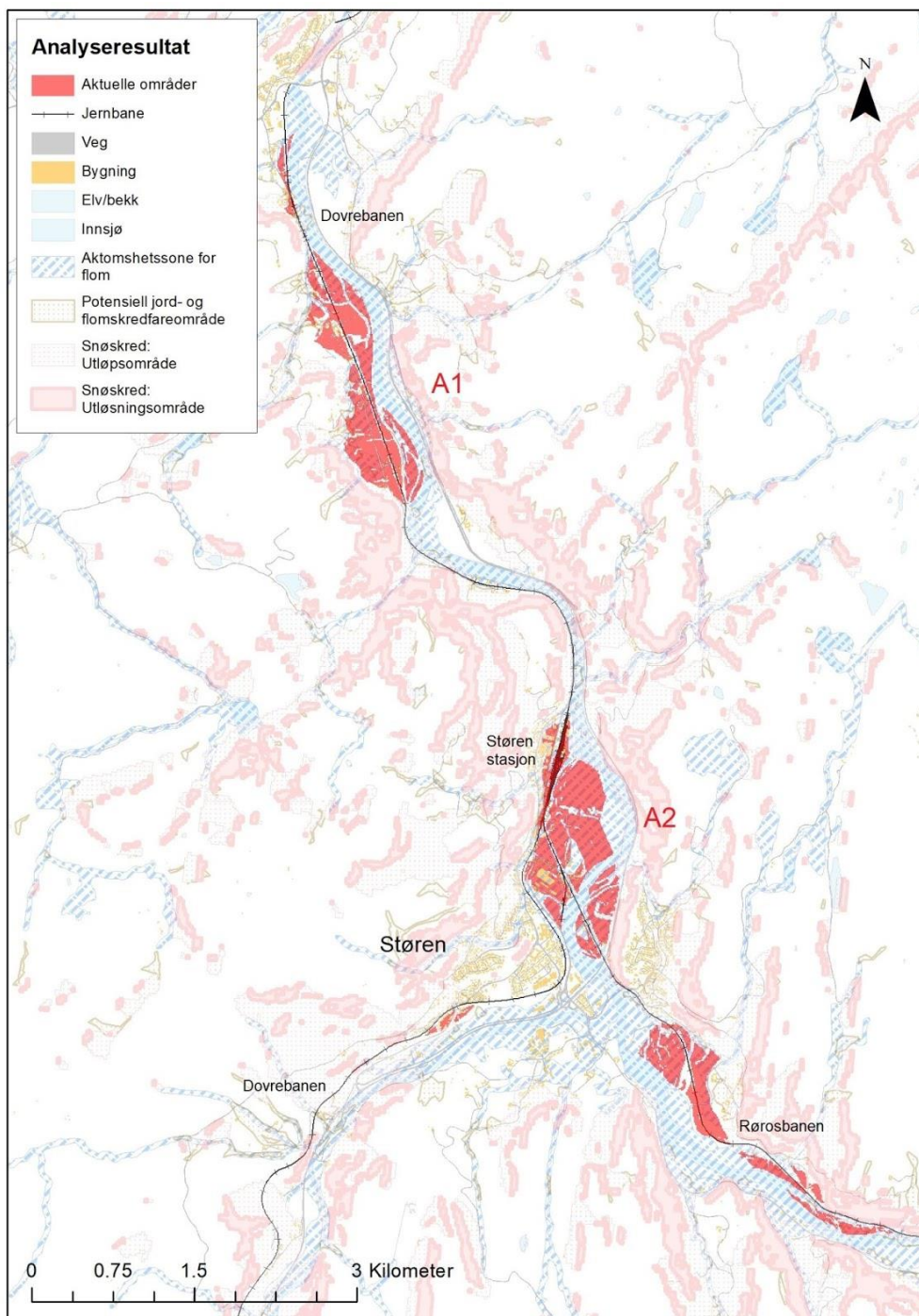
Godsstrømsanalysen viser hvordan det modellen fordeler godset på de viktigste transportårene i regionen. I Figur 2 vises de ulike modellerte godsmengdene i 1000 tonn som fraktes på tog og bil, gitt godsdataene som ligger inne i den Nasjonale godstransportmodellen for 2018. Der ser man at området mellom Støren og Oppdal er mest

aktuelt for etablering av en omlastingsterminal, gitt godsmengder og knutepunkt. Rørosbanen har små godsmengder, og vurderes som uaktuell for plassering av en terminal.



