

Gruppe 3

Prosjektrapport

Jernbane mellom Trondheim og Bergen

John Kristijan

Kine

Anders

Hans Gustav

Thong

Jone

Landsby nr. 20

Punktlig og effektiv jernbane

Ekspertene i Team 2012

NTNU TBA4853

Sammendrag

Denne rapporten tar for seg en mulighetsanalyse for en effektiv jernbane på Vestlandet. Analysen vil vurdere om det er et faktisk behov for en jernbanetrasé i denne regionen, og hvilke utfordringer som er knyttet til bygging av en slik trasé. Videre er det presentert et forslag til trasé mellom Trondheim og Bergen, samt estimert reisetid. Rapporten vil også kort nevne kostnader knyttet til tunnel, bru og sporbane. Vedlikeholdsproblematikk er også tatt hensyn til.

Den tenkte traséen vil ha stor samfunnsnytte og ringvirkninger for Vestlandet. Regionen vil bli knyttet mer sammen gjennom en bedret infrastruktur. Forbedring av transporttilbud gir betydelige konsekvenser for regionen. Dette kan for eksempel innebære forstørring av Vestlandskysten og omlokalisering av bosteder og næringsvirksomhet, nettopp fordi det skapes et nytt transportalternativ som gir mer robusthet i området.

Da denne rapporten er veldig begrenset i omfang, er det mye videre arbeid som må til for å skape et endelig traséforslag. Det må også vurderes om dette er samfunnsøkonomisk forsvarlig med tanke på kost-nytte. De krevende utfordringene, spesielt knyttet til de mange fjordkrysningene, kan løfte frem ny teknologi på dette feltet. Design og utvikling av bruer langs traséen kan dermed skape en ny næring og danne en kunnskapsbase som vil plassere Norge på verdenskartet.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning.....	4
2 Metode	5
2.1. Behovet for jernbane i regionen	5
2.2. Om godstransport i regionen	5
2.3. Ingeniørgeologi og geoteknikk	5
2.4 Tekniske utfordringer	6
2.4.1 Spørgeometri.....	6
2.4.2 Bruer	6
2.4.3 Vedlikeholdsproblematikk.....	7
2.5 Kostnader	7
2.6. Forslag til trasé	7
2.7 Reisetid	8
3 Mulighetsanalyse – Ny trasé mellom Trondheim og Bergen	9
3.1 Behovet for jernbane i regionen	9
3.1.1 Befolkningsutvikling	9
3.1.2 Næringsmessige effekter av et infrastrukturtiltak	10
3.1.3 Infrastrukturens betydning for regional vekst	10
3.2 Godstransport i regionen	11
3.3.1 Godstransport på jernbanen i Norge	11
3.3.2 Godstransport i korridoren Stavanger-Bergen-Ålesund-Trondheim	12
3.3.3 Jernbaneterminaler	14
3.3.4 Samlet overføringspotensiale.....	16
3.3.5 Nasjonal transportplan 2014 – 2023	17
3.3 Ingeniørgeologi og geoteknikk	19
3.3.1 Geologiens påvirkning ved valg av trasé	19
3.3.2 Vestlandstopografi – dalsider.....	20
3.3.3 Berggrunn langs traséen.....	21
3.3.4 Forkastninger.....	21
3.3.5 Ingeniørgeologi.....	22
3.3.6 Geotekniske utfordringer	23
3.4 Tekniske utfordringer og løsninger	26

3.4.1 Sporgeometri.....	26
3.4.2 Bruer.....	27
3.4.3 Vedlikeholdsproblematikk.....	29
3.5 Kostnader	30
3.5.1 Tunneler	30
3.5.2 Bruer	34
3.5.3 Sporbane	35
3.6 Forslag til trasé	36
3.7 Reisetid	37
3.8.1 Akselerasjon	37
3.8.2 Retardasjon	37
3.8.3 Estimerte kjøretider mellom stasjonene i traséen.....	38
4 Diskusjon	42
5 Konklusjon	44
6 Forslag til videre arbeid.....	45
7 Kilder.....	46
8 Vedlegg.....	48

1 Innledning

Er en reise tidseffektiv mellom Trondheim og Bergen når reisen går via Oslo Sentralstasjon? Forfatterne av denne rapporten mener at det ikke er slik og skal undersøke om en jernbane langs Vestlandskysten vil gi et mer effektivt reisealternativ for passasjerene, også sett opp mot andre transportformer.

Et effektivt tog må være nyttig for samfunnet og bidra til å løse et problem eller behov, men i tillegg bidra til å skape positive ringvirkninger i regionen. Togreisende skal transporteres fra A til B uten for mange stoppesteder og med en punktlighet der unødvendige forsinkelser på grunn av vedlikehold/signalfeil minimeres. Disse faktorene anses av forfatterne å være en effektiv jernbane, og som kan føre til spredt bosetningsmønster i samfunnet. Ifølge Jernbaneverket er effektiv transport "...et transporttilbud som tilfredsstillende transportbehovene for personer og gods med lavest mulig reisetid, ressursbruk og kostnader". (Jernbaneverket).

I denne rapporten er planleggingen av traséen gjennomført på en oversiktlig måte. En grunnleggende utredning krever store ressurser, mange års erfaring om prosjektering av jernbane og tar flere år å fullføre. Da det ikke er mulig å gå inn på nærmere detaljer har fokuset blitt lagt på å undersøke behovet for jernbane i regionen, både for gods- og persontransport og hvilke ringvirkninger og samfunnsnytte dette vil føre med seg. Utover dette har den geografiske situasjonen ligget i sentrum og med det menes å finne passende byer og stoppesteder mellom Trondheim og Bergen og belyse ingeniørgeologiske og geotekniske utfordringer. Ulike bruforslag for fjordkryssninger, kostnader for tilhørende bruer, og tunnelkostnader presenteres. Det blir også sett på hvilke måter et effektivt vedlikehold oppnås.

Den nødvendige erfaringen i forfattergruppa, som kreves for å utrede disse problemstillingene, kommer fra spesialisering innen studier i bygg og anlegg, RAMS, materialteknologi, ingeniørgeologi og geoteknikk. Den interessen og erfaringen som var i gruppa i begynnelsen av prosjektet var også grunnen til valget av problemstillingen.

Rapporten beskriver først hvilke metoder som har blitt benyttet for å finne fakta og fungert som et beslutningsgrunnlag for problemstillingene nevnt ovenfor. Deretter presenteres rapportens resultat med det foreslåtte trasévalget og en grov rutetabell i slutten av kapittelet. Rapporten avsluttes med diskusjon rundt de resultatene og funnene som er gjort, en konklusjon basert på en samlet vurdering av alle faktorer og helt til slutt gis det forslag til videre arbeid.

2 Metode

I dette kapitlet redegjøres det for hvilke rapporter, hjelpemiddel og fagpersoner som har blitt kontaktet og på hvilken måte informasjonsinnhenting har skjedd. Prosjektet begynte med litteraturstudier som hadde berørt lignende tema. Deretter ble arbeidet delt opp og prioritert i ulike seksjoner som vurdert å være av stor betydning ved planlegging av en ny jernbanetrasé. Alle parametre som påvirker valget av plasseringen av en jernbane har ikke blitt tatt med i denne rapporten, perspektivet har vært ut ifra forfatterens erfaring, først og fremst fra universitetsstudier.

2.1. Behovet for jernbane i regionen

Som grunnlag for å kartlegge behovet for jernbane ble det tatt utgangspunkt i befolkningsprognoser og befolkningstall for regionene. Her ble Statistisk sentralbyrå (SSB) brukt for å finne data (SSB, 2011). SSB gir en god og faglig oversikt over befolkningsprognoser og befolkningstall, og var grunnen til at denne siden ble brukt for innsamling av data.

Deretter ble det sett på ringvirkninger for regionen og næringslivet. Her ble Skandinaviakrysset-rapporten (Alnes, Lein, & Arnesen, 2009) og jernbaneutredningen om "Intercityforbindelse mellom Stavanger – Bergen" (Analyse og strategi AS, 2011) studert. Jernbaneutredningen ble sett på som relevant fordi det her ble sett på høyhastighetstog på en annen del av Vestlandet. Skandinaviakrysset-rapporten beskriver når sammenheng mellom vei og jernbane fører til regional vekst. Disse rapportene ble brukt til å kartlegge behovet for jernbanen på Vestlandet.

2.2. Om godstransport i regionen

Da det ikke eksisterer jernbane på strekningen, har det vært naturlig å bruke rapporter og utredninger fra andre og lignende prosjekter. Tidligere utredninger om godstransport i denne korridoren har blitt forsøkt funnet, men uten å finne noe aktuelt materiale. Transportøkonomisk institutt har skrevet en stor rapport på overføringspotensiale av gods fra veg til bane (Hovi & Grøndland, 2012). Denne rapporten tar for seg overføringspotensialet for hele landet, men også hvor mye av resultatene som vil være gjeldende for traséen Trondheim – Bergen.

Utbygging av en helt ny banestrekning bør sees i sammenheng med framtidens planer for gods og transport i Norge. Mye av stoffet har derfor blitt basert på "Nasjonal transportplan 2014-2023" (Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, 2012), da denne rapporten legger føringer på hvordan transportutfordringene og –behovet skal løses i årene framover.

Store bedrifter og logistikkelskaper vil alltid ha interesse av et godt utbygd godsnettverk på jernbanen. For å kartlegge bedrifter og viljen til å sende gods på bane ble Posten Norge AS kontaktet. Posten er en stor bedrift som sender mye av sine varer på jernbane. Gjennom et intervju med bedriften ble det oppnådd et større innblikk i hva som er behovet for godstransport i regionen.

2.3. Ingeniørgeologi og geoteknikk

Med hensyn til geologiske kart er det i hovedsak Norges Geologiske Undersøkelse (NGU, 2012) som produserer materiale som er interessant i denne sammenheng. NGU har som hovedformål å samle, bearbeide og formidle kunnskap om Norges berggrunn og løsmasser. Den omfattende kartleggingen av

berggrunnen er godt presentert i berggrunnsdatabasen på deres hjemmesider.

NGU har på sin nettside ulike interaktive kart som har blitt benyttet ved evalueringen av traséen, nærmere bestemt databasene om berggrunn og løsmasser, samt webportalen skrednett.no som omfatter skred av ulike typer, inkludert kvikkleire. De ulike kartene viser grovt sett hvilke bergarter og løsmasser som finnes i Norge, i tillegg til en oversikt over ulike skredhendelser med data om posisjon, type skred og når det har inntruffet.

Berggrunns- og løsmassekartet ble brukt til å finne henholdsvis bergartsfordelingen og løsmassefordelingen langs traséen. Kvikkleirekartet beskriver forekomsten av denne typen leire i Oslo, Trondheim og i Nord-Trøndelag. Dette er vurdert til å være tilstrekkelig da det ikke finnes store mengder løsmasser langs resten av traséen, der fjell er dominerende.

De områdene som indikerer kvikkleire og de ulike områdene der mange skred har forekommet legges inn i kartet med trasévalget. Ingen korreksjon av traséen ble gjort med hensyn til leire da planleggingen av trasévalget ikke går inn i nærmere detaljer. Derimot ble det gjort korreksjon av det første trasévalget i et område med høy konsentrasjon av skredhendelser sør for Sognefjorden. Jernbanetraséen ble flyttet fra fjellsiden og inn i tunnel. Øvrige fakta angående kvikkleire stammer fra rapporten "Bygging i kvikkleireområder" utgitt av Norges Geotekniske institutt (NGI, 2012).

Som grunnlag for å vurdere de ingeniørgeologiske forholdene langs traséen er det hentet inn data fra "Norges Tunnelgeologi" (Løset, 2006). Boken, som er gitt ut av Fredrik Løset i samarbeid med NGI gir en omfattende beskrivelse av forskjellige tunneler og bergrom og en systematisk gjennomgang av geologien og utfordringene for tunnelbygging i Norge. Supplert med informasjon fra "Ingeniørgeologi-berg grunnkurskompendium" (Nilsen & Broch, Ingeniørgeologi-Berg Grunnkurskompendium, 2009) og notatet "Høyhastighets jernbane i norsk terreng" (Beitnes & Olsson, 2007) gir dette et godt grunnlag for beskrivelse av de ingeniørgeologiske forhold.

2.4 Tekniske utfordringer

Her presenteres metoder i forhold til tekniske utfordringer ved bygging av ny trasé.

2.4.1 Sporgeometri

For informasjon om sporgeometri er følgende rapporter blitt benyttet: "Track geometry for high-speed railways" (Lindahl, 2001), "Norway High Speed Rail Assessment Study: Phase III" (Atkins, 2012) og "Slik fungerer jernbanen" (Jernbaneverket, 2011).

2.4.2 Bruer

Det mest utfordrende ved denne traséen er kryssingen av de mange dype og brede fjordene. For informasjon om hvilke brutyper som egner seg, har rapportene om "Kryssing av Sognefjorden" (Statens Vegvesen, 2011) og "Høyhastighet jernbane i norsk terreng" (Beitnes & Olsson, 2007) blitt benyttet. Disse rapportene har fungert som en veiledning.

2.4.3 Vedlikeholdsproblematikk

Det settes fokus på særskilte vedlikeholdsproblemer og –utfordringer en høyhastighetstrasé langs Vestlandskysten vil få. Fagkompetansen til særlig to av gruppas medlemmer ble utnyttet for å finne løsninger på disse. Det ble også brukt mye informasjon anskaffet fra et epost-intervju med Alf Helge Løhren fra Jernbaneverket (Løhren, 2012). Vedlikeholdsproblematikk nevnes kun kort og det vil ikke gås i detaljer på dette temaet.

2.5 Kostnader

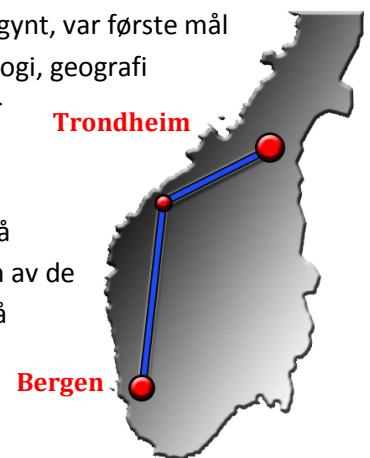
Kostnader knyttet til sprengning av tunneler er ikke noe som er offentlig kjent, da entreprenørene sjeldent eller aldri går ut med disse tallene. Det ble derfor opprettet kontakt med professor i ingeniørgeologi ved Institutt for geologi og bergteknikk, Bjørn Nilsen, for å få et overslag på sprengningskostnadene for tunneler. Nilsen har vært en del av fjellsprengningsmiljøet hele sin karriere, og ble så sent som i november 2011 tildelt æresmedlemskap i Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk.

Det er også innhentet kostnadsdata fra prosjektrapport ”2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELLING Costs” (Zare, 2006) for en syklus bestående av boring, sprengning, lasting og rensk (Statens Vegvesen, 2010). Rapporten er en del av en doktorgrad med tittelen ”Prediction Model and Simulation Tool for Time and Costs of Drill and Blast Tunnelling”. I rapporten er en betydelig mengde informasjon om tunnelkostnader systematisert til bruk i forbindelse med blant annet kostnadsanalyse. Alle prisene er justert i forhold til kostnadsindeksen for anleggsmaskiner (Nilsen, Prinsipp for kostnadsoverslag, 2009).

Når det gjelder brukostnader er det benyttet en standardpris per km bru. Dette er veldig omtrentlige prisparametre, men gir en pekepinn på hvor mye det vil koste. Det er også noen lengdebegrensninger på de ulike brutypene. Antallet bruer ble bestemt etter hvert som traséen ble utformet og etter siste revisjon ble det 12 bruer. Lengden på hver fjordkrysning ble målt med måleverktøy i kart-applikasjonen til Kartverket (Statkart).

2.6 Forslag til trasé

Da arbeidet med å finne en passende trasé mellom Trondheim og Bergen ble påbegynt, var første mål å kartlegge ulike traséforslag. Det ble tatt hensyn til vedlikehold, materialvalg, geologi, geografi og demografi. Ett utgangspunkt var å legge traséen langs E39, hvor intensjonen var at dette skulle forenkle bygging og vedlikehold siden man da har enkel adgang til traséen. Et kart i stor målestokk (1 : 120 000) ble skrevet ut og traséforslaget ble påtegnet. Traséutkastet ble et godt utgangspunkt og det ble bare behov for noen få endringer. Den første revisjonen hadde som mål å få med stoppesteder i nærheten av de viktigste tettstedene og byene langs Vestlandet. Andre revisjon hadde som mål å få kortest mulige fjordkrysninger. Den siste revisjonen av traséen ble gjort basert på ras- og stabilitetsproblematikk og mulighetene for å bygge tunneler.



Figur 1: Traséutgangspunkt

2.7 Reisetid

Reisetiden mellom Trondheim og Bergen ble beregnet ut fra enkle matematikk- og fysikkformler. Informasjon angående akselerasjon og retardasjon for høyhastighetstog ble mottatt fra Løhren, Jernbaneverket (Løhren, 2012), og ble beregnet til henholdsvis 10 og 5 minutter. Lengden på hovedtraséen og deltraséene mellom hver stasjon ble målt i kart-applikasjonen til Kartverket (Statkart). Ut ifra disse trasélengdene ble normert reisetid estimert, inkludert 2-3 minutters stopp på hver stasjon.

Statistisk sentralbyrå (SSB, 2012) ble brukt for å få informasjon om flyreiser mellom byene langs traséen. I tillegg ble det opprettet kontakt med to store flyselskapene i Norge for å få informasjon om passasjertall, men dette ville ikke selskapene ut med.

For å få kjøretidene mellom byene ble kartfunksjonen i Google tatt i bruk. Tog- og busstider ble hentet fra bedrifter som trafikkerer linjen Trondheim-Ålesund-Bergen for buss og Trondheim-Oslo-Bergen for tog (NSB, 2012).

3 Mulighetsanalyse – Ny trasé mellom Trondheim og Bergen

En ny trasé mellom Trondheim og Bergen vil effektivisere transportnettet i regionen. I dag er de fleste vegstrekningene preget av fergeforbindelser, og ellers trange passasjer mellom høye fjell og fjorder. En rask og effektiv jernbanelinje vil være et veldig godt alternativ til dagens vegnettverk. Områder vil bindes sammen, folk vil kunne reise på en enklere og raskere måte og bedrifter kan få en vekst ved bedre tilrettelegging av terminaler og godstransport.

Forutsetninger

En slik ny trasé vil selvfølgelig være preget av mange utfordringer. Denne mulighetsanalysen legger seg på et overordnet nivå, hvor de store linjene som vil prege et prosjekt av denne størrelsen vil diskuteres.

Det er gjort noen forutsetninger som er presentert før selve mulighetsanalysen. Forutsetningene for hastighet og stigningsprosent er hentet fra Jernbaneverkets brosjyre "Slik fungerer jernbanen" (Jernbaneverket, 2011). Antakelsen om dobbeltspor er en forutsetning som ble satt på grunn av ønske om høy kapasitet og effektivitet, sett i et framtidsperspektiv.

- Traséen bygges med dobbeltspor
- Maks hastighet for toget er på 250 km/t
- Maks stigningsprosent for godstog: 1,25 %

Dette vil gi føringer for resten av rapporten.

3.1 Behovet for jernbane i regionen

Øvre del av Vestlandet er per dags dato et blankt område på oversiktskartet over togtilbudet i Norge. Dette betyr at Norges nest største og tredje største by, ikke er knyttet sammen med jernbane. Befolkningsgrunnet i Møre og Romsdal er spredt med noen betydelig større bykjerner, som Ålesund, Molde og Kristiansund. Sogn og Fjordane har noe lavere befolkning og ikke veldig store bykjerner. Den største er her Førde. Stoppestedene som er valgt å ta med på linjen er Kristiansund Stasjon, Molde, Ålesund og Volda som ligger i Møre og Romsdal. I delkapittel 3.7 vil det gis en begrunnelse på hvorfor Førde ble sløyfet, og hvorfor Kristiansund Stasjon ble lagt utenfor Kristiansund by.

For å finne ut om det er behov for jernbane i regionen er det tatt utgangspunkt i befolkningsprognoser, og hvordan de regionale og næringsmessige effekten vil bli med et togtilbud.

3.1.1 Befolkningsutvikling

Prognosene til SSB viser at innbyggertallet i Norge vil passere 6 mill i 2028 og 6,9 mill i 2060 (SSB, 2011). Disse tallene tar utgangspunkt i middels befolkningsvekst. SSB har gått ut ifra flere prognoser, og hovedalternativet går ut på middels vekst i fruktbarhet, levealder, innlands mobilitet og innvandring. Med høy vekst antar SSB at befolkningen vil passere 6 mill i 2023 og 9,1 mill i 2060. Med lav vekst vil befolkningen aldri passere 6 mill i dette århundre, men vil være høyest med 5,9 mill i 2037. Prognosealternativene viser dermed sprikende befolkningstall i fremtiden.

Det er stor usikkerhet om forutsetningene vil treffe med den virkelige utviklingen de neste årene. Spesielt gjelder dette anslagene for innvandrere. I hovedalternativet er det antatt at antall innvandrere

minker etter 2014, men i alternativet med høy befolkningsvekst er ikke dette tilfelle. Ved middels befolkningsvekst vil innvandrere utgjøre 25 % av befolkningen i 2060, mens de vil utgjøre 36 % ved høy befolkningsutvikling. Forskjellen er 1,4 mill mennesker. Dette betyr at forskjellen i antall innvandrere utgjør over halvparten av forskjellen mellom de to alternativene for hele befolkningen i 2060 (SSB, 2011).

I fylkene som jernbanen skal passere er det estimert en økning i befolkningsvekst fra 1,1 mill til 1,3 mill. Dette er med middels befolkningsvekst (SSB, 2011).

3.1.2 Næringsmessige effekter av ny infrastruktur

Transporttiltak kan i et stort område ha betydelige konsekvenser som kan innebære omløslisering av bosteder og næringslivsvirksomhet. I dette prosjektet vil det tas en del hensyn til tilstedeværende bedrifter, men prosjektet kan også føre til etablering av nye bedrifter på grunn av de store ressursmengdene i området.

Resultater fra Norsk Logistikkbarometer fra 2007 viser at 75 % av næringslivsbedriftene mener samferdselsinfrastruktur er viktig for deres konkurransekraft (Alnes, Lein, & Arnesen, 2009). I tillegg fyller vei og jernbane forskjellige behov. Dette fører til at med begge transporttiltakene i samme korridor, vil regionen få større utbytte enn om bare ett tiltak ble gjennomført. Derfor vil en jernbane være positivt for bedriftene i områdene (Analyse og strategi AS, 2011).

3.1.3 Infrastrukturens betydning for regional vekst

Litteraturen gir ikke noe entydig svar på i hvor stor grad en investering i transporttiltak bidrar til regional utvikling. Vekst i en region vil avhenge av ressurstilgang og utnyttelse av allerede eksisterende ressurser.

Litteraturen sier at mulighetene for at forbedringen i transportnettets skal sette i gang en regionaløkonomisk vekstprosess er større, jo:

- Svakere transportnett er utbygd i utgangspunktet.
- Større vekstpotensialet regionen har, for eksempel i form av naturressurser, godt kvalifisert arbeidskraft eller et ekspanderende næringsliv.
- Sterkere industrielt og politisk miljø/tradisjon regionen har. Dette kan utgjøre et viktig grunnlag for å utløse det vekstpotensialet som måtte eksistere.

(Alnes, Lein, & Arnesen, 2009)

I forrige avsnitt ble det sagt at vei og jernbane fyller forskjellige behov. Altså vil en jernbane styrke transportnettets. Dette er tilfelle på Vestlandet hvor vei må passere mange ferjeoverganger som svekker vei som et sentralt transportnett.

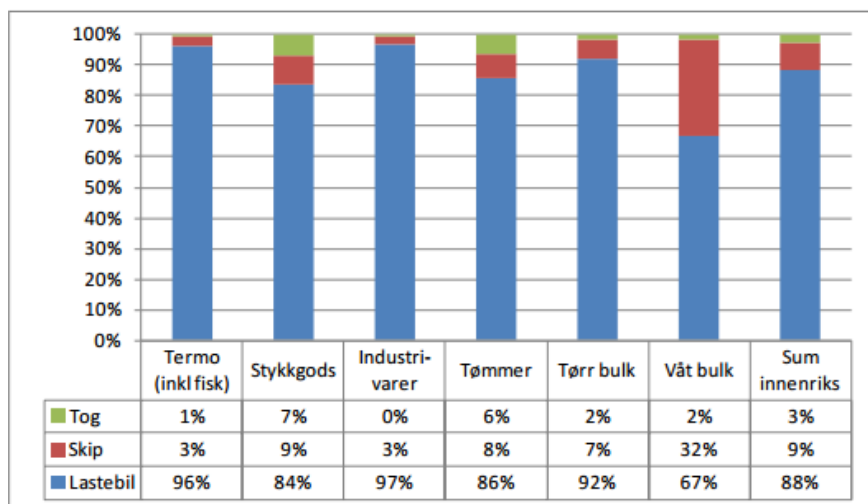
Litteraturen argumenterer at det er spesielt gunstig for regionaløkonomisk vekst dersom tiltaket opphever en sentral «missing link». Til tross for dette finnes det erfaring fra flere prosjekter hvor transporttiltak har ført til regionaløkonomisk vekst (Alnes, Lein, & Arnesen, 2009).

3.2 Godstransport i regionen

Godstransport er en viktig del av trafikken som går på jernbanenettet i Norge. Derfor er det viktig å vurdere behovet og overføringspotensialet ved etablering av en ny trasé. I dette kapittelet er godstransporten i Norge presentert, mens det videre er sett på den mest relevante korridoren, nemlig Stavanger-Bergen-Ålesund-Trondheim. Et generelt overføringspotensiale blir presentert, samt andre viktige elementer som er viktig for godstransport på jernbanen.

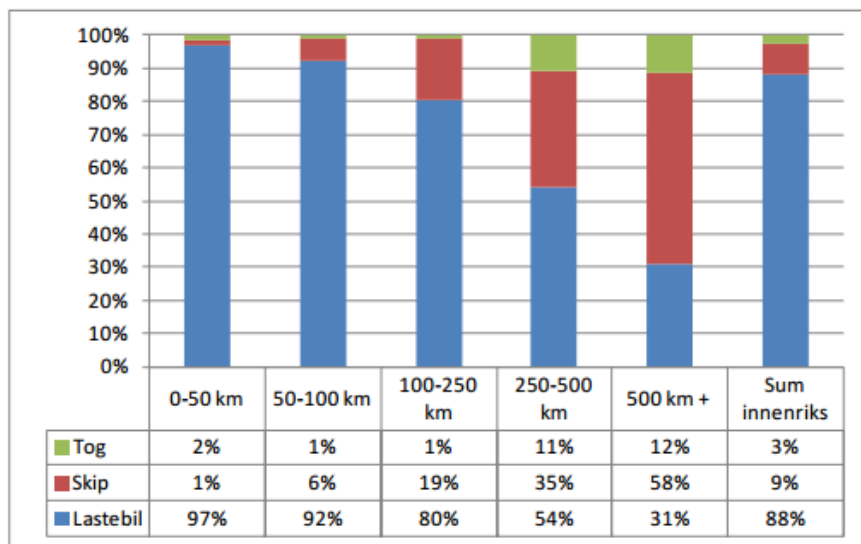
3.3.1 Godstransport på jernbanen i Norge

I sum utgjorde jernbanetransport kun 3 % av alle tonn som ble fraktet innenriks i Norge i gjennomsnitt i perioden 2007-2009. Lastebiltransport utgjorde 88 %, mens sjøtransport sto for de resterende 9 %. Lastebil er med andre ord det klart mest brukte transportmiddelet, men det er verdt å merke seg at 75 % av all lastebiltonnasje innenriks ble fraktet på en distanse mindre enn 50 km (Hovi & Grøndland, 2012, s. 12).



Figur 2: Transportmiddelfordeling for ulike varegrupper og i sum for varetransport i andel av tonn (gjennomsnitt av 2007-2009) (Hovi & Grøndland, 2012).

Transportfordeling etter avstand:

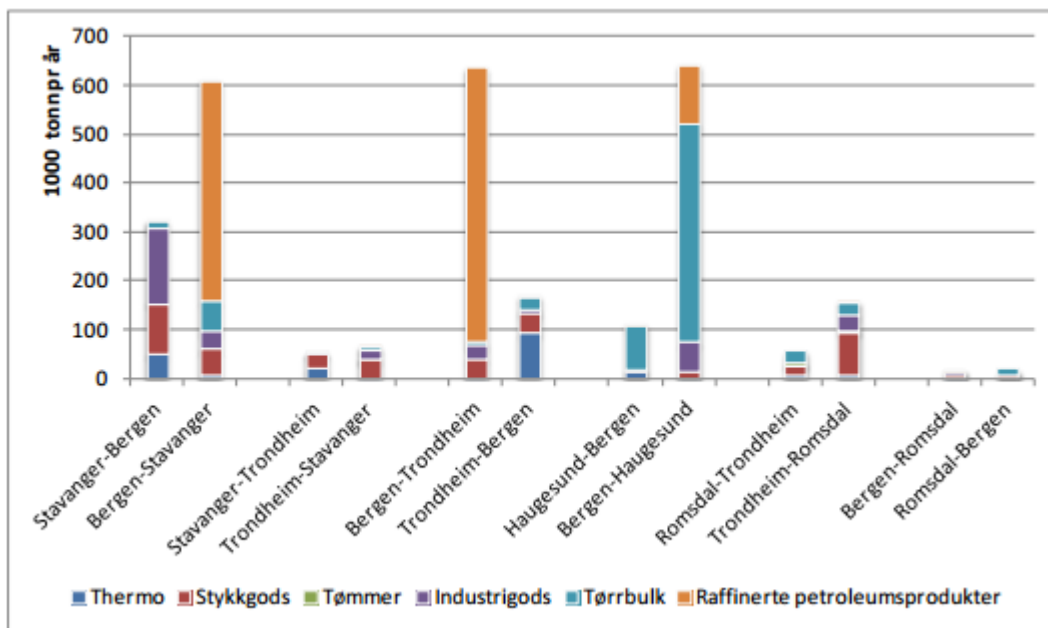


Figur 3: Transportmiddelfordeling etter avstandsgruppe og i sum for innenrikstransport i andel av tonn (Gjennomsnitt AV 2007-2009) (Hovi & Grøndland, 2012).

Figur 3 viser at varetransport med tog gjør seg mest gjeldende for avstander fra 250 km og over.

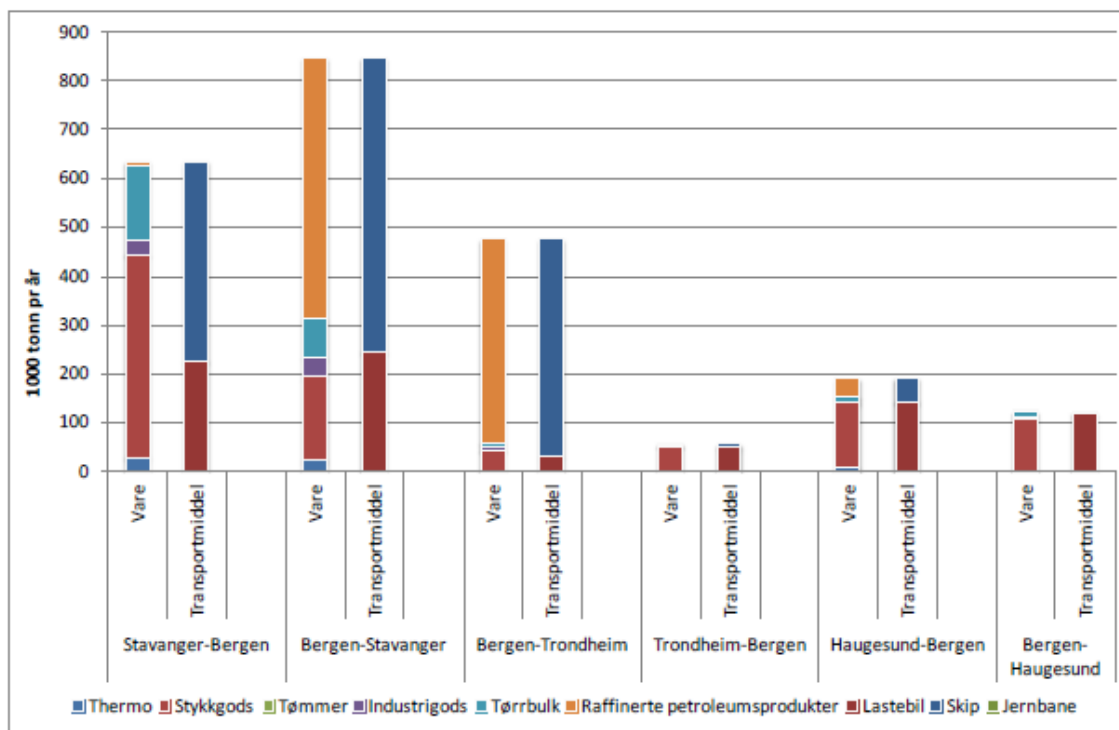
3.3.2 Godstransport i korridoren Stavanger-Bergen-Ålesund-Trondheim

Innenrikstransporten av gods i denne korridoren fra Stavanger til Trondheim følger E39. Godstransport med jernbanen mellom Bergen og Trondheim må innom Alnabruterminalen i Oslo, og denne varemengden fanges ikke opp i statistikken for figurene nedenfor. Ulempen av den store avstanden Bergen-Oslo-Trondheim gjør at det kan antas at denne varemengden er svært liten. I figur 4 fremgår årlig varestrømmer i 1000 tonn etter varegruppe. Tall fra 2008.



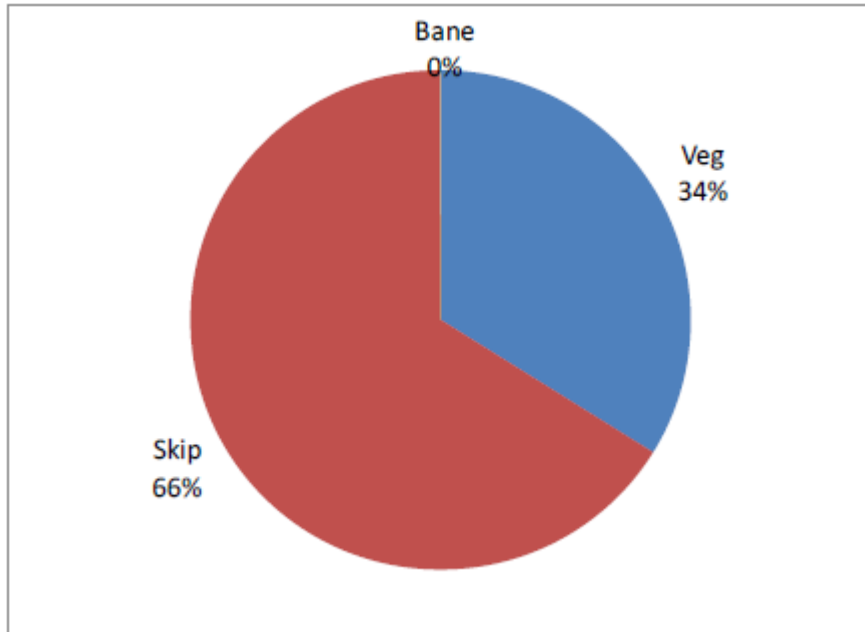
Figur 4: Årlige varestrømmer i 1000 tonn etter varegruppe, utvalgte relasjoner (Hovi & Grøndland, 2012).

Figur 5 viser årlig godsmengde i 1000 tonn etter varegruppe og transportmiddel.



Figur 5: Årlige godsmengder i 1000 tonn etter varegruppe og transportmiddelfordeling, utvalgte relasjoner (Hovi & Grøndland, 2012).

Figur 5 viser at raffinerte petroleumsprodukter er den største varegruppen som fraktes mellom Bergen og Trondheim (over 450 000 tonn pr. år). Skip er det desidert mest brukte transportmiddelet på denne strekningen. Motsatt vei, fra Trondheim til Bergen, er ikke varetransporten så stor. Det er her først og fremst stykk gods som fraktes langs E39 med lastebil.

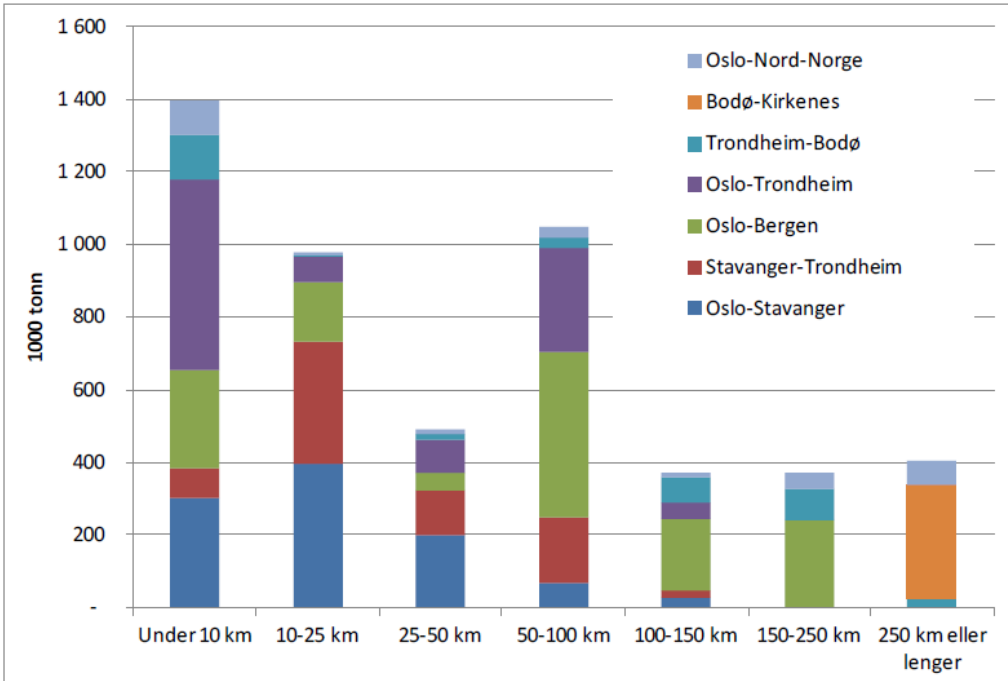


Figur 6: Transportmiddelfordeling i andel av årlige godsmengder basert på summen av alle relasjonene i figur 3 (gjennomsnitt av 2007-2009) (Hovi & Grøndland, 2012).