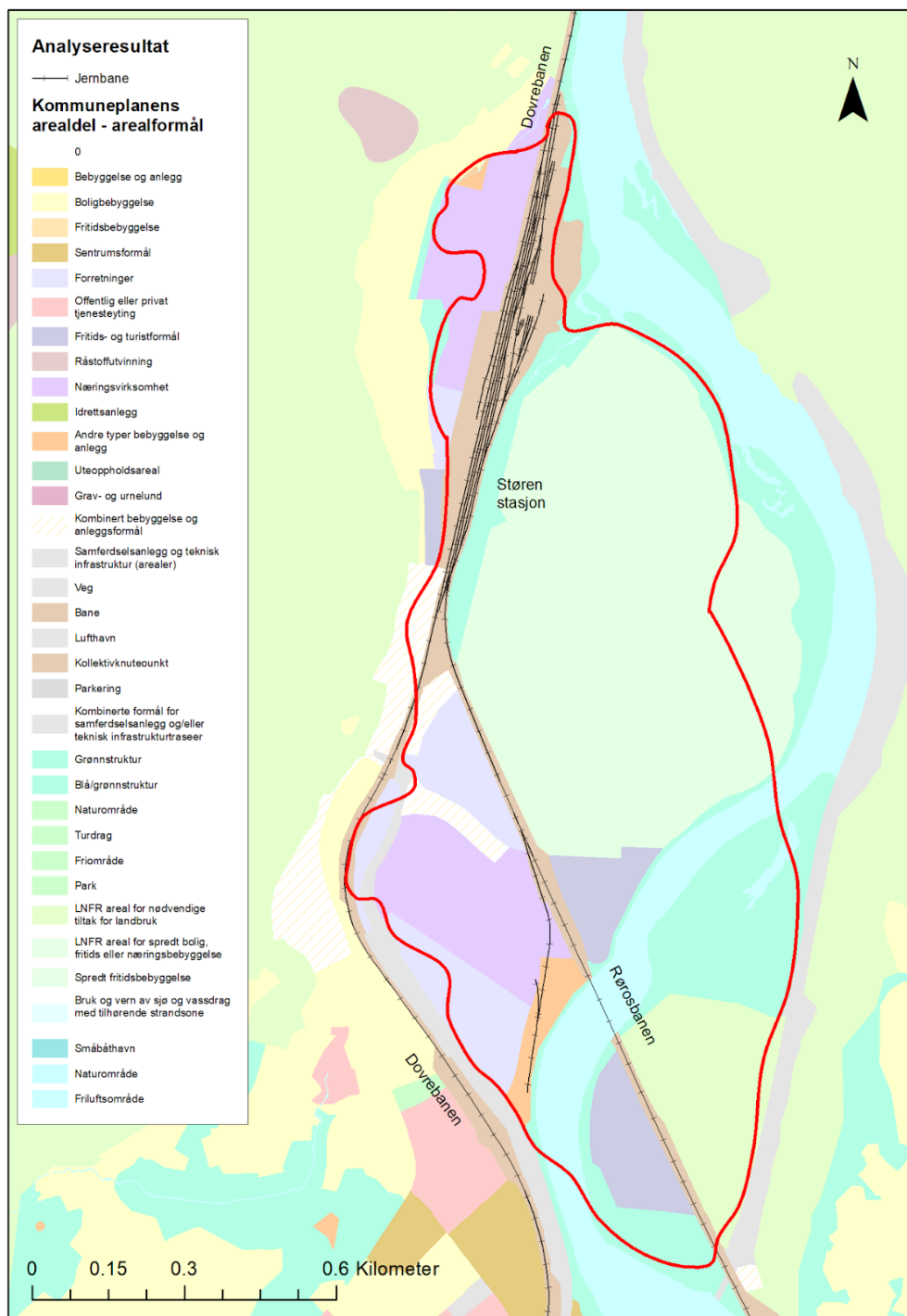
Figur 2: Forenklet nettverk over fordeling av modellerte godsmengder. Godsmengdene er oppgitt i tonn på jernbanen (svart) og vegnettet (rødt). Tykkelsen på lenkene illustrerer størrelsen på godsmengdene. Egenprodusert figur med data fra den Nasjonale godstransportmodellen.