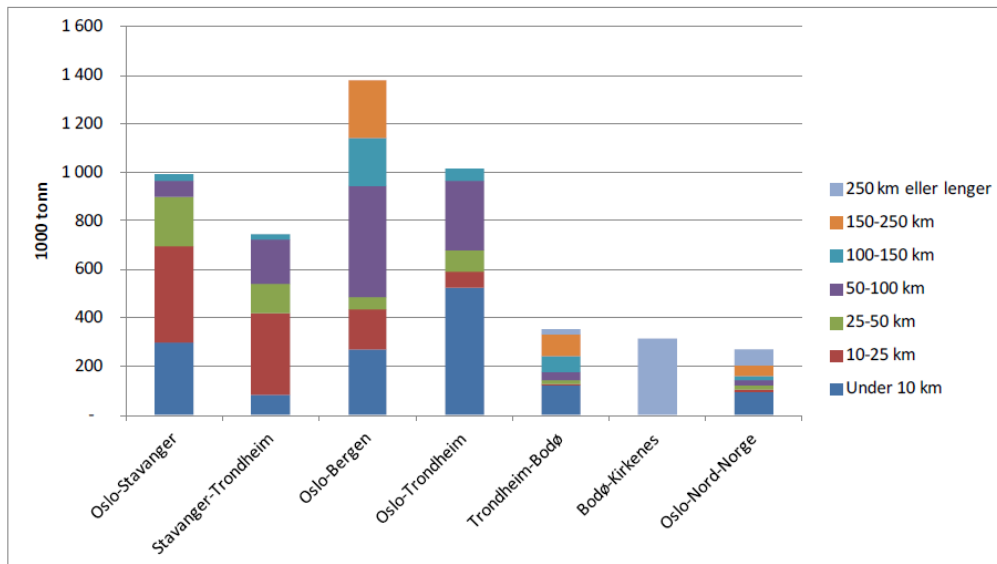
Figur 6 viser at så mye som 2/3 av transporten i korridoren går med skip. Resten blir fraktet med lastebil langs E39.

3.3.3 Jernbaneterminaler

Figur 7 viser at det er 1,4 mill tonn gods fraktet med lastebil som har distribusjonsdistanse under 10 km i hver ende av hovedkorridorene. Øker man avstanden til 25 km, ses det at godsmengden har økt til nesten 2,4 mill tonn. Gods som har en distanse på 25 km eller kortere til jernbaneterminal ved start og slutt punkt, kan regnes for å ha god tilgjengelighet til jernbanetransport. Likevel går mesteparten av godstransporten på lastebiler. Det er flere grunner til dette. Mye av årsaken ligger i den begrensede kapasiteten dagens jernbanenett har. Dette innvirker også på transportkvaliteten i form av framføringstid, leveringsbetingelser og fleksibilitet. Det er altså ikke bare distribusjonsavstanden til terminalene som er avgjørende for transportmiddelvalget (Hovi & Grøndland, 2012).



Figur 7: Tonn på vei, godstunge enderelasjoner i hovedkorridorer. Avstand til baneterminal (begge ender). (Hovi & Grøndland, 2012).



Figur 8: Tonn på vei, godstunge enderelasjoner i hovedkorridorer etter avstand til baneterminal (begge ender). (Hovi & Grøndland, 2012).

Figur 8 viser at i overkant av 0,4 mill tonn gods har en distribusjonsavstand på mindre enn 25 km i hver ende av hovedkorridoren Stavanger – Trondheim. Varetransporten på denne strekningen går i hovedsak på lastebil langs E39, og følger dermed for det meste den planlagte jernbanetraséen. En del av dette godset tilhører strekningen Stavanger-Bergen, men det er likevel fornuftig å tro at en stor del går inn under korridoren Bergen-Trondheim. Selv om det ikke er snakk om de virkelig store godsmengdene, viser likevel dataene at det er godsmengder som kunne vært fraktet på jernbanen, hvis man ser det i forhold til distribusjonsavstand til jernbaneterminalene.

3.3.4 Samlet overføringspotensiale

Potensialberegningene fra Transportøkonomisk institutt som er presentert nedenfor tar utgangspunkt i økt satsing på intermodale terminaler. Rent praktisk vil ikke banetransporten gå direkte fra opprinnelsessted og til endelig destinasjon. Det vil omtrent alltid være brukt for distribusjon ved lastebiler til eller fra jernbaneterminalen.

Resultatene i tabellene nedenfor tar utgangspunkt i at godset har en distribusjonsavstand på maks 25 km i hver ende for innenrikstransport. Samtidig er potensialet basert på gods fraktet lengre enn 300 km med lastebiltransport. For utenriksgodset finnes det ikke nok informasjon om distanse til terminalene, og dataene tar derfor utgangspunkt i kjente knutepunkter. Overføringspotensialet er gitt for både jernbane og skip, men da det aller meste av gods som fraktes av skip kan fraktes på bane, ses det her på resultatene i forhold til jernbanetransport.

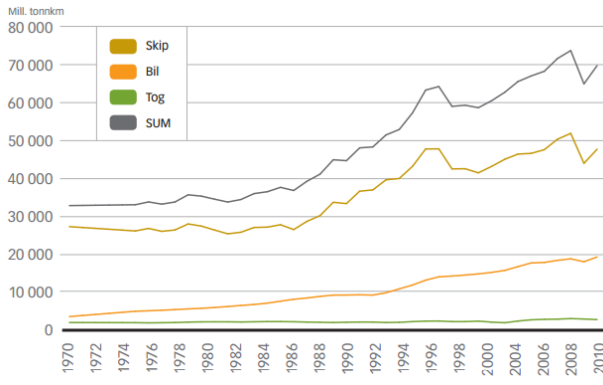
Tabell 1: Overføringspotensial fra lastebil til jernbane og skip. tall i 1000 tonn. 2008 (Hovi & Grøndland, 2012).

	Stykkegods	Bulk	Sum
Innenrikstransport	5 393	2 316	7 709
Utenrikstransport			4 951
Sum			12 660

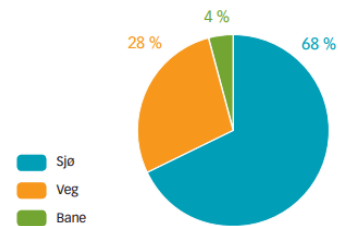
Tabell 1 viser at det er et overføringspotensial på 7,7 mill tonn (2008) for innenriks gods, fra lastebil til jernbane og skip. Dette er bare en liten del av den totale godsmengden som ble fraktet i Norge i 2008. Likevel gir det et potensiale til dobling av godstransporten på jernbanen, da dette utgjorde ca. 9 mill tonn i 2008 (Hovi & Grøndland, 2012).

3.3.5 Nasjonal transportplan 2014 – 2023

I "Nasjonal Transportplan 2014-2023" (NTP 2014-2023) framgår det et stort ønske om å overføre mer godstransport fra lastebil til skip og jernbane. Med den økonomiske veksten som har skjedd de senere år kommer det også en økning i godstransporten. Det innenlandske godsarbeidet har fra 1980-tallet og fram til i dag vokst med mer enn 80 % (se figur 9).



Figur 9: Utvikling i godstransportarbeid i Norge (Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, 2012).



Figur 10: Godstransportarbeid i Norge i 2010 fordelt på transportmiddel (Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, 2012)

I NTP 2014-2023 foreslås det flere tiltak for å overføre mer gods fra lastebil til sjø og bane. Ved etablering av en ny jernbanelinje fra Bergen til Trondheim, vil det i forhold til godstransport være viktig å fokusere på en del av disse tiltakene.

Økt kapasitet og driftssikkerhet

Det er allment kjent at dagens jernbanenett lider av for liten kapasitet. Samtidig slites det med driftsproblemer på grunn av et gammelt og utgått signalanlegg, og ikke minst alle rasproblemene som har skjedd de siste årene. Dagens jernbane er sårbar, hvor et jordras på strekningen kan gi full stans i trafikken over lang tid, da det ofte ikke finnes andre omkjøringsmuligheter. En ny linje fra Bergen til Trondheim vil ikke bare øke den regionale kapasiteten, men den vil også gi nye omkjøringsmuligheter ved ras og store nedbørsmengder, og dette vil igjen være med på å gjøre dagens banenettverk mer robust. NTP 2014-2023 framlegger et mål om en dobling av gods på bane i planperioden, og en tredobling fram mot 2040 (Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, 2012). Dette skal løses ved å forlenge og bygge ut nye kryssingsspor, og dessuten ved felles utnyttelse av dobbeltspor med persontrafikken.

Effektivisering av terminaler og tilrettelegging for integrerte logistikknutepunkter

Ved etablering av en ny jernbanelinje har man et mer oversiktlig og enklere utgangspunkt ved tilrettelegging av terminaler. Mens det for allerede eksisterende anlegg vil være både dyrt og ressurskrevende å gjennomføre tiltakene gitt i NTP 2014-2023. For å sikre et godt utbygd transportnettverk av gods på bane, er det viktig å integrere transport- og logistikkbedrifter i terminalene, eller at de er lokalisert i nærheten. Det samme gjelder for store bedrifter som bruker jernbanen til frakt av sine varer. En effektiv etablering av terminaler krever også et godt samordnet arealbruk, hvor tilknytningsveger og lignende i og rundt terminaler er godt planlagt. Intermodale terminaler er en betegnelse hvor det brukes minst to typer transportmidler i en integrert transportkjede. Skal man sikre best mulig effektiv drift må logistikkaktørene etablere seg i nærhet til terminalene (Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, 2012).

Posten

Posten Norge er en av de store logistikkaktørene som opererer i Norge. De ønsker en miljøprofil hvor mer av posten skal overføres fra veg til jernbane (Posten Norge AS, 2012). Men jernbanenettet er sårbart, og ikke minst har de siste årene vist at flom og ras har vært en stor utfordring for framkommeligheten til gods på bane. Posten må ovenfor kundene sine kunne levere med tilstrekkelig kvalitet og punktlighet. De er altså helt avhengig av et jernbanenett med god nok standard hvis deres mål om mer gods på bane skal kunne opprettholdes.

Produksjonen til Posten foregår i dag ved at det meste sendes inn til Oslo. Oslo fungerer som et nav, og godset sendes derfra igjen ut på hovedstrekningene. Direktetransport foregår mellom nærliggende terminaler hvor det er mulig med framføring på natta. Der det ikke er mulig med framføring over natten sendes det via Oslo (med unntak av Trondheim og nordover). Direktetransport hvor man ikke sender via Oslo, slik som transport mellom Bergen og Trondheim, vil gi Posten problemer på grunn av varierende fyllingsgrad. Fordelen man får ved å sende via Oslo er nettopp at det gir en høy fyllingsgrad. De store volumene man får her gjør at man løpende kan sende unna fulle TEU, og dermed få en god profil til mottagerterminalene. TEU (Twenty-foot equivalent unit) er et begrep for en standard godscontainer (Tordhol, 2012).

En ny banestrekning fra Bergen til Trondheim vil være et alternativ til posttransporten som i dag følger E39 i denne delen av landet. Men selv mellom disse to store byene er det begrenset med volumer som skal sendes. Posten fyller en halv TEU til Ålesund, noe mindre til Molde, mens det går én TEU til Trondheim. Selv samlet vil hele transportnæringen slite volummessig med å fylle et helt tog. I tillegg kommer utfordringen ved at logistikselskapene har forskjellige transporttider, og derfor vil det være utfordringer med tanke på togtidene. Eksempelvis går det i dag ett tog i døgnet til Åndalsnes med omtrent 48 TEU. Sammenlignet kjører det over 200 vogntog fra Østlandet til Møre daglig (Tordhol, 2012). Dette gir et bilde på grunnlaget for godstransport på bane på strekningen Bergen-Trondheim, ikke bare gjennom Posten sitt behov, men hele næringen sett under ett.

Når Posten skal sende gods på jernbanen er det i hovedsak framføringstiden som er styrende. Mange stopp underveis er tidkrevende, og vil gi for lang framføringstid. På grunn av avstanden mellom Bergen og Trondheim vil de ikke med sitt produksjonsopplegg klare framføring over natten. Derfor vil det lønne

seg å sende via Oslo på tomme returenheter, for så å kunne få opp fyllingsgraden på det som sendes ut av Oslo (Tordhol, 2012).

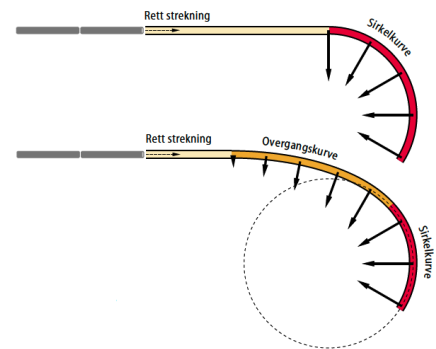
3.3 Ingeniørgeologi og geoteknikk

3.3.1 Geologiens påvirkning ved valg av trasé

En moderne høyhastighetsbane stiller langt strengere krav til blant annet linjeføring, sikkerhet og teknisk standard enn det som er vanlig ved jernbanestrekninger for et langt lavere hastighetsnivå. En ny høyhastighets jernbanelinje mellom Trondheim og Bergen vil uten tvil by på utfordringer og problemer, men beslutningen for om en bane skal bygges eller ikke vil hovedsakelig tas på grunnlag av den samfunnsnyttene man kan oppnå ut fra passasjergrunnlag, antall reiser, reisetid og godstransport. "Hovedutfordringen med jernbane generelt er at det er veldig dyrt å bygge, spesielt bruer og tunneler, og man må derfor prøve å lage en trasé som gir mest nytte for samfunnet - best samfunnsøkonomisk nytte-kost" (Rom, 2012). Kostnader diskuteres nærmere i kapittel 3.5. Dette kapitlet skal forsøke å gi et innblikk i de utfordringer som vil gjøre seg gjeldende langs traséen sett fra et ingeniørgeologisk og geoteknisk perspektiv.

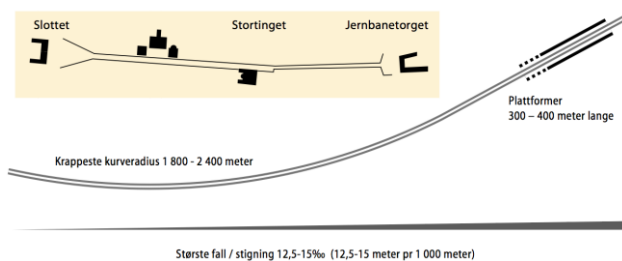
All utbygging av infrastruktur fører til inngrep i naturen. Dette gjelder i høyeste grad også for høyhastighets jernbane, men inngrepene som må gjøres for å bygge en jernbane er mindre enn for eksempel en 26 meter bred fire-felts motorvei. Generelt vil høyhastighetsbaner heller ikke føre til større inngrep enn dagens utbyggingsplaner fra Jernbaneverket. Det er et spørsmål om planlegging og ikke om 200 km/t eller 300 km/t (Norsk Bane). Utfordringen er å legge en trasé som er best og mest mulig i samspill med terrenget til lavest mulig pris.

Enkelte strekninger på en trasé, som for eksempel påhugsstedet for en tunnel og tunnelretningen, vil kunne justeres ut fra geologiske tolkninger om for eksempel forkastninger. Disse er det selvsagt ønskelig å unngå i mest mulig grad, eventuelt tilpasse tunneltraséen best mulig (vinkelrett på traséen). Byggematerialet (bergmassen) for tunneler er anisotrop, inhomogent og preges av diskontinuiteter (forkastninger) og vil derfor variere svært mye langs en tunnel. Sagt på en annen måte; når lokalisering er valgt, er byggematerialet valgt – og det er lite man kan gjøre med det. Det kan derimot behandles. Bergmassen må derfor betraktes som et byggematerial (Nilsen & Broch, Ingeniørgeologi-Berg Grunnkurskompendium, 2009).

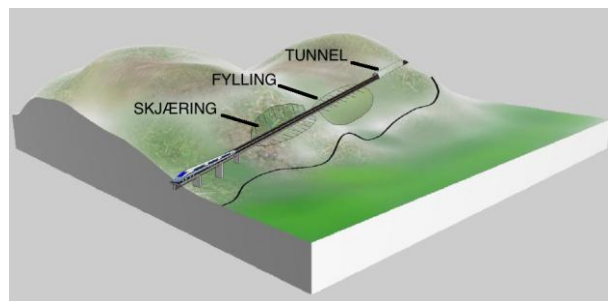


Figur 11: Krav til kurveradius er 4000 og 6000 m for hastigheter på hhv 250 og 300 km/t. Figur hentet fra (Jernbaneverket, 2011)

Kravene til kurvatur både i vertikal- og horisontalplan er strenge for en høyhastighetsbane. Dette betyr at mulighetene for tilpasning i forhold til geologi og topografi er sterkt begrenset. Krav til minste horisontalkurveradius er 4000 m ved en hastighet på 250 km/t og 6000 m ved en hastighet på 300 km/t (Jernbaneverket, 2011), se figur 11. En illustrasjon av dimensjonene for slike horisontalkurver er gitt i figur 12, her i forhold til hastigheter på 200 km/t. I tillegg kreves det overgangskurver mellom en rettstrekning og en sirkelkurve på 150 m og 250 m for hhv 250 og 300 km/t. Dette gjør en høyhastighetslinje veldig stiv og vanskelig å tilpasse geologien (figur 13). Man er på mange måter prisgitt den traséen man legger ut fra passasjergrunnlag og godstransport. Teknologien for å løse problemer knyttet til tunnelbygging er uansett tilstede og ingen problem er i så måte for stort. Til syvende og sist står det og faller på kostnader og hva en investering vil gi tilbake til denne regionen. Men det er hevdet over enhver tvil at det vil bli mye tunneler langs traséen Trondheim – Bergen.



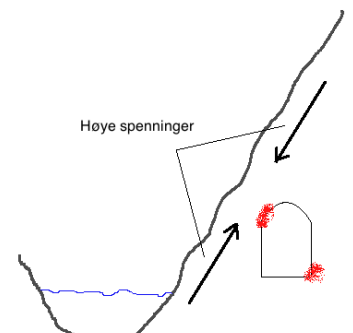
Figur 12: Kravet til horisontalkurver krever en veldig stiv linjeføring, her illustrert ved en kurveradius på rundt 2000 m som passerer Karl Johans gate i Oslo. Figur hentet fra (Jernbaneverket, 2011)



Figur 13: Den stive linjeføringen vil kreve store inngrep i naturen. illustrasjon hentet fra (Beitnes & Olsson, 2007).

3.3.2 Vestlandstopografi – dalsider

Vestlandet er et område som består av svært varierende topografi med sine høye fjell og dype daler. Slike store høydeforskjeller vil ha en betydelig innvirkning på den spenningssituasjonen som vil oppstå rundt tunnelene. Horisontale spenninger i fjellområdene vil bli tvunget ned i dalen og opptre parallelt dalsiden (figur 14). Største hovedspenning vil være av betydelig størrelse og minste hovedspenning kan bli så liten at den i spesielle tilfeller kan bli negativ. Dette vil gi ugunstige forhold. I en tunneltrasé som går langs en dalside vil man kunne få store problemer i hengen ut mot dalen/fjorden og i overgangen mellom såle/vegg inn mot fjellet. Går traséen normalt på dalsiden er situasjonen normalt gunstig, men problemer kan oppstå på stuff og i hengen.



Figur 14: Høye dalsider gir ugunstige spenninger som forårsaker problemer i hengen og sålen.

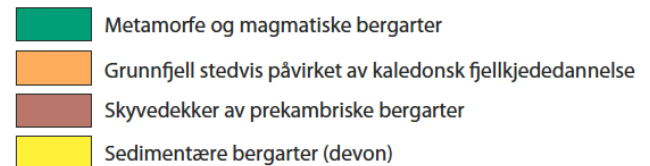
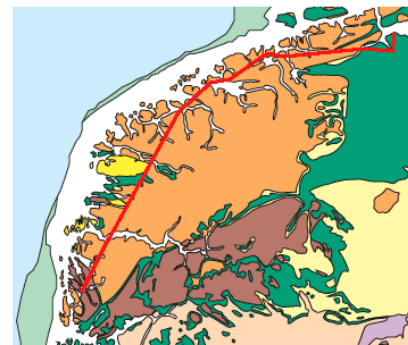
Traséen Trondheim – Bergen vil passere flere slike dalsider som diskutert over, eksempelvis Langfjellet ved Hemne i Sør-Trøndelag. Der traséen må legges i tunnel vil spenningsforholdene, som kan være svært ugunstige, kunne gi problemer for stabiliteten og sikkerheten i tunnelen. Det har derfor blitt forsøkt å unngå lengre strekninger der traséen går langs dalsider, både i forhold til spenningssituasjon, men også skred (mer om dette i kapittel 3.3.6). Et eksempel på omlegging av traséen er passeringen langs Holsegga ved Gloppen i Sogn og Fjordane. Her var det registrert svært

mange skred (steinsprang) og kombinert med 1300 m høye dalsider syntes det naturlig å legge dette strekket i tunnel (se figur 19 i kapittel 3.3.6). I tillegg ble det en jevnere kurvatur og mindre utfordringer i forhold til bruere ved å legge traséen slik (se Lotebrua og Sørstrandbrua – vedlegg 1). Generelt vil slike hensyn kreve omfattende tunnelutbygging langs traséen. Andre justeringer av traséen kan ses på oversiktskartet (vedlegg 1).

3.3.3 Berggrunn langs traséen

Berggrunnen i den regionen vår trasé ligger i kalles gjerne *Det nordvestre gneisområdet* (Løset, 2006). Med unntak av *Bergensområdet* og *Trondheimsfeltet* ligger hele traséen innenfor dette gneisområdet, som også kan ses i figur 15 (lysebrune felt). Regionen består for det meste av gneis (grunnfjellsbergart) av prekambrisk alder (> 600 mill år) og er hovedsakelig omdannet fra granitter og dioritter. Gneisen kalles da gjerne granittisk/diorittisk gneis for å vise til opphavsbergarten og mineralsammensetningen.

I tillegg til gneis finner man grønnstein og amfibolitt, samt enkelte soner med breksje og konglomerat, i Trondheimsområdet. Ellers er det stort sett små og stedvise belter av metamorfe bergarter som glimmerskifer og amfibolitt, magmatiske bergarter som granitt, samt sedimentære bergarter som sandstein/metasandstein. Når bergartsfordelingen er beskrevet er det viktig å kunne si noe om de ingeniørgeologiske forholdene for tunnelbygging langs traséen.



Figur 15: Bergartsfordeling på Vestlandet. Trasé markert med rød linje.

3.3.4 Forkastninger

Bergmassene langs traséen er stort sett sterke og tette, og på bakgrunn av dette burde man ikke forvente større problemer knyttet til stabilitet i tunnelene. Men berget består også av svakheter. Forkastninger er svakheter (svakhetssoner¹) som er utfordrende og fordyrende for tunneldrivingen, se kapittel 3.5.1. En forkastning er en bruddflate eller bruddsone der det har vært en relativ bevegelse mellom bergmassene på hver side. Forkastninger er viktige geologiske strukturer og viktig å ta hensyn til ved tunneler.

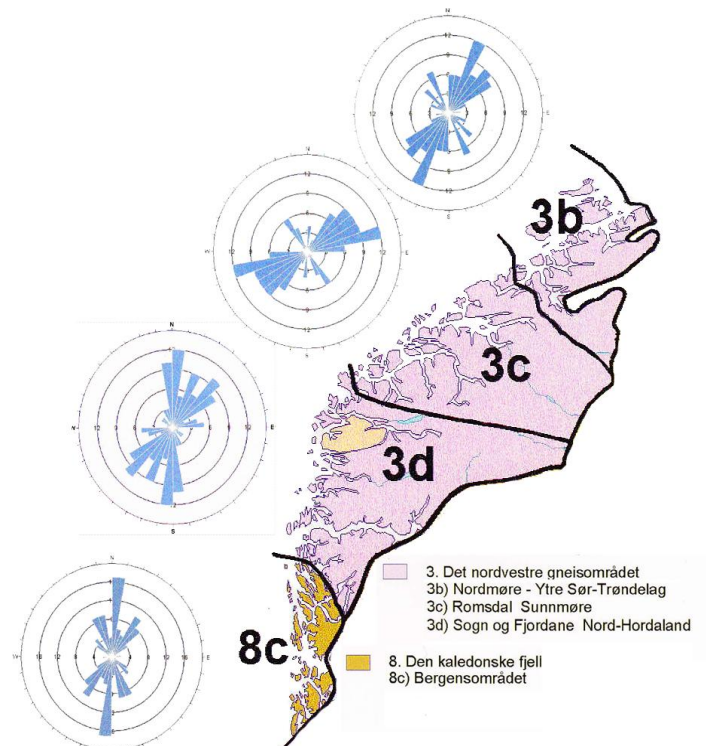
På et vanlig geologisk kart vil forkastningssoner gjerne tegne seg som linjer som skjærer bergartsgrensene, og i terrenget vil man ofte se skrenter, trange daler og lange vann langs dem. På figur 16 kan man se en sprekkeroserose som er representativ for hver region langs traséen. En sprekkeroserose er en visualisering av en mengde data om forkastninger. En sprekkeroserose gir et umiddelbart inntrykk av den dominerende forkastningsretningen. Jo flere forkastninger innenfor en vinkel på 5-10°, jo lengre ut mot periferien er den blå skraveringen (Nilsen & Broch, *Ingeniørgeologi-Berg Grunnkurskompendium*, 2009). Et slikt visuelt hjelpemiddel kan bidra til å finne beste orientering for en tunnel og sammen med annen

¹ Erfaringer fra norske tunneler viser at svakhetssoner normalt utgjør 5 % tunnallengden (Palmstrøm, Nilsen, Pedersen, & Grundt, 2003).

informasjon kan det også gi en indikasjon på hvor tunnelen vil krysse forkastningen(e). Det mest gunstige er at forkastningen krysser tunnelen så vinkelrett som mulig. En lav vinkel mellom tunnel og forkastning vil føre til at forkastningen følger tunnelen over en lengre avstand. Dette vil igjen gi større problemer med tanke på sikring og inndrift.

Vi ser av figuren at forkastningene hovedsakelig har en retning NØ-SV i det nordvestre gneisområdet. Det er viktig i denne sammenheng å huske på at disse sprekkerosene tar for seg hele regionen, og ikke vår trasé spesielt. Det er derfor nødvendig å spesifisere forkastnings-retningene sett i forhold til traséen.

I kyststrøkene langs Nordmøre, der vår trasé går, er det flere markerte forkastninger med retning NV-SØ – en gunstig retning da tunnelen(e) vil krysse vinkelrett denne strekningen. I Romsdal og på Sunnmøre har forkastningene en ØNØ-VSV-retning, også denne relativt bra i forhold til traséen. I ytre deler av Sogn og Fjordane har forkastningene retning Ø-V, Her vil tunnelen krysse normalt og man vil derfor unngå større avstander med forkastninger under drivingen. I Bergensområdet har forkastningene retning N-S, men dette vil ikke by på videre problemer da traséen hovedsakelig går i dagen her.



Figur 16: Sprekkerose for hver region traséen passerer.

3.3.5 Ingeniørgeologi

De ingeniørgeologiske forholdene kan stort sett anses for å være gode for tunnelbygging, spesielt i det nordvestre gneisområdet. Langs hele dette området, som strekker seg fra Orkanger og ned til like nord for Bergen, kan bergartene karakteriseres som sterke og massive. I ytre strøk av Sør-Trøndelag er det moderate høydeforskjeller og noen store problemer med spenninger forventes ikke. I Romsdal og på Sunnmøre er situasjonen en ganske annen. Vesentlige høydeforskjeller kan gi problemer med sprakeberg² og bergslag³ og dette må tas høyde for. I Sogn og Fjordane og Nord-Hordaland vil tunnelene få stor overdekning, opp mot 1000 m, og dette sammen med tektoniske spenninger kan enkelte steder gi store spenningsproblemer. Strekningen fra Matre til Bjørsviki i Nord-Hordaland, en strekning på snaue 30 km, vil stort sett gå i tunnel med en overdekning på rundt 800 m.

Geologien i *Trondheimsfeltet* og *Bergensområdet* skiller seg fra gneisregionen, men traséen har veldig korte strekninger her i forhold til den totale trasélengden. Innen *Trondheimsfeltet* er det mye skifrige og svake bergarter og tunnelretningen vil i disse tilfellene ha mye å si for stabiliteten. Høydeforskjellene er moderate sett i forhold til Vestlandet, og noen store spenningsproblemer bør ikke forventes her.

² Mindre fragmenter som løsner grunnet høye bergtrykk under knitrende lyder (spraking).

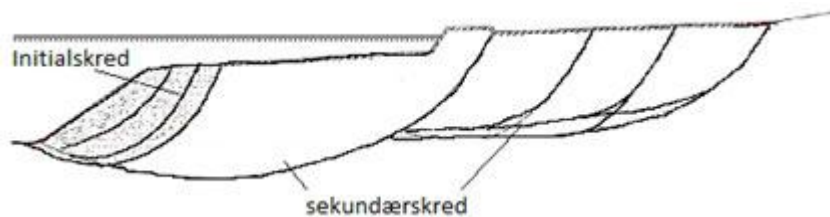
³ Avskalling av bruddstykker fra en bergflate, forårsaket av høye bergtrykk. Uttrykket benyttes særlig om store flak som løsner under kraftige lyder.

Behovet for tunnel anses dessuten for å være liten i denne regionen, men kravet til stivhet på linjeføringen samt ønsket om å oppnå toppfart kan føre til at tunneler likevel må bygges. *Bergensområdet* byr på veldig variert berggrunn, med alt fra løse skiferbergarter til massive grunnfjellsbergarter som gneis og granitt. Dette kan gi varierende forhold, men tidligere erfaringer fra tunnelbygging (Løset, 2006) sier at store spenningsproblemer ikke forekommer, selv ved relativt stor overdekning. Overdekningen langs traséen i denne regionen (Bjørnsviki – Bergen) er på det meste 450 m.

3.3.6 Geotekniske utfordringer

Ved bygging i områder hvor kvikkleire forekommer, er ekstra aktsomhet nødvendig. De fleste større kvikkleireskredene som har inntruffet de siste 20-30 årene har blitt utløst av menneskelige aktiviteter, og forståelsen for faren for skred har tidligere vært fraværende i det byggfaglige miljøet (NGI, 2012).

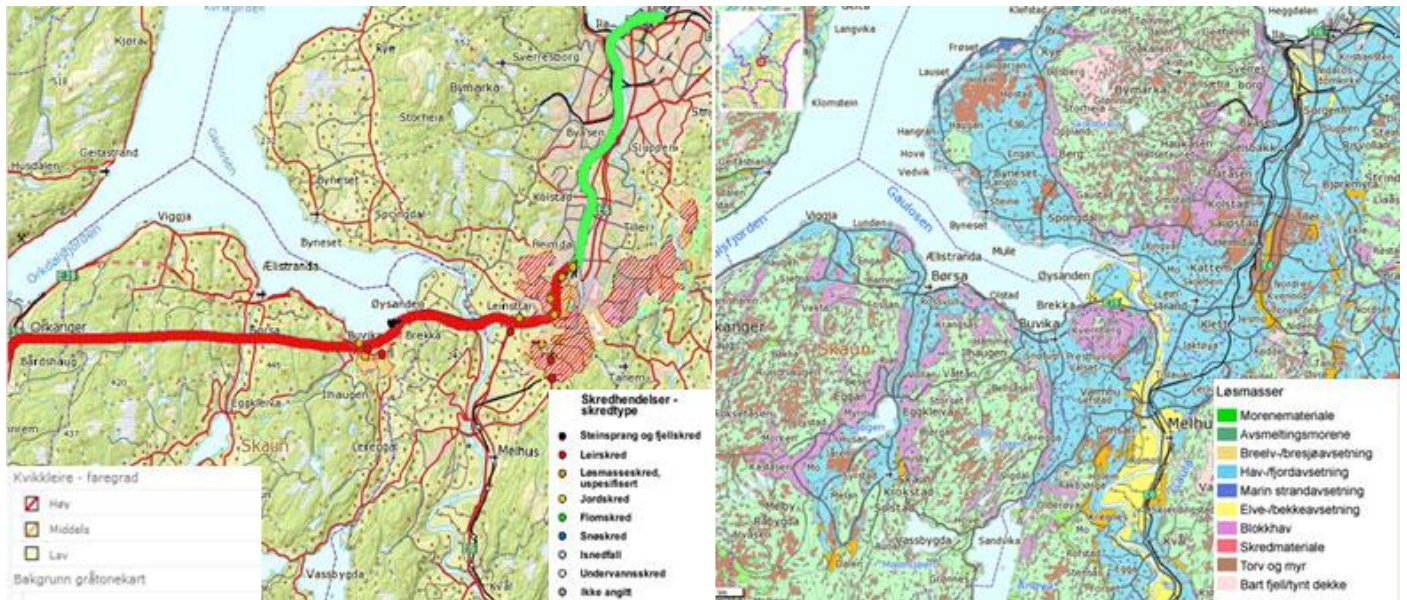
Kvikkleire er en type leire som taper mye av sin styrke hvis den utsettes for omrøring. Når et skred går i et område med kvikkleire kan det få store konsekvenser. Et mindre initialscred kan starte en kjedereaksjon som stegvis beveger seg bakover, langt ifra der det første skredet gikk (se figur 17).



Figur 17: Bakovergripende skred.

For å forebygge kvikkleireskred kan en evaluering av risiko gjennomføres parallelt med plan- og byggefase. Risikonivået baseres på topografiske, geotekniske og hydrologiske parametre og er oppdelt i lav, middels og høy fare for at et skred skal forekomme. Som nevnt ovenfor, kan skred i kvikkleire påvirke et stort område. Det er da viktig å lokalisere mulige utløsningsområder i evalueringsanalysen.

Den foreslåtte traséen mellom Trondheim og Bergen følger den eksisterende jernbanen fra Trondheim Sentralstasjon til Leinstrand, for så å svinge vestover mot Buvika. I dette området finnes det kvikkleire, se figur 18. Data fra skrednett viser også at skred har forekommet i dette risikoområdet omkring Leinstrand. Selv om Buvika viser mindre risikonivå for kvikkleireskred, har det likevel oppstått skred der. Området mellom Heimdal og Buvika er et av de mest kritiske for bygging av traséen, sett fra et geoteknikk perspektiv. Det forekommer bare løsmasser i området rundt Trondheim og Orkanger. Disse løsmassene er først og fremst hav- og fjordavsetninger. Etter Orkanger dominerer fjell i topografien (NGU, 2012).



Figur 18: Den eksisterende traséen fra Trondheim Sentralstasjon til Heimdal i grønn farge og den planlagte traséen i rødt.

Et annet område der mange skred har intruffet er etter at traséen har passert Hundvikfjorden nordfra (se figur 19). Videre undersøkelser må gjøres i dette området for å evaluere stabiliteten. Det er uklart om jernbanen kan bygges langs E39, da topografien er vanskelig i området. I forslaget som presenteres i denne rapporten legges jernbanen i tunnel, delvis for å unngå skred, men også for å unngå plasskonflikt med den eksisterende europaveien.



Figur 19: Skredhendelser langs E39 sør for Hundvikfjorden. Gammel trasé markert i grått, ny trasé markert i rødt.

En annen geoteknisk utfordring ved bygging i et område med leire er å sikre at man ikke får for store setninger. Når leire belastes kan det sammenlignes med en våt tavlesvamp som trykkes sammen, vannet trenger ut umiddelbart og volumet minsker. Samme ting forekommer i leiren, men under en lang tidsperiode. Dette kommer av at leiren har en lav permeabilitet og da tar det lang tid for vannet å strømme i og gjennom materialet.

Setningene kan oppstå langt inn i driftsfasen og kan endre sporets og kontaktledningens geometriske utforming. For å unngå uakseptabelt stort vedlikehold har Jernbaneverket satt opp setningskrav. Størrelsen på setningene avtar med tiden og vurderes fra det tidspunktet oppfyllingen av underbyggingen starter. De ulike kravene som Jernbaneverket har kan ses i tabell 2.

Tabell 2: Jernbaneverkets setningskrav (Jernbaneverket, 2011).