Fremtidsprognosene viser at godsfordelingen i 2050 er nokså lik som for 2018, men med større godsmengder. Videre tekniske analyser basert på naturfarer, plassering i regionen og andre faktorer som eksisterende infrastruktur, arealplan og klima, peker på Støren som en best egnet lokasjon av de vurderte områdene Støren, Berkåk og Oppdal. De ulike aktuelle områdene på Støren vises i Figur 3.



Figur 3: Resultat fra analyse i ArcMap som viser aktuelle områder for en terminal i Støren-området. Egenprodusert figur.

For å videre vurdere hvilket av områdene innenfor Støren som vil gi en mest hensiktsmessig plassering, er eksisterende arealformål på de ulike stedene vurdert. A1 består i stor grad av LNFR-areal for nødvendige tiltak for landbruk og reindrift og gårdstilknyttet næringsvirksomhet basert på gårdens ressursgrunnlag, men også noe Bane. A2 ligger mer sentrumsnært og har flere arealformål. Eksisterende Støren stasjon ligger innenfor A2, der forholdsvis store arealer har arealformål Bane. Arealformålene innenfor aktuelt område for A2 vises i Figur 4.



Figur 4: Arealformålene for området A2, med rød linje rundt de aktuelle områdene for terminal. Egenprodusert figur

Det vurderes som et bedre alternativ å utnytte eksisterende infrastruktur med jernbanestasjon og beredskapsterminal i A2 enn å etablere en helt ny terminal på A1, slik at A2 velges over A1. En mulig utforming av terminalen vises i Figur 5. Her tas det utgangspunkt i en terminal som kan laste om 10 semitrailere med den horisontale omlastingsmetoden *Megaswing*. Som nevnt tidligere er horisontal omlasting ønskelig omlastingsmetode for en mindre omlastingsterminal, med en mer effektiv og økonomisk løsning enn den vertikale omlastingen som brukes på dagens store terminaler. En slik omlasting bør i stor grad basere seg på automatiserte prosesser.



Figur 5: 3D-skisse av mulig terminalutforming. Egenprodusert skisse i Infracore.

Konklusjon og anbefalinger

De to oppgavene konkluderer med at en mindre omlastingsterminal langs Dovrebanen kan ha positive effekter for håndteringen av fremtidens godsmengder i regionen, og at Støren kan være en hensiktsmessig lokasjon. Jernbanene har kapasitetsutfordringer, der Dovrebanen per i dag har fullt utnyttet kapasitet og Rørosbanen ikke har nødvendig infrastruktur for å håndtere økt godsmengde. Dette vil gjøre en godsoverføring vanskelig dersom det ikke gjøres tiltak. For Dovrebanen vil økt kapasitet avhenge av ny rutefordeling mellom gods- og persontog, forlengede og økt antall kryssingsspor samt økt godstoglengde, eller økt fyllingsgrad på eksisterende tog. Rørosbanen har behov for en oppgradering av både kurvatur og signalsystem, samt elektrifiseres, for å bli levedyktig for godstransport. Kapasitetsberegninger på vegnettet konkluderer med at strekningene mellom tettsteder i stor grad vil takle den fremtidige trafikkøkningen, både i person- og godstrafikk. På en annen side vil det bli større trykk på allerede eksisterende flaskehals, særlig i tettsteder, kryss og på strekninger med dårlig vegstandard. Det viser at en økning i vegtransport ikke utelukkende vil være positiv. Disse resultatene viser til at siden godstransport på jernbane ikke tåler en økning i gods i noen særlig grad, vil vegtransportens suverenitet opprettholdes dersom det ikke gjøres tiltak på bane. Dette på tross av en forespeilet økning i vegtrafikk.

Det er knyttet usikkerhet til resultatene som gjør at videre utredninger må gjennomføres før man eventuelt kan gå videre. De ulike utredningene bør både gjøres for å se på muligheten for bedre kapasitet på jernbanen, lønnsomheten ved en terminal, mer dyptgående om naturfarer og type horisontal omlasting som skal velges. Det anbefales å gjennomføre et pilotprosjekt på aktuelt område ved Støren stasjon før en eventuell fullskala-implementering. Et slikt pilotprosjekt vil kunne ta utgangspunkt i masteroppgaven om plassering av terminal, uten at det vil kreve like store utredninger som en fullverdig omlastingsterminal.