Type setning		Største tillatte setning i driftsfasen		Avstand mellom tverrprofiler
		3 første driftsår	9 første driftsår	
Setning i enkeltprofil	Midlere setning	24 cm	40 cm	-
	Skjevsetning	17 ‰	28 ‰	-
Setningsforskjeller mellom naboprofiler	Differenssetning (helning)	2,8 ‰	4,8 ‰	25 m
		2,2 ‰	3,6 ‰	50 m
		1,4 ‰	2,3 ‰	100 m
	Vindskjevhet (variasjon i skjevsetning per 25. meter)	10 ‰	17 ‰	25 m
		7,5 ‰	12,5 ‰	50 m
		5 ‰	8 ‰	100 m

3.4 Tekniske utfordringer og løsninger

Her vil det presenteres noen tekniske utfordringer med tanke på sporgeometri, bruer og vedlikeholdsproblematikk. Det er mange utfordringer som er knyttet til bygging av en ny jernbanetrasé. Blant annet må det tas hensyn til kurveradius, dosering, best egnet brutype og hvordan vedlikehold skal gjennomføres. Detaljer og løsninger er presentert herunder.

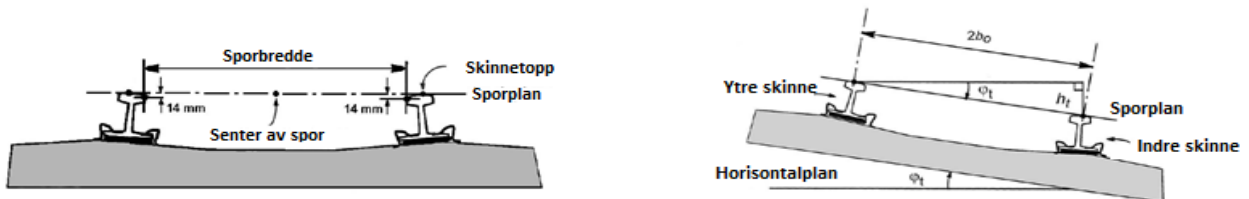
3.4.1 Sporgeometri

En horisontal kurves viktigste parameter bestemmes av radien og måles ifra sentrum av sporet. Når et tog beveger seg i en horisontal kurve oppstår en lateral akselerasjon, som gis av formelen:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Denne akselerasjon gir mange uønskede effekter:

- Dårligere komfort for passasjerer
- Forflytning av last i vognene
- Risiko for avsporing i kombinasjon med sterke vinder



Figur 20: Sporgeometri.

Forskjellen mellom høyden på skinnene kalles overhøyde, skinnene bygges på denne måten for å forminske den laterale akserasjonen som oppstår i horisontale kurver. Maksimal verdi av overhøyden bestemmes av passasjerkomfort, risiko for avsporing av tog og forflytning av last i vognene. Dette er eksempel på situasjoner som kan oppstå hvis togene trenger å stoppe i en kurve eller av saktegående tog i en kurve (Lindahl, 2001).

Gjennom de ulike topografiske forholdene som råder langs en strekning vil det oppstå stigninger. Da trengs en gradient-stigning på skinnene. Dette skaper problem for tungtrafikken på jernbanen. Restriksjoner er satt for å unngå for store gradienter. Dette for å gjøre det mulig for tunge tog (godstog) å ta seg opp slike stigninger og minske energiforbruket, men også for å redusere stoppstrekningen ved utforkjøring.

For å gjøre overganger myke i profilen trengs dimensjonering av vertikalkurver. Hvis den vertikale akselerasjonen er for stor på bakketoppen kan hjulene begynne å klatre på skinnene og resultatet kan føre til avsporing. Også her er det viktig å ha en god komfort for passasjerene. I Norge er kravene at minste kurveradius skal være 4000 m ved en hastighet på 250 km/t, stigning på 1.25 % på bane med godstrafikk og overhøyde på 90 mm (Atkins, 2012).

3.4.2 Bruer

Fjordkryssinger og bruvalg

Underveis i kartleggingsprosessen viste det seg at det er behov for 12 nevneverdige fjordkryssinger. Disse fjordene har ulik vanskelighetsgrad når det gjelder kryssing. I figur 21 er det vist en fjordkryssing i høydeprofil som ikke er så teknisk utfordrende, siden fjorden hverken er bred eller har for bratte fjellsider. Dette kan man løse med en enkel hengebru og deretter eventuelt gå inn i tunnel i fjellsiden.

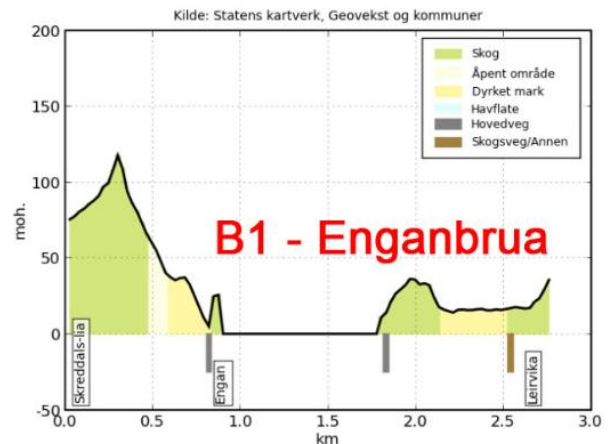
Ved Sognefjorden er det større utfordringer. Figur 22 viser Sognefjorden og omegn i høydeprofil. Det er meget utfordrende å legge bru over denne fjorden, da den er nesten 4 km bred og 1,2 km dyp. Det er i tillegg meget høye og bratte fjell på begge sider av fjorden. I rapporten "Mulighetsstudie - Kryssing av Sognefjorden" (Statens Vegvesen, 2011) diskuteres det mange muligheter for å krysse fjorden, men denne rapporten har hovedsakelig sett på bru med bilvei. Ut ifra disse to fjordkryssingene og resten av fjordene (Vedlegg 3) er konklusjonen at det finnes følgende alternativer for å krysse en fjord:

Hengebru

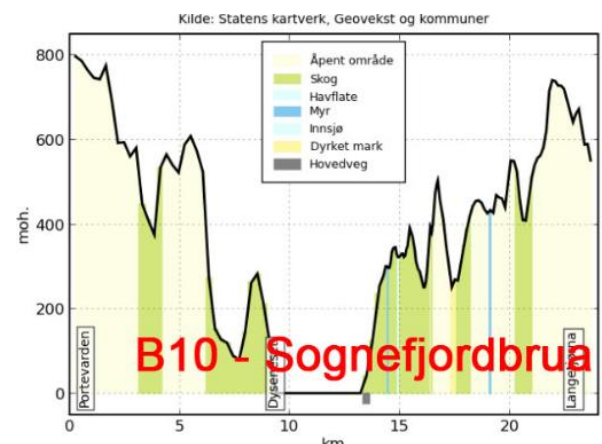
Det eksisterer kun 3 hengebruer for jernbane på verdensbasis som er over 1 km.

Verdens første hengebru med et spenn på over 1 km var Golden Gate bruene i San Francisco, USA. Den nåværende lengste bru har et fritt spenn på 2 km og befinner seg i Japan (Akashi Kaikyo-bruen).

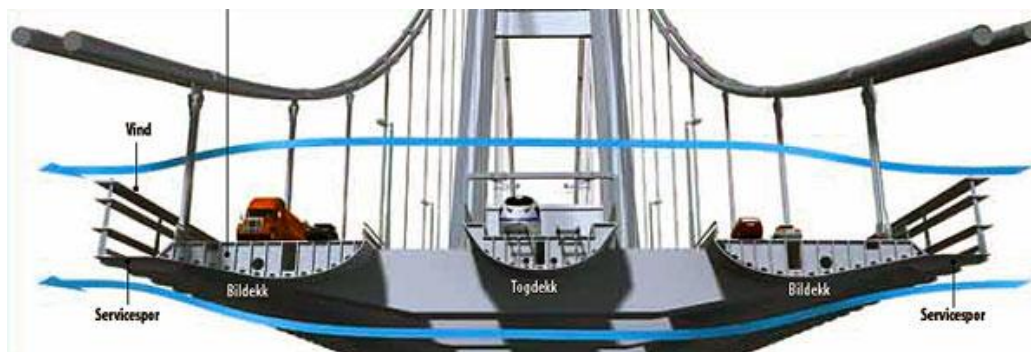
Messinabruen i Italia skal stå ferdig i 2017. Den har et fritt spenn på 3,3 km og vil koste ca. 40 mrd NOK (Illustrert Vitenskap, 2011). Det er altså fullt mulig teknologisk å bygge hengebru for jernbane.



Figur 21: Den første fjordkryssingen "B1 – Enganbrua"



Figur 22: Den 10. Brua langs traséen "B10 – Sognefjordbrua"



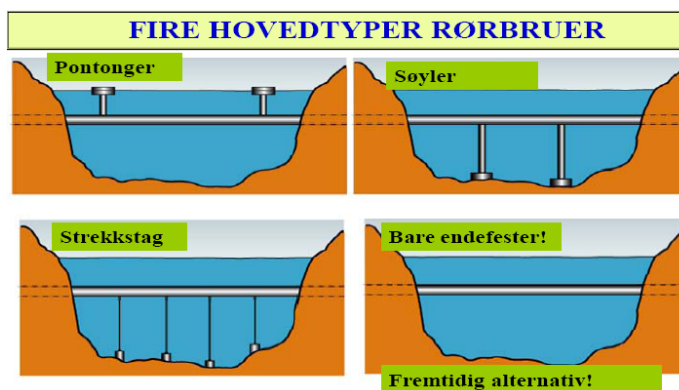
Figur 23: Snittbilde av den planlagte Messinabruen i Italia. Kilde: (Illustrert Vitenskap, 2011)

Rørbru

Det er ingen som er bygd enda, men kan være aktuelt for fjordkryssinger på 1,5 km – 2 km, i noen tilfeller også lengre bruer. Det er fire hovedtyper rørbruer som kan brukes ved kryssing av fjorden. Se figur 24.

Flytebru

For jernbane er flytebru utelukket på grunn av krav til stivhet.



Figur 24: Fire Hovedtyper rørbruer (SINTEF Byggforsk, 2010).

Undersjøisk tunnel

Dette er et godt alternativ for fjordkryssinger som er lange og som har grunne fjorder. På Vestlandet derimot er de fleste fjordene godt over 2-300 m dype. Den dypeste veitunnelen i verden er Eiksundtunnelen i Møre og Romsdal med sine 287 muh. Når i tillegg kravet til stigning på jernbanetraséen er 1,25 % betyr det at undersjøisk tunnel kan bli teknisk og økonomisk utfordrende å gjennomføre. Se eksempel i tabell 3. Dermed er undersjøiske tunneler utelukket siden man er nødt til å ha lav stignings-prosent ved høyhastighetsjernbane som også skal frakte gods.

Tabell 3: Eksempel på stigning for undersjøisk tunnel.

Dypeste punkt tunnel:	200 muh
Krav til maks stigning:	1,25 %
Høyde (moh) på hver side:	50 m
Netto stigning tunnel (hver side):	250 m
Lengde nødvendig for å stige opp 250 meter blir da:	20 km

Konklusjonen i forhold til fjordkryssinger og bruvalg er at man kan benytte både hengebru og rørbru. Ved bygging av rørbru kan det være en løsning å ferdigstille segment av rørbruen som kan settes sammen "on-site" og forankres fast i fjordbunnen med strekkstag eller vaier. Det er mulig å bygge hengebru med dobbeltspor for jernbane. Ved valg av hengebru har man en lengdebegrensning. En nøyaktig parameterverdi på denne begrensningen blir ikke gitt i denne rapporten, men kommer man over 3 km vil det koste mange mrd NOK. Kostnadsoverslag for bruene finnes i kapittel 3.6.2.

3.4.3 Vedlikeholdsproblematikk

Hvis ulykker eller feil oppstår, er det kritisk for jernbanens effektivitet at nedetiden blir så liten som mulig. For å oppnå effektivt vedlikehold, både med tanke på tid og kvalitet er det essensielt at traséen har relativt korte tunneler, få bruer og går langs bilveier. På denne måten kan personell og utstyr enkelt transporteres til de aktuelle stedene. Imidlertid vil en jernbanetrasé langs Vestlandskysten ha en stor andel tunneler og bruer slik det tidligere har framkommet av rapporten. Følgelig vil disse strekningene være særlig utfordrende, spesielt for akutte vedlikeholdstiltak.

Videre er det også nødvendig å tenke på materialer som blir brukt i både skinner og øvrige anlegg. God materialkvalitet er nødvendig for oppnå akseptabel levetid, samt unngå unødvendige feil og dermed redusere antall utrykninger. Signalanlegg og sporvekslere er de hyppigste årsakene til feil, derfor er det spesielt viktig at disse er lett synlig og tilgjengelig for vedlikeholdspersonell. Disse kriteriene gjelder hele året, men spesielt på vinterstid da feil har en større tendens til å forekomme.

Tidligere har ikke korrosjon vært et stort problem, siden skinner stort sett slites ned før korrosjon blir fremtredende. På en rett høyhastighetsbane vil slitasje være mindre relevant da det er få svinger. Til gjengjeld må korrosjon få økt fokus da skinner og befestigelser vil bli utsatt for et korrosivt miljø i form av sjøluft og sjøsprøyt. Dette gjelder spesielt i perioder med dårlig vær, noe som ikke er uvanlig for Vestlandsområdet. Tunnelåpninger nær fjord og sjø vil da være særlig utsatt og kan over tid utvikle lokal korrosjon som følge av fuktighetsansamlinger. Vannansamlinger på skinner vil også dras ut ved hver togpassering, noe som resulterer i dumper i skinnen. Videre vil dette føre til slag og økte belastninger ved senere togpasseringer som igjen fører til sprekker og skinnebrudd og dermed forkortet levetid. I dag har Jernbaneverket egne visitasjonsrutiner for skinner i fuktige tunneler for å forhindre slike situasjoner (Løhren, 2012).

De vanligste feilene gjelder imidlertid for signal- og sikringsanlegg. Sjøsprøyt kan også her være problematisk da det kan skape overslag i isolerte skjøter. Dette vil gi uregelmessigheter i toggangen, men er ellers ikke et sikkerhetsmessig problem. Jevnlig ettersyn, spesielt i perioder med dårlig vær, har vist seg å være et effektivt forebyggende tiltak. Foruten sjøsprøyt, kan stormer og (snø)ras ha store innvirkninger på anlegget. Det er derfor nødvendig å plassere disse så lite utsatt som mulig, men at det samtidig skal være lett synlig og tilgjengelig for vedlikeholdspersonell.

Tilgjengelighet og robusthet er dermed nøkkelfaktorer som må tas hensyn til ved planlegging av traséen. For en Vestlandstrasé er det særlig sjøsprøyt og korrosjon som vil være avgjørende.

3.5 Kostnader

Traséen mellom Trondheim – Bergen er lagt på et overordnet nivå. Før den endelige trasé bestemmes på detaljnivå må det foretas omfattende grunnundersøkelser. Politisk må det også være et samspill med lokalsamfunnene som blir berørt av høyhastighetsbanen. Her kan det fort bli kollisjoner hva ønsker og behov angår. På bakgrunn av dette er det stor usikkerhet knyttet til kostnadene for tunneler, bruer og åpen sporbane langs hele traséen da man ikke vet hvor stor andel av den totale trasélengde disse vil utgjøre. Det vil derfor i dette kapittelet forsøkes å gi en mer generell beskrivelse av de kostnader som følger av å bygge disse elementene. For tunneler vil det gis et kostnadsoverslag på sprengt tunnel. For bruer gis det kostnadsoverslag på mill NOK/km. Når det gjelder sporbane vil det presenteres kostnader i NOK/m for bane i tunnel, på bru og i dagen, samt kostnader for signalanlegg og kontaktledning.

3.5.1 Tunneler

Det presiseres innledningsvis at kostnadene vil variere avhengig av geologien, til tider ganske mye ved større og uventede problemer (svakhetssoner, svelleleire, vannproblemer m.m.)⁴. Tallene må derfor ses på som et rimelig snitt ved "normal" bergmassekvalitet uten større geologiske utfordringer. Det vil likevel gis en kort oversikt over kostnadsvariasjonen knyttet til tunneler ved god/dårlig borbarhet⁵ (se tabellene 4, 5, 8 og 9), i tillegg til de mer erfaringsbaserte tallene fra professor Bjørn Nilsen.

Ulike rapporter angående høyhastighets jernbane opererer med ulike tverrsnitt for tunneler. Det er tydelig, og forståelig, at dette ikke det viktigste temaet for om høyhastighet skal bygges eller ikke, og noen konklusjon på dette vil nok ikke komme med det første. I det følgende vil det derfor presenteres kostnader for ett- og toløps tunneler på henholdsvis 75 m² og 120 m² (Beitnes & Olsson, 2007).

Professor Bjørn Nilsen ga følgende overslag angående kostnader for sprengt tunnel – en syklus som inkluderer boring, sprengning, lasting og driftsrensk (Statens Vegvesen, 2010):

- 120 kr/m³ sprengt fjell.
- Et tunneltverrsnitt på 75 m² gir kostnader på ca. 10.000 NOK/m sprengt tunnel, mens et tverrsnitt på 120 m² vil koste 15.000 NOK/m.
- Inkludert sikring med bolter og sprøytbetong, kan man regne med en pris på rundt 20.000-30.000 NOK/m for middels bergmassekvalitet og 40.000-50.000 NOK/m ved dårlig bergmassekvalitet for tverrsnitt på 75 m². For 120 m² vil prisene ligge på henholdsvis 30.000-50.000 NOK/m og 60.000-80.000 NOK/m.

Videre kan det legges til at en høyhastighets jernbane vil kreve svært omfattende sikringstiltak i tunneler og toleransen for nedfall av stein som kan legge seg i sporet er lik null. Dette vil sannsynligvis representere en ytterligere kostnadsøkning.

Fra rapporten "2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELLING Costs" (Zare, 2006) er det funnet kostnader knyttet til syklusen boring, sprengning, lasting og rensk (Statens Vegvesen, 2010). I tabellene 4 - 9 er det tatt

⁴ Romeriksporten er mest kjent for de store vannproblemene under drivingen, men det var stedvis også stabilitetsproblemer som førte til tung sikring. Utbyggingen av Gardermobanen ble kostnadsberegnet til 4,6 mrd kroner, med en usikkerhet på +/- 20 prosent. Investeringene totalt ble på omlag 13 mrd kroner.

⁵ Bergmassens oppsprekning virker hovedsakelig på to måter med hensyn til borbarhet: 1) Sprekker kan resultere i fastboring. 2) Oppsprekning kan forårsake betydelig boravvik. Begge deler bidrar til økte kostnader.

med tverrsnitt på 75 m² og 120 m². I rapporten er det kun gitt tall for tverrsnitt opp til 120 m², men ved bygging av ett-løps tunnel kan tverrsnittet bli opp mot 130-140 m², og kostnadene må da ekstrapoleres. Det presiseres også at det må bygges mindre servicetunneler i forbindelse med den trafikkerte tunnelen, men dette tas ikke hensyn til ved beregningene under av hensyn til omfanget på prosjektet. Det forutsettes en borlengde på 5 m per sprengning og alle kostnader er justert i henhold til kostnadsindeksen for anleggsmaskiner (Nilsen, Prinsipp for kostnadsoverslag, 2009).

Borekostnader

Borekostnadene inkluderer borerigg og borstål.



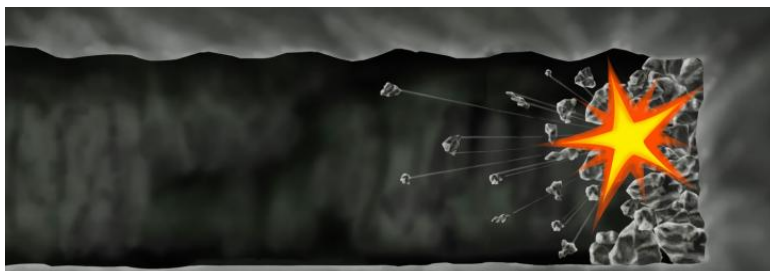
Figur 25: Del 1 syklus: Boring. Illustrasjon hentet fra (Statens Vegvesen, 2010).

Tabell 4: Borekostnader som funksjon av tverrsnittareal og borbarhet.

Tverrsnittareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)	
	Dårlig borbarhet	God borbarhet
75	2 650	1 575
120	3 550	2 080

Sprengstoffkostnader

ANFO (Ammonium Nitrate - Fuel Oil) er det mest brukte sprengstoffet i verden og det er derfor funnet kostnadene for bruk av denne type sprengstoff.



Figur 26: Del 2 syklus: sprengning. Illustrasjon hentet fra (Statens Vegvesen, 2010).

Tabell 5: Kostnader for sprengstoff (ANFO) som funksjon av tverrsnittareal og sprengbarhet.

Tverrsnittareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)	
	Dårlig sprengbarhet	God sprengbarhet
75	1 460	1 240
120	1 970	1 630

Kostnader lasting og transport

Zare (2006) gir lastekostnadene for hjullasteren Volvo L330E og gravemaskin. Gravemaskin kommer mest sannsynlig ikke til å brukes for slike prosjekter, og derfor vil kun kostnadene for hjullasteren tas med her.

Transportkostnadene gis bare for tunnallengder opp til 7 km. Tunnallengder over dette vil mest sannsynlig forekomme langs vår trasé, men i det følgende vil kostnadene for 7 km lange tunneler presenteres. Kostnadene øker med lengre transportveg, derfor vil kostnadene bli høyere enn presentert under.



Figur 27: Del 3 Syklus: Lasting og transport av sprengte masser. Illustrasjon hentet fra (Statens Vegvesen, 2010).

Tabell 6: Lastekostnader (Volvo l330e) som funksjon av tverrsnittareal.

Tverrsnittsareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)
75	560
120	870

Tabell 7: Transportkostnader for 7 km tunnel som funksjon av tverrsnittareal.

Tverrsnittsareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)
75	3 260
120	5 290

Kostnader for rensk

Etter boring, sprengning og transport av sprengte masser må hengen og veggene renskes for løs stein. Kostnadene for rensk vil øke med dårligere sprengbarhet (som gir mer oppsprukket fjell).



Figur 28: Del 4 Syklus: Rensk. Illustrasjon hentet fra (Statens Vegvesen, 2010).

Tabell 8: Kostnader for rensk som funksjon av tverrsnittareal og sprengbarhet.

Tverrsnittareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)	
	Dårlig sprengbarhet	God sprengbarhet
75	390	190
120	520	270

Totale kostnader

Totalt for alle fire delsyklusene vil kostnadene være som i tabell 9. Dette vil, som nevnt innledningsvis, ikke være representativt for den fulle og hele kostnaden for tunneldriving. Av hensyn til omfanget av oppgaven er presentasjonen av kostnadene begrenset til nevnte syklus.

Tabell 9: Totale kostnader for hele syklusen.

Tverrsnittareal (m ²)	KOSTNADER (NOK/m)	
	Dårlig sprengbarhet	God sprengbarhet
75	8 320	6 825
120	12 200	10 140

3.5.2 Bruer

Kostnadene for bruene er veldig grove overslag og er basert på kalkyler for hengebru med jernbane fra tabell 10 og fra rapporter for lignende jernbanebru. Basert på bruens lengde er satsene justert slik:

- Beregninger for bru med fritt spenn på 2-3 km er gjort med satsen 7 mrd NOK pr. km bru.
- Beregninger for bru med fritt spenn over 3 km er gjort med satsen 12 mrd NOK pr. km bru. Denne satsen er basert på tilsvarende bru-prosjekter, jamfør Messinabruen i Italia som er 3,3 km og koster 40 mrd NOK (Illustrert Vitenskap, 2011).

Tabell 10: Kalkyler for kostnadsnivå for hengebru med jernbane. Kilde: (Beitnes & Olsson, 2007).

Sted	Hovedspenn [km]	Kostnad [MRD NOK]
Samnanger	0,8	3
Langenuen	1,2	5
Hardangerfjorden ved Jondal	1,8	10

De estimerte brukostnadene er presentert i tabell 11.

Tabell 11: Kostnader for bruene langs traséen Trondheim – Bergen.

#	Navn	Fjorddybde [m]	Lengde [km]	Kostnad [MRD NOK]
Bru 1	Enganbrua	28	1,0	4
Bru 2	Halsabrua	513	2,2	15,4
Bru 3	Tingvoldbrua	350	1,2	5
Bru 4	Moldebrua	507	2,5	17,5
Bru 5	Midfjordbrua	281	3,5	42
Bru 6	Ålesundbrua	444	3,5	42
Bru 7	Voldabrua	570	2,8	19,6
Bru 8	Lotebrua	328	2,0	14
Bru 9	Sørstrandbrua	328	2,0	14
Bru 10	Sognefjordbrua	1270	4,1	49,2
Bru 11	Masfjordbrua	180	0,5	2
Bru 12	Bergenbrua	545	1,8	10
	Totalt	-	27,1	234,7

Kostnadsanslaget viser at det vil koste omtrent 235 mrd NOK for å bygge alle bruene langs traséen.

3.5.3 Sporbane

Tunneler og bruer er som nevnt tidligere fordyrende elementer i en jernbanetrasé og representerer store kostnader. I dette kapittelet presenteres det kostnader for dobbeltspor som baseres på innspill og dokumenter fra Alf Helge Løhren, sjefsingeniør i Jernbaneverket.

Jo høyere hastighet på en jernbane, desto stivere sporgeometri. Høyhastighet på Vestlandet vil da resultere i mer tunneler, bruer og fyllinger som gir økte kostnader. Mye av utstyret som overbygningskomponenter, kontaktledningsnett, signalanlegg og så videre vil noenlunde ligge på samme kostnadsnivå (Løhren, 2012). Kostnadene som presenteres i tabell 12 er fra prosjektet "E6 Trondheim – Steinkjer og Trønderbanen", et prosjekt som enda er i utredningsfasen. Det vil derfor presenteres kostnader som maks/min og sannsynlig.

Kostnadene forutsetter at alt bygges nytt. Forutsetningene for tallene er som følger:

- Alle kostnader er eksklusiv merverdiavgift, rigg, byggherrekostnader (som prosjektering, byggherreadministrasjon), og grunnverv (denne kostnaden må ikke undervurderes, kan være høy).
- Hastighet 160 km/t
- Nøyaktighet +/- 40 %
- Alle kostnader i NOK (2011)

Høyhastighetsbanen mellom Trondheim – Bergen utredes for en maks hastighet på 250 km/t. Det betyr at det maksimale kostnadsoverslaget i tabell 12 grovt vil være representativt for denne hastigheten (Løhren, 2012).

Tabell 12: Kostnadsoverslag for dobbeltspor. For høyhastighetsbane på 250 km/t vil det maksimale kostnadsoverslaget være representativt.

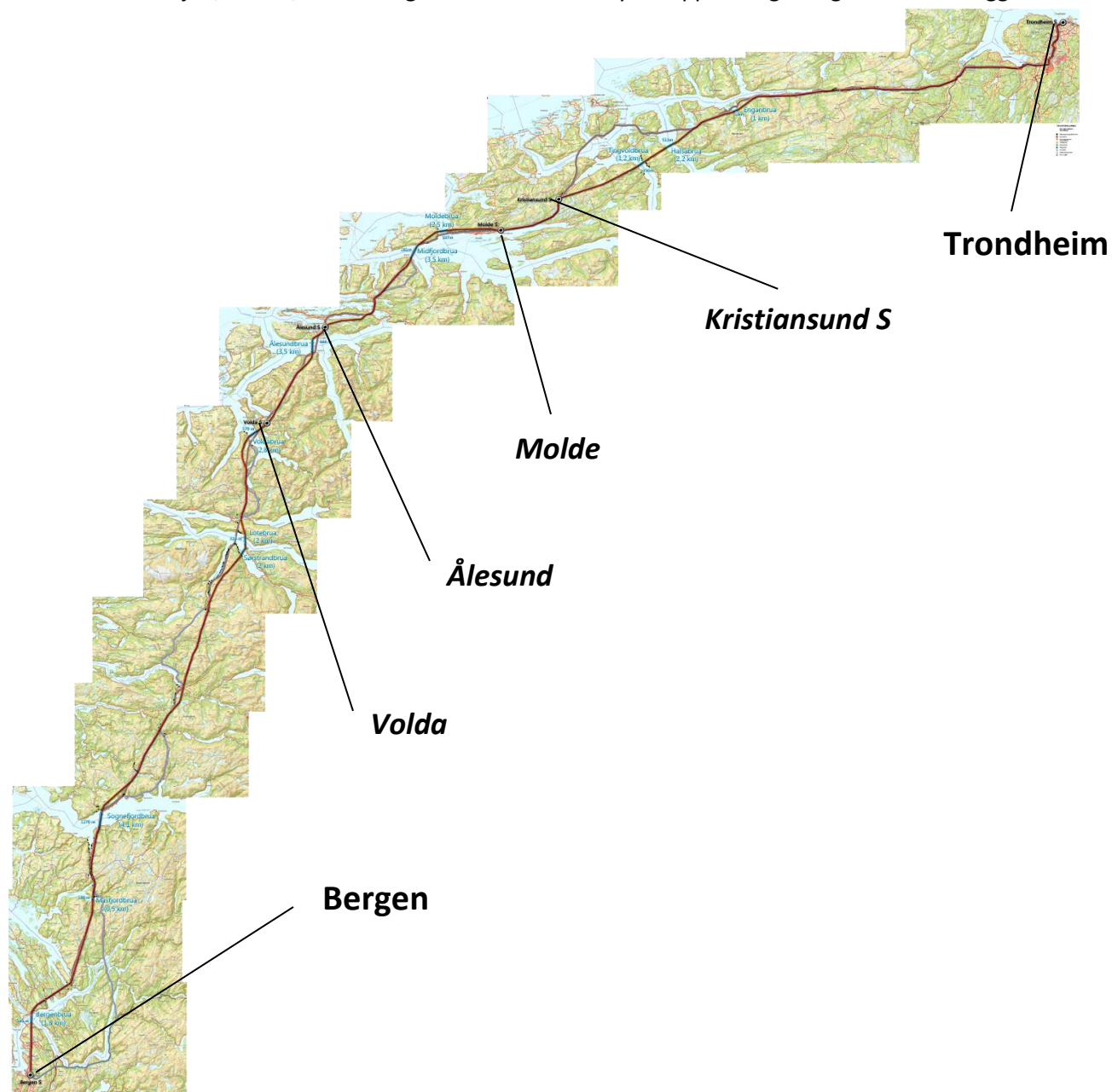
Element	KOSTNADER (NOK/m)		
	Min	Sannsynlig	Maks
Dobbeltspor i dagen	60 000	90 000	140 000
Dobbeltspor i tunnel	130 000	150 000	200 000
Jernbanebruer (< 40 m)	80 000	120 000	250 000
Jernbanebruer (> 40 m) ⁶	100 000	200 000	400 000
Overganger	30 000	70 000	120 000
Kontaktledning ⁷	5 000	8 000	15 000
Signalanlegg	2 500	3 500	7 000

⁶ Økte krav til estetikk på lengre bruer gir økte kostnader.

⁷ Inkludert banestrømforsyning og følgekostnader

3.6 Forslag til trasé.

I figur 29 er forslaget til trasé mellom Trondheim og Bergen illustrert, basert på hensyn til de tekniske løsningene og demografiske betraktninger beskrevet ovenfor. Traséen er omtrent 500 km lang og strekker seg hovedsakelig langs E39 og går gjennom fire fylker; Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland. I tillegg til Trondheim og Bergen er det valgt å foreslå stoppesteder ved Kristiansund Stasjon, Molde, Ålesund og Volda. Kart med høyere oppløsning er lagt til som vedlegg 1.



Figur 29: Traséforslag mellom Trondheim og Bergen inkludert de aktuelle stoppesteder.

I traséen er det valgt å legge Kristiansund Stasjon et stykke utenfor Kristiansund by. Dette resulterte i at det ble behov for to færre fjordkrysninger, samt at lengden på traséen og derav reisetiden ble redusert. Stoppestedene er valgt ut fra naturlig plassering av tettsted av betydelig størrelse. Det ble også benyttet en gravitasjonsmodell⁸ for å kartlegge nødvendigheten for stopp ved et tettsted. I denne prosessen ble Førde fjernet som aktuelt stoppested. Langs traséen ble det sett et behov for 12 bruer, som nevnt i forrige delkapittel.

3.8 Reisetid

3.8.1 Akselerasjon

For et høyhastighetstog er det vesentlig å vite hvor lang tid det tar før toget kommer opp i toppfart. Hvis man antar at toppfarten som høyhastighetstog ligger på er ca. 250 km/t, vil det etter omtrent 10 km nå toppfarten (Løhren, 2012). Videre kan man regne ut hvor lang tid dette tar ved å ta i bruk en gammel fysikkformel:

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v) \cdot \Delta t$$

Snur formelen med hensyn på Δt og setter inn :

$$\Delta t = \frac{2 \cdot s}{(v_0 + v)} = \frac{2 \cdot 10 \text{ km}}{(0 \text{ km/t} + 250 \text{ km/t})} = \frac{20 \text{ km}}{250 \text{ km/t}} = 0,08 \text{ timer} = 4 \text{ min og } 48 \text{ sek} \approx \mathbf{5 \text{ min}}$$

Det tar altså 5 minutter fra toget står i ro til det har nådd 250 km/t, og da har det kjørt 10 km.

3.8.2 Retardasjon

Det er også viktig å ta hensyn til tiden det tar å retardere (bremse). Med en toppfart på 250 km/t er det mye masse i bevegelse, og ifølge Løhren (Løhren, 2012) er lokføreren nødt til å bremse ca. 5 km før stasjonen. Her regnes det også ut hvor lang tid det tar å retardere, med samme metode som ovenfor:

$$\Delta t = \frac{2 \cdot s}{(v_0 + v)} = \frac{2 \cdot 5 \text{ km}}{(250 \text{ km/t} + 0 \text{ km/t})} = \frac{10 \text{ km}}{250 \text{ km/t}} = 0,04 \text{ timer} = 2 \text{ min og } 24 \text{ sek} \approx \mathbf{2,5 \text{ min}}$$

Det tar altså 2,5 minutter for toget å bremse helt ned fra 250 km/t, og da har det kjørt 5 km.

⁸ En gravitasjonsmodell illustrerer de makroskopiske relasjonene mellom steder (tettsteder og byer). Samspillet mellom to steder avtar med økende (avstand, tid og kostnader) mellom dem, men er positivt assosiert med mengden av aktivitet på hvert sted. Det å benytte seg av gravitasjonsmodell for å vurdere om hvorvidt et tog skal stoppe på de aktuelle tettstedene, ble presentert for vår jernbanelandsby av Jernbaneverket på et seminar på Stjørdaalen den 25. januar 2012. På bakgrunn av dette er det laget en gravitasjonsmodell i Microsoft Excel basert på innbyggertall for de ulike tettstedene.

3.8.3 Estimerte kjøretider mellom stasjonene i traséen

Kjøretiden mellom de ulike stasjonene i Vestlandstraséen har blitt estimert. Dette er for å gi en forsmak på hvor effektiv og punktlig denne jernbanen kan være. Trasélengden mellom hver stasjon har blitt målt, dette for å kunne beregne en ganske nøyaktig kjøretid, medregnet akselerasjon- og retardasjonstid. For hver trasélengde er det fratrukket 15 km som går bort i akselerasjon og retardasjon. Tiden disse 15 km tar er 7,2 min. Denne tiden legges til den tiden der toget ligger i toppfart. Herunder er det tatt med et eksempel på en slik utregning for traséen mellom Trondheim og Kristiansund. Deretter er resultatene for kjøretiden mellom hver trasé samlet inn i tabell 13 for et høyhastighetstog som har toppfart på henholdsvis 200 km/t og 250 km/t.

Eksempel på kjøretidsberegning mellom Trondheim og Kristiansund:

Trasélengde: 167km

$$167\text{km} - 15\text{km} = 152\text{km}$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{152\text{km}}{250\text{km/t}} = 36,5 \text{ min} + 7,2 \text{ min} = 43,7\text{min} \approx 44\text{min}$$

Kjøretid: **44min**

Tabell 13: Estimerte kjøretider mellom stasjonene i traséen.

Trasé	Trasélengde	Beregnet kjøretid for høyhastighetstog:	
		Med toppfart: 200 km/t	Med toppfart: 250 km/t
Trondheim S – Kristiansund S	167 km	53 min	44 min
Kristiansund S – Molde S	21 km	9 min	9 min
Molde S – Ålesund S	65 km	22 min	19 min
Ålesund S – Volda S	34 km	13 min	12 min
Volda S – Bergen S	212 km	66 min	55 min
Trondheim S – Bergen S	499 km	163 min 2 timer og 43 min	139 min 2 timer og 19 min

Trondheim S – Bergen S

Det beregnes 2-3 minutter stopptid for av- og påstigning på hver stasjon, og det oppnås da en total reisetid mellom Trondheim Stasjon – Bergen Stasjon på ca. 150 minutter (ved 250 km/t), og ca. 174 minutter (ved 200 km/t). Basert på dette er det laget en fiktiv rutetabell, se figur 30 på neste side.

Fiktiv rutetabell



Trondheim - Bergen

Holdeplass	Mandag - Fredag								
Trondheim S	0500	0600	0800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Kristiansund S	0545	0645	0845	1045	1245	1445	1645	1845	2045
Molde S	0555	0655	0855	1055	1255	1455	1655	1855	2055
Ålesund S	0617	0717	0917	1117	1317	1517	1717	1917	2117
Volda S	0630	0730	0930	1130	1330	1530	1730	1930	2130
Bergen S	0725	0825	1025	1225	1425	1625	1825	2025	2225



Bergen - Trondheim

Holdeplass	Mandag - Fredag								
Bergen S	0500	0600	0800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Volda S	0556	0656	0856	1056	1256	1456	1656	1856	2056
Ålesund S	0609	0709	0909	1109	1309	1509	1709	1909	2109
Molde S	0630	0730	0930	1130	1330	1530	1730	1930	2130
Kristiansund S	0640	0740	0940	1140	1340	1540	1740	1940	2140
Trondheim S	0724	0824	1024	1224	1424	1624	1824	2024	2224

Figur 30: Fiktiv rutetabell for høyhastighetstog (250 km/t) mellom Trondheim og Bergen.

De estimerte reisetidene – relatert til dagens alternative reisemåter

Med en snitthastighet på 250 km/t tar det omtrent 2,5 time å ta seg fra Trondheim til Bergen med tog (se figur 30). Samme strekning kjøres med bil på 11 timer (tabell 13), og med buss på 18 timer (m/bytte i Ålesund) (NOR-WAY Bussekspress AS, 2011). Toget bruker i dag 15 timer med togbytte på Oslo S (NSB, 2012). En flyreise tar én time med SAS (SAS, 2012). I tillegg kommer reisen ut til flyplassen, 45 min med buss (Flybussen, 2012) og 33 min med bil (Norgestaxi, 2012), innsjekking og sikkerhetskontroll (omtrent 40 min), transport fra Bergen lufthavn til sentrum med Flybussen (23 min) og ekstra tid hvis bagasje har blitt innsjekket. Den totale tiden blir da (grove antakelser):

33 min (fra sentrum til flyplass) +
 40 min (sikkerhetskontroll & innsjekking) +
 60 min (flytid) +
 15 min (tid fra fly til transportmiddel) +
 23 min (transport fra flyplass til sentrum) =
171 minutt = 3 timer

Tabell 13: Kjøretid med bil mellom byene.

	Trondheim	Kristiansund	Molde	Ålesund	Volda	Bergen
Trondheim	-	03:05	03:28	04:47	06:09	10:56
Kristiansund	03:05	-	01:16	02:35	03:57	08:26
Molde	03:28	01:16	-	01:56	03:18	07:47
Ålesund	04:47	02:35	01:56	-	01:50	06:34
Volda	06:09	03:57	03:18	01:50	-	04:44
Bergen	10:56	08:26	07:47	06:34	04:44	-

Tabell 14: Tidstabell Norwegian, tallet i parentes angir daglige avganger.

Direkte fly				
	Bergen		Trondheim	
Trondheim	1 h (3)		-	
Bergen	-		1 h (3)	
Reise med flybytte				
	Bergen	Ålesund	Molde	Trondheim
Trondheim	2:20-3:15 h (7)	3:05-9:55 (10)	2:30-7:50 (10)	-
Bergen	-	3:05-10:35 (10)	2:30-8:15 (10)	2:20-3:10 h (7)
Ålesund	2:25-8:45 (10)	-	-	2:50-10:15 (10)
Molde	2:40-8:10 (10)	-	-	2:40-8:40 (10)

Reise med flybytte i Oslo viser den korteste tiden og det lengste alternativet på samme dag.

Tabell 15: Reisetider med SAS.

Direkte					
	Bergen	Trondheim	Ålesund	Kristiansund	Molde
Trondheim	1:00 (6)	-	0:40 (2)	0:37 (2)	-
Bergen	-	1 h (8)	0:45 (3)	0:55-1:00 (4)	0:50-0:55 (3)
Ålesund	0:45 (3)	0:40 (2)	-	-	-
Kristiansund	1:00-1:05 (4)	0:38 (2)	-	-	0:25 (1)
Molde	0:55-1:00 (3)	-	-	0:25 (1)	-

Tabell 16: Mellomlanding eller flybytte.

Mellomlanding eller flybytte						
	Bergen	Trondheim	Ålesund	Molde	Kristiansund	Volda
Trondheim	1:45 (2) Ålesund; 2:15-2:40 (5) Oslo	-	2:10-3:05 (6)	2:20-3:00 (4)	2:35-3:35 (6)	-
Bergen	-	1:45 (2) Ålesund; 2:15- 2:30 (6) Oslo	2:20-3:40 (8)	1:40-5:40 (9)	2:02-3:37 (8)	1:32-6:23 (6)
Ålesund	2:30-3:45 (7)	2:25-2:50 (6)	-	-	-	-
Molde	1:45-5:10 (8)	2:50-3:40 (5) (6?)	-	-	3:30-9:05 (4)	-
Kristiansund	1:40-3:25 (8)	2:20-3:20 (6)	-	2:25-8:00 (6)	-	-
Volda	2:31-7:00 (10)	-	-	-	-	-

4 Diskusjon

Et prosjekt av typen som er tatt for seg i denne rapporten vil selvfølgelig være preget av mange utfordringer. Det finnes ikke sammenlignbare prosjekter i moderne tid når vi snakker om omfang, kostnader og teknologiske løsninger. Likevel er det viktig å vurdere fremtidsrettede og ambisiøse prosjekter. Under byggingen av Bergensbanen på slutten av 1800-tallet tilsvarte kostnadene omtrent et statsbudsjett. Dette forteller at det har vært gjennomført prosjekter av lignende størrelsesorden i Norge før.

Først og fremst er det viktig å påpeke at det er knyttet stor usikkerhet til analysen. Den består av mange elementer, som hver for seg krever mye mer detaljerte og omfattende undersøkelser ved eventuelt fremtidig arbeid. Omfanget av problemstillingen er stor, og på grunn av tid og ressurser har arbeidet blitt gjort på et overordnet nivå.

En ny jernbanetrasé fra Bergen til Trondheim er naturlig å se i sammenheng med det eksisterende utredningsprosjekt om fergefri forbindelse på E39 mellom Trondheim og Kristiansand. Den tenkte traséen vil i hovedsak følge E39, der hvor det lar seg gjøre ut ifra landskapet, og i forhold til planlagte stoppesteder. Det vil helt klart være en fordel å bygge jernbanen parallelt med europavegen, da det gjør tilkomsten ved bygging, vedlikehold og ved eventuelle ulykker mye bedre. Utredningen om ny E39 tar for seg mange av utfordringene som også jernbanetraséen vil møte på. Det vil være viktig å ta med seg den kunnskapen som allerede finnes om fjordkrysninger, tunneler, berg- og rasforhold. Et nært samarbeid med E39-prosjektet vil derfor ligge helt naturlig for seg.

Høyhastighetsbane og miljøvennlig utbygging er en del av dagens moderne samfunn. Vestlandet er en region i Norge som mangler en sentral jernbanelinje, og sett fra et samferdselsperspektiv har regionen en vesentlig manglende brikke. En ny jernbanetrasé vil kunne gi mange positive innvirkninger, hvor man først og fremst får en ny gren som knytter regionen sammen. For eksempel vil en reise fra Ålesund til Kristiansund kunne gjøres på kort tid, hvor man ellers i dag er hindret med snirklede veier og mange ferjeturer. Men det er viktig å ha klart for seg at denne analysen tar for seg et høyhastighetstog, hvor antall stoppesteder er få, og hvor reisetiden mellom Bergen og Trondheim skal kunne konkurrere med fly. Det er med andre ord ikke snakk om noe form for lokaltog. For lokalsamfunn vil en slik ny jernbane ha begrenset med innflytelse, da man sannsynligvis vil bo et stykke unna et stoppested.

Det er landsdelen sett under ett som vil kunne oppleve de store positive ringvirkningene. Næringslivet vil ha nytte av en jernbane hvor godstransport og handel får et ekstra bein å gå på. De mer sentrale strøkene og byene vil vokse i antall innbyggere, noe som gjør at en høyhastighetsbane vil være veldig positivt. Dette vil også gjøre det enklere med arbeidsreiser og pendling, ved at man kan kombinere jobb i byene med bolig i utkantstrøk.

På Vestlandet finnes det et sterkt næringsliv og stor industri, spesielt innen fiskeoppdrett, skipsindustri og møbelproduksjon. Godstransporten vil være en veldig viktig brikke ved etablering av en ny jernbane fra Bergen til Trondheim. Siden jernbanetransport ikke er et alternativ for bedrifter i denne regionen, vil det være vanskelig å si noe eksakt om næringslivets motivasjon til overføring av gods til bane. Som tidligere nevnt i denne rapporten er det kartlagt et overføringspotensiale sett nasjonen under ett. Med

et stadig fokus på miljø, og ved konkurransedyktig utvikling på framføringstid, vil det også være et overføringspotensial for godstransport i vestlandsregionen. Den største utfordringen ligger i den begrensede godsmengden som faktisk fraktes i denne delen av landet i dag. Som oftest vil det være mer lønnsomt å sende godstogene via Oslo for å fylle opp vognene. På den andre siden vil dette kunne løse seg selv, ved at tilrettelegging for jernbane i denne korridoren vil gi en vekst i industrien. Dette vil gi en økning i produksjonen, som igjen gir et større behov for frakt av gods på jernbanen.

Det er de tekniske løsningene som utvilsomt vil gi de største utfordringene ved prosjektet. Bygging av jernbane i utfordrende terreng er ikke en ukjent sak i Norge, men tilpasning til landskapet på Vestlandet skiller seg spesielt ut. Kombinasjonen av høye fjell og dype fjorder, og en stiv jernbanelinje med store begrensninger til vertikal- og horisontalkurvatur, gjør at man må føre teknologien et steg videre. Først og fremst møter man på problemer når det gjelder bruer og fjordkryssinger. Her er det per dags dato ikke konkrete løsninger på hvordan man skal håndtere de store lengdene, høyder for båttrafikk og fundamentering til bunn/terreng. Likevel er det en spennende mulighet til å kunne videreutvikle teknologien. Ser man på framveksten av oljeindustrien som nærmest eksploderte i Norge etter 60-tallet, vokste det fram ny teknologi i takt med de utfordringene man møtte. Det samme kan man tenke om problemene som jernbanetraséen står ovenfor. Det vil kunne gi grobunn for spennende forskning på nye brukonsepter, videreutvikling av tunneler og mye mer som et slikt prosjekt vil dra med seg.

Det spørsmålet som alltid stilles ved større samferdselsprosjekter, er i hvilken grad prosjektet er lønnsomt. Lønnsomheten er avhengig av hvordan man definerer begrepet, og hvilke elementer man skal legge mest vekt på. Det er likevel ingen tvil om at en etablering av ny jernbane fra Bergen til Trondheim vil være svært kostbart. Store utfordringer med fjordkryssinger og tunnelløsninger, utvikling av ny teknologi og fremtidig vedlikehold vil gi store utgifter. I tillegg er det veldig vanskelig å sette dette i et tidsperspektiv, og hvor langt tid man eventuelt kommer til å bruke på et slikt prosjekt.

På en annen side er det viktig at grunnlaget for den aktuelle traséen vurderes. I dag mangler ryggraden i Norges jernbanenettverk to viktige deler. I nord strekker banen seg kun til Bodø, mens Vestlandet mangler den aktuelle traséen omtalt i denne rapporten. Det er viktig å vite at en jernbanelinje ikke bare forsørger behovet i sitt respektive område, men at det gir en forbedring til hele nettverket. Ved driftsstans på eksisterende linjer vil den nye traséen være en viktig omkjøringsmulighet. Den vil i hovedsak være med på å gjøre landets jernbanenett mer robust.

Det er knyttet store økonomiske og tekniske utfordringer til en ny trasé mellom Bergen og Trondheim. Likevel vil en slik trasé kunne gi grunnlag for regional økonomisk utvikling. Bedrifter kan ta nytte av en jernbanelinje hvor gods med en miljøgevinst kan overføres fra veg til bane. Forskning og teknologi må utvikles, samtidig som utbygging vil sysselsette veldig mange mennesker. En slik positiv gevinst er det ikke mulig å sette prislapp på, og det er derfor viktig at man gir mulighet til videre planlegging av et såpass stort prosjekt.

5 Konklusjon

Det denne utredningen viser er at det ligger mange utfordringer i å bygge denne traséen. Dette er ikke den første linje man burde bygge, selv om det kan vise seg å være veldig samfunnsnyttig. I framtiden kan dette bli aktuelt, men det er andre deler av landet som først bør rustes opp og få høyhastighetstog før denne traséen. Dette kan være en veldig interessant linje sett i et langt tidsperspektiv, forutsatt at dagens høyhastighetsplaner blir realisert. Dette prosjektet kan få mange positive innvirkninger i samfunnet hvis den blir bygget.

Hvis traséen eventuelt skulle bli bygd er det kanskje best å først fokusere på utbygging av enkelte delstrekninger. Siden store deler av befolkningen er lokalisert i Møre, kan det bygges en linje fra Trondheim til Ålesund som kobler seg på den allerede eksisterende linjen til Åndalsnes.

Dagens jernbanenettverk er sårbart og ofte utsatt for ras og annen driftsstans. I Norge i dag er det såpass få eksisterende linjer, og en ny jernbanetrasé langs Vestlandskysten vil øke robustheten i jernbanesektoren i form av et nytt omkjøringsalternativ.

Det er veldig store utfordringer knyttet til teknologiske løsninger og kostnader. Ikke minst må det være en politisk vilje til å gjennomføre et såpass stort prosjekt som dette er. Det er helt klart at det mangler en jernbane på Vestlandet, og at denne delen av landet i framtiden bør få styrket transporttilbudet. Ved å bygge denne traséen vil man mest sannsynlig få en økt regional vekst, både befolknings- og næringslivsmessig.

Når det gjelder kostnader og tidsperspektiv, må det gjøres grundigere og mer detaljerte analyser for å kunne fastsette dette.

6 Forslag til videre arbeid

I denne rapporten ble det tatt utgangspunkt i en forenklet trase, det overordnede rundt gods- og persontransport og utfordringer knyttet til geologien. For videre arbeid må traseen bestemmes i detalj. Noen av de viktigste punktene man må ta hensyn til her er:

- Skredfareområder
- Tilpasning til topografiske og geologiske forhold
- Samarbeid med kommuner og fylker
- Mulighet for dobbeltspor
- Tekniske løsninger

Med tanke på skredfare burde det gjøres befaringer langs hele strekningen for å undersøke stabiliteten i risikoområder. I disse områdene må det da eksempelvis bestemmes om man skal bygge tunnel eller lage rassikring i skråninger eller dalfører.

Utfordringene i forhold til å få lagt traséen slik at den kommer i minst mulig konflikt med terrenget er store. Den stive sporgeometrien og krav til stigning vil også gi mindre fleksibilitet med hensyn til justeringer. Vestlandet, med sine høye fjell og dype fjorder, fører til et veldig begrenset areal som er flatt og rettlinjert nok til en høyhastighetsbane. Som et resultat av dette må tunneler bygges, i noen tilfeller over forholdsvis lange strekninger. Det vil kreve omfattende grunnundersøkelser av berggrunnen for å kunne avklare egnede og uegnede tunneltraséer. Videre er det ønskelig å minimere skjæringer og fyllinger da dette vil oppleves som sår i terrenget. Dette vil kreve ytterligere planlegging. Videre må det vurderes om de lange tunnelene skal drives ved konvensjonell metode (sprengning) eller ved bruk av TBM (Tunnel Boring Machine) sett i et kostnadsperspektiv.

Samarbeid med kommunene og fylkene langs strekningen er mest viktig med tanke på det politiske aspektet ved å bygge en jernbane med få holdeplasser. Noen kommuner vil kanskje argumentere for å ha holdeplass i deres område da traséen uansett går gjennom. Dette fordi de mener det kan føre til en styrket regional vekst og sammenknytning.

Selv om det i rapporten har blitt tatt utgangspunkt i dobbeltspor hele veien, kan dette bli vel dyrt. Det må vurderes om det skal være dobbeltspor på hele eller deler av strekningen. Dette vil uansett føre til en kapasitetsøkning i motsetning til å ha kun enkeltspor.

Når det gjelder tekniske løsninger må det ses mer detaljert på de enkelte fjordkrysningene. Det må vurderes i hvilken grad dagens teknologi strekker til, og om det må utvikles nye og bedre brualternativer for fjordkrysning med jernbane. Siden det i denne rapporten bare er utredet valg av trasé fra et vedlikeholdsperspektiv, blir det viktig å se videre på traséplassering i forhold til drifts- og vinterproblematikk. Hva vinterproblematikk angår, må det velges robuste sporvekslere og riktig materialtype i skinner og annet teknisk utstyr.

7 Kilder

- Alnes, Lein, & Arnesen. (2009). *Skandinaviakrysset*. Lillehammer: Østlandsforskning.
- Analyse og strategi AS. (2011). *Regionale virkninger av intercityforbindelse mellom Bergen- Stord - Haugesund- Stavanger*. Multiconsult.
- Atkins. (2012, January 25). *Norway High Speed Rail Assessment Study: Phase III*. Hentet fra www.jernbaneverket.no.
- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen. (2012). *Forslag til nasjonal transportplan 2014-2023*. Oslo.
- Beitnes, A., & Olsson, R. (2007). *Høyhastighets jernbane i norsk terreng*.
- Flybussen. (2012). *Flybussen*. Hentet 2012 fra Flybussen: <http://www.flybussen.no/>
- Hovi, & Grøndland. (2012). *TØI-rapport 1195 - Godstransport i korridorer: Egenskaper og virkemidler for overføring av gods*. Oslo.
- Illustrert Vitenskap. (2011). Hengebru med fritt spenn på 3300 meter. *Illustrert Vitenskap*(8), 30-35.
- Jernbaneverket. (2011). *KVU Trondheim - Steinkjer*. Hentet Mars 2012 fra http://www.vegvesen.no/_attachment/225989/binary/425994
- Jernbaneverket. (2011). Slik fungerer jernbanen. 43.
- Jernbaneverket. (2011, Februar 6). *Underbygning/Prosjektering og bygging/Setninger*. Hentet fra https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Setninger.
- Kartverket. (u.d.). *Statkart*. Hentet Mars 2012 fra Norgeskart: <http://kart.statkart.no/>
- Lindahl, M. (2001). *Track geometry for high-speed railways*. Hentet fra <http://www.europakorridoren.se/>.
- Løhren, A. H. (2012, Mars). Retardasjons- og akselerasjonstider, vedlikeholdsproblematikk. (T. X. Nguyen, Intervjuer)
- Løset, F. (2006). Norges Tunnelgeologi. 1-27, 69-73, 96-98.
- NGI. (2012). *Bygging i kvikkleireområder*. Hentet fra www.nve.no/PageFiles/3743/Veiledning_A.pdf.
- NGU. (2012). *Kart og data*. Hentet fra <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/>
- Nilsen, B. (2009). Prinsipp for kostnadsoverslag. *Ingeniørgeologisk prosjektering*.
- Nilsen, B. (2012, April). Erfaringsbasert kostnadsoverslag sprengt tunnel. (J. Strømsvåg, Intervjuer)
- Nilsen, B., & Broch, E. (2009). *Ingeniørgeologi-Berg Grunnkurskompendium*.

- Norgestaxi. (2012). *Norgestaxi*. Hentet 2012 fra Norgestaxi: <http://www.norgestaxi.no/>
- Norsk Bane. (u.d.). Hentet April 2012 fra www.norskbane.no
- NOR-WAY Bussekspress AS. (2011). *NOR-WAY Bussekspress*. Hentet 2012 fra NOR-WAY Bussekspress Rutetabell: <http://www.nor-way.no/>
- NSB. (2012). *NSBs reisekalkulator*. Hentet April 2012 fra NSB: www.nsb.no
- Palmstrøm, A., Nilsen, B., Pedersen, K. B., & Grundt, L. (2003). *Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg. Publikasjon nr. 101. Statens Vegvesen*.
- Posten Norge AS. (2012, April 17). *Hjemmeside Posten Norge*. Hentet April Tirsdag, 2012 fra <http://www.postennorge.no/samfunnsansvar/miljo/resultater>
- Rom, A. H. (2012, Mars). Hovedutfordringer høyhastighets jernbane på Vestlandet. (J. Strømsvåg, Intervjuer)
- SAS. (2012). SAS. Hentet 2012 fra SAS: www.sas.no
- SINTEF Byggforsk. (2010). *Trondheimsfjorden - Kryssing med fjelltunell og rørbru/flytebru*. Trondheim.
- SSB. (2011, Juni 16). *Befolkningsframskrivninger. Nasjonale og regionale tall, 2011-2060*. Hentet Mars 2012 fra <http://www.ssb.no/emner/02/03/folkfram/>
- SSB. (2012). *Statistikkbanken*. Hentet fra 08507: Lufttransport. Passasjerer, etter lufthavn, trafikktype og innenlands-/utenlandsflygninger (2009M01-2011M12): http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04780
- Statens Vegvesen. (2010, Juni). *Slik bygges tunnelen*. Hentet April 2012 fra http://www.vegvesen.no/_attachment/162259/binary/305339
- Statens Vegvesen. (2011). *Mulighetsstudie - Kryssing av Sognefjorden*. Region Vest: Prosjektavdelingen.
- Tordhol, K. A. (2012, Mars 22). Godstransport på jernbanen. (H. G. Johannessen, Intervjuer)
- Zare, S. (2006). *2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELING Costs*. NTNU Department of Civil and Transport Engineering.

8 Vedlegg

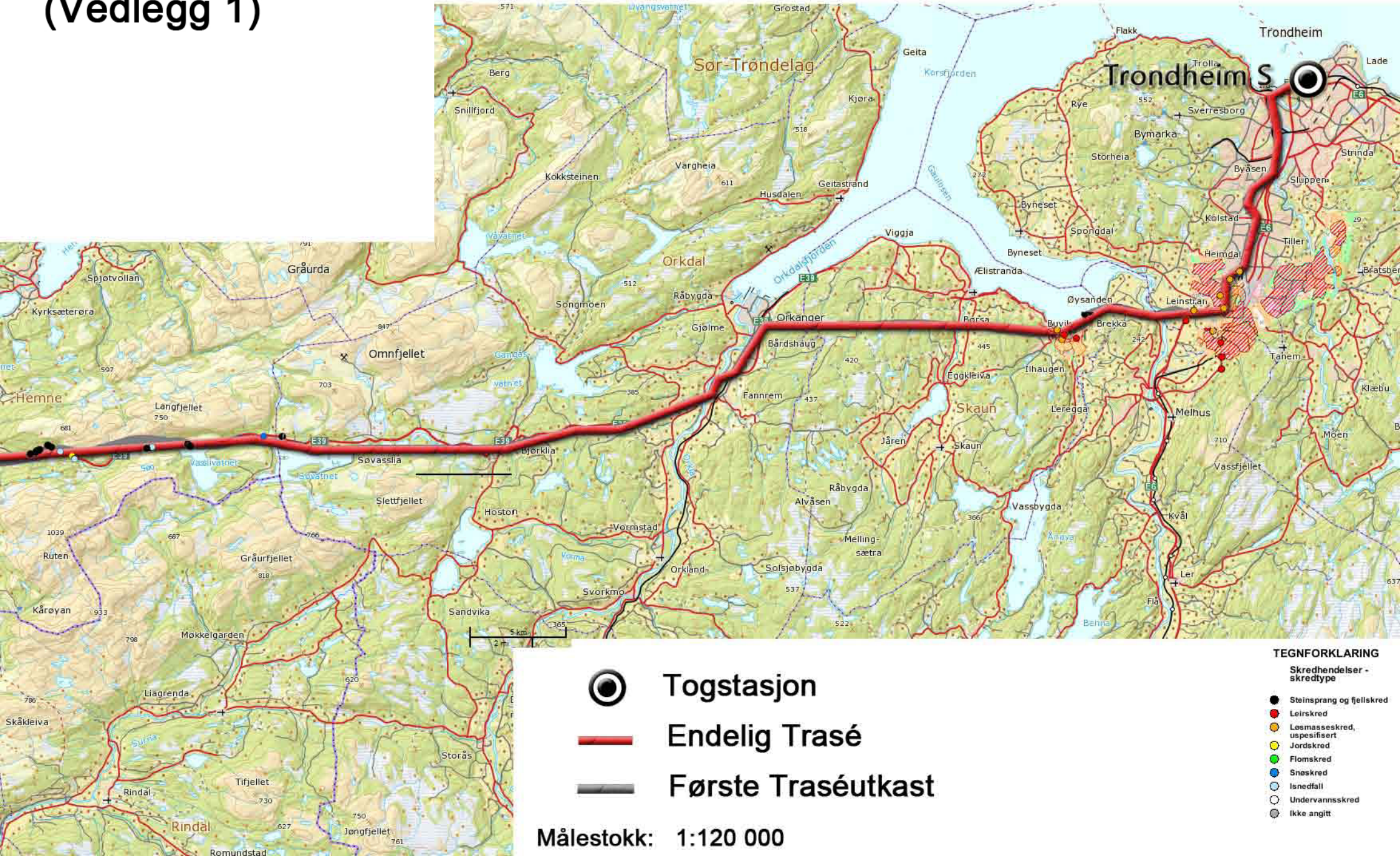
Vedlegg 1 – Trasé i målestokk 1:120 000

Vedlegg 2 – Flypassasjerantall mellom byene

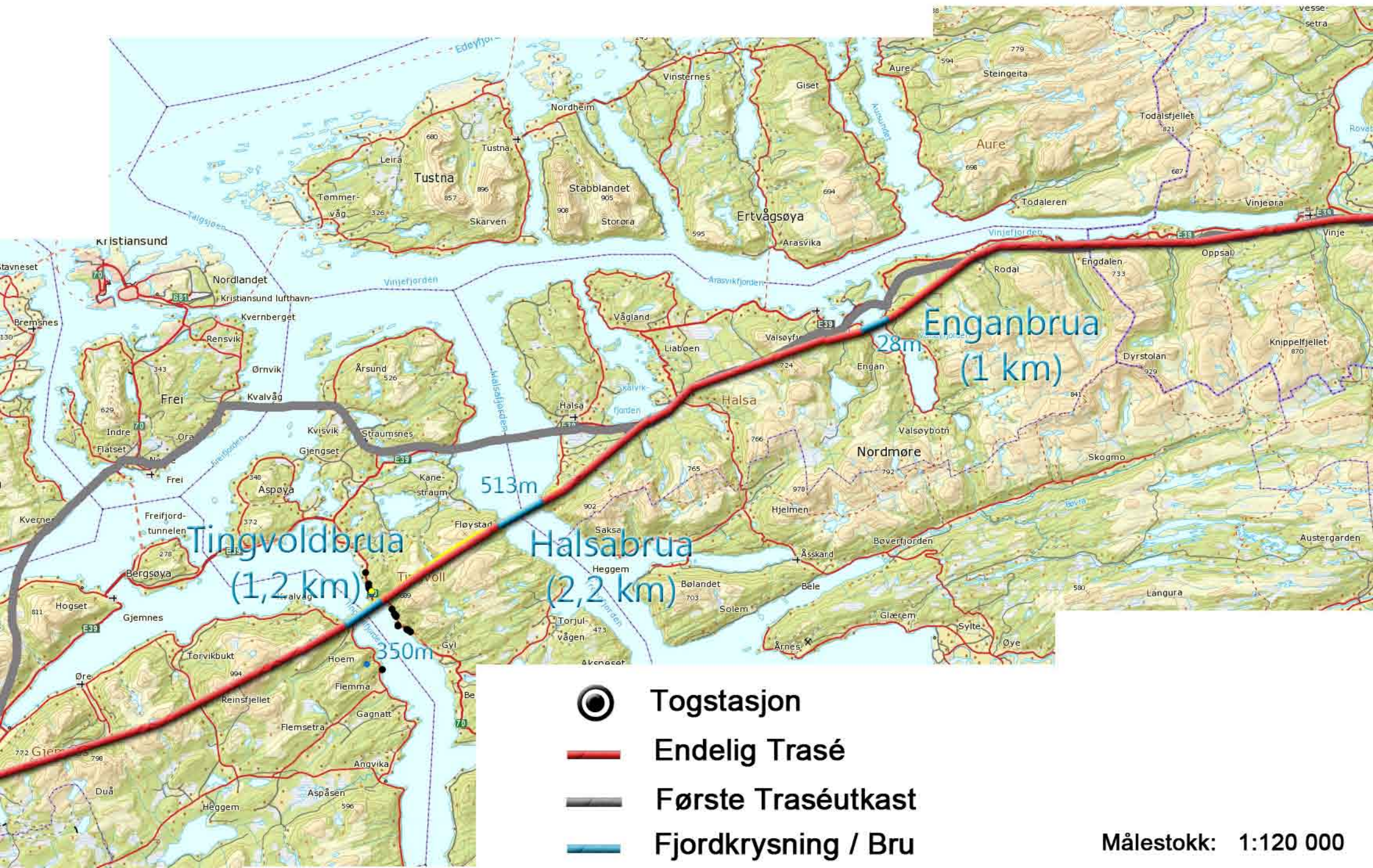
Vedlegg 3 – Fjordkrysninger i høydeprofil

Trasé for høyhastighetstog mellom Trondheim og Bergen

(Vedlegg 1)



Trasé for høyhastighetstog mellom Trondheim og Bergen



Trasé for høyhastighetstog mellom Trondheim og Bergen

-  Togstasjon
-  Endelig Trasé
-  Første Traséutkast
-  Fjordkrysning / Bru



Målestokk: 1:120 000



Ålesund S

Ålesundbrua
(3,5 km)
444 m

Volda S
570 m

Voldabrua
(2,8 km)

Lotebrua
(2 km)
328 m

Sørstrandbrua
(2 km)

-  Togstasjon
-  Endelig Trasé
-  Første Traséutkast
-  Fjordkrysning / Bru

Målestokk 1:120 000



Togstasjon



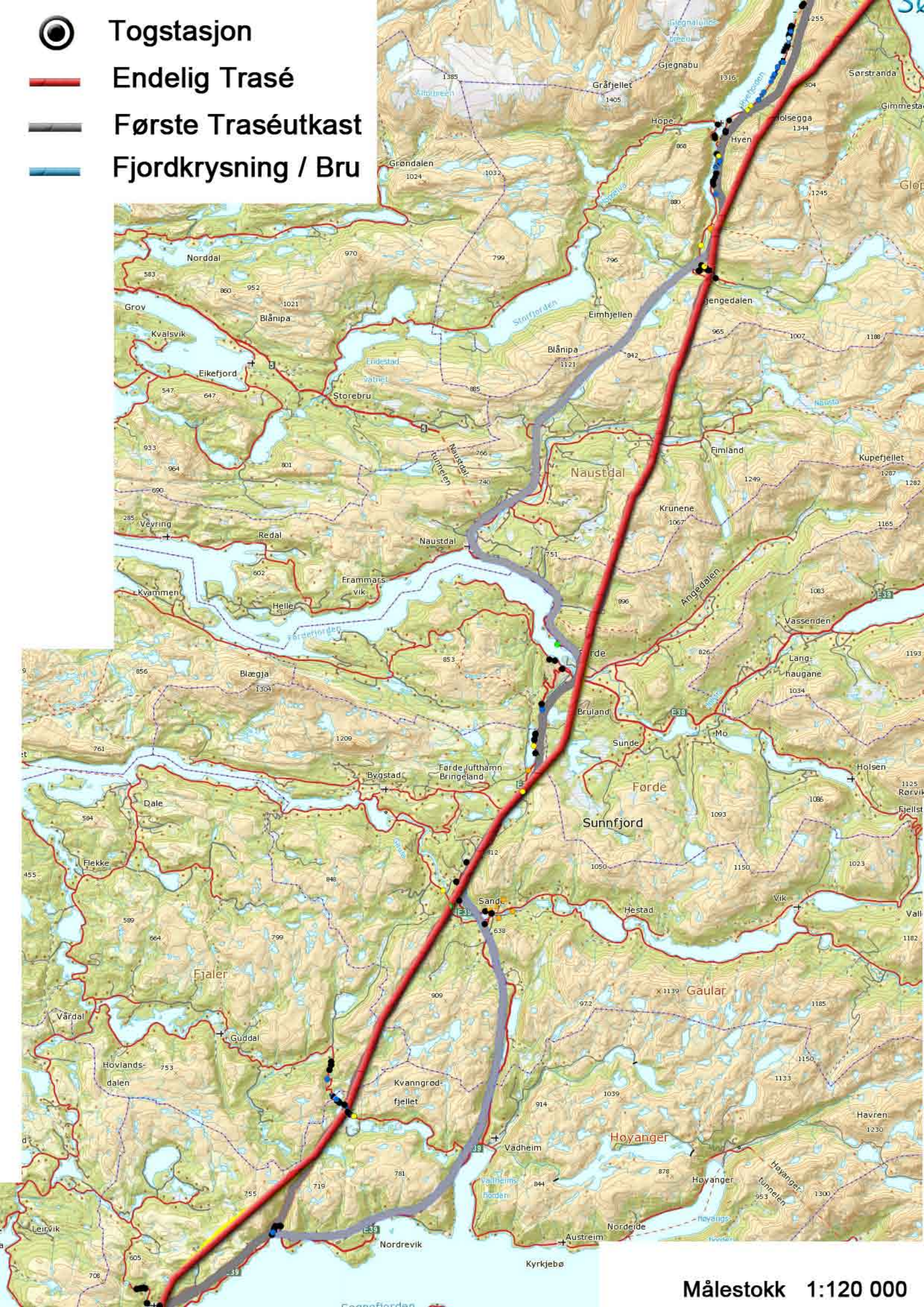
Endelig Trasé



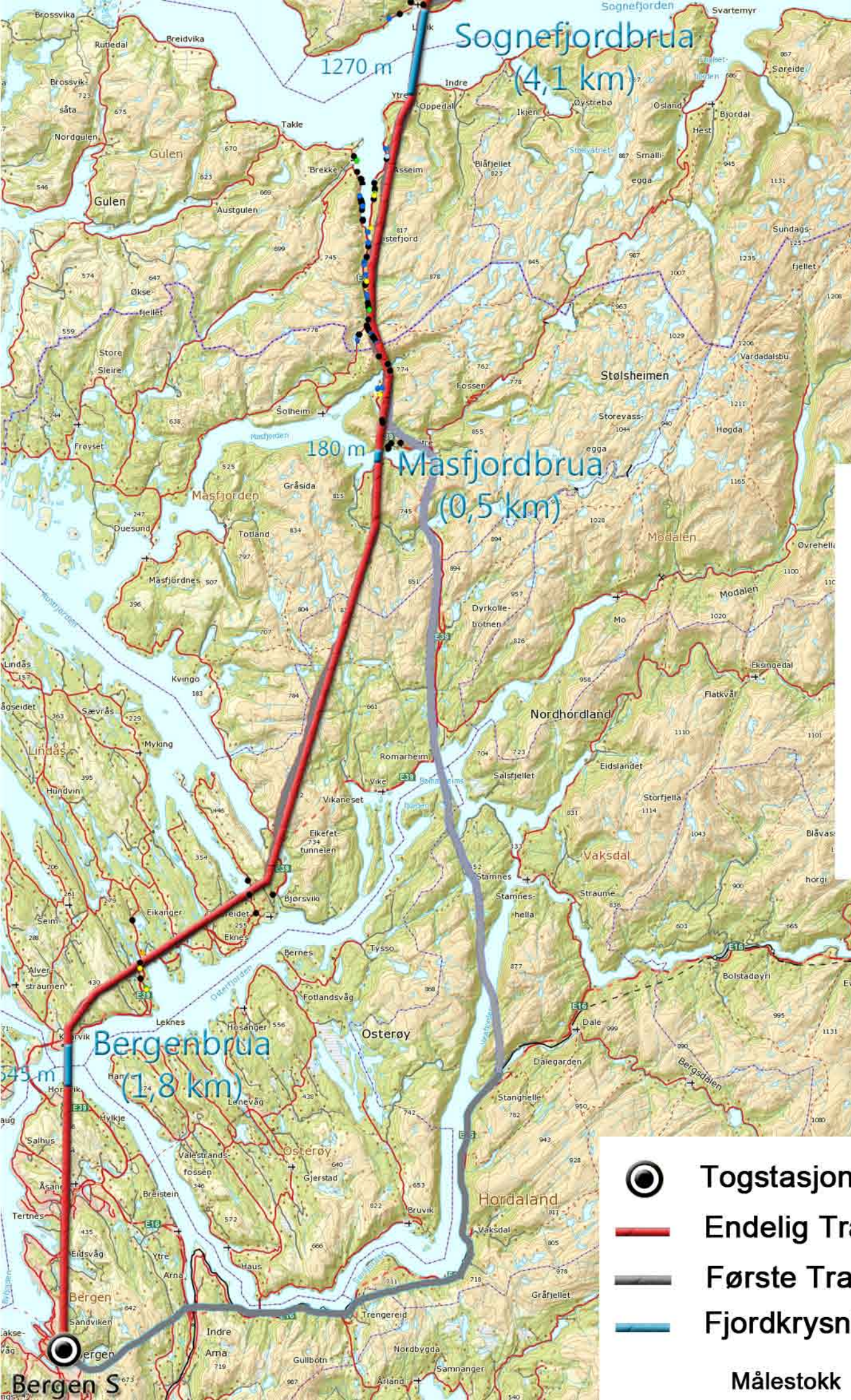
Første Traséutkast



Fjordkryssning / Bru



Målestokk 1:120 000



Sognefjordbrua
(4,1 km)

1270 m

Masfjordbrua
(0,5 km)

180 m

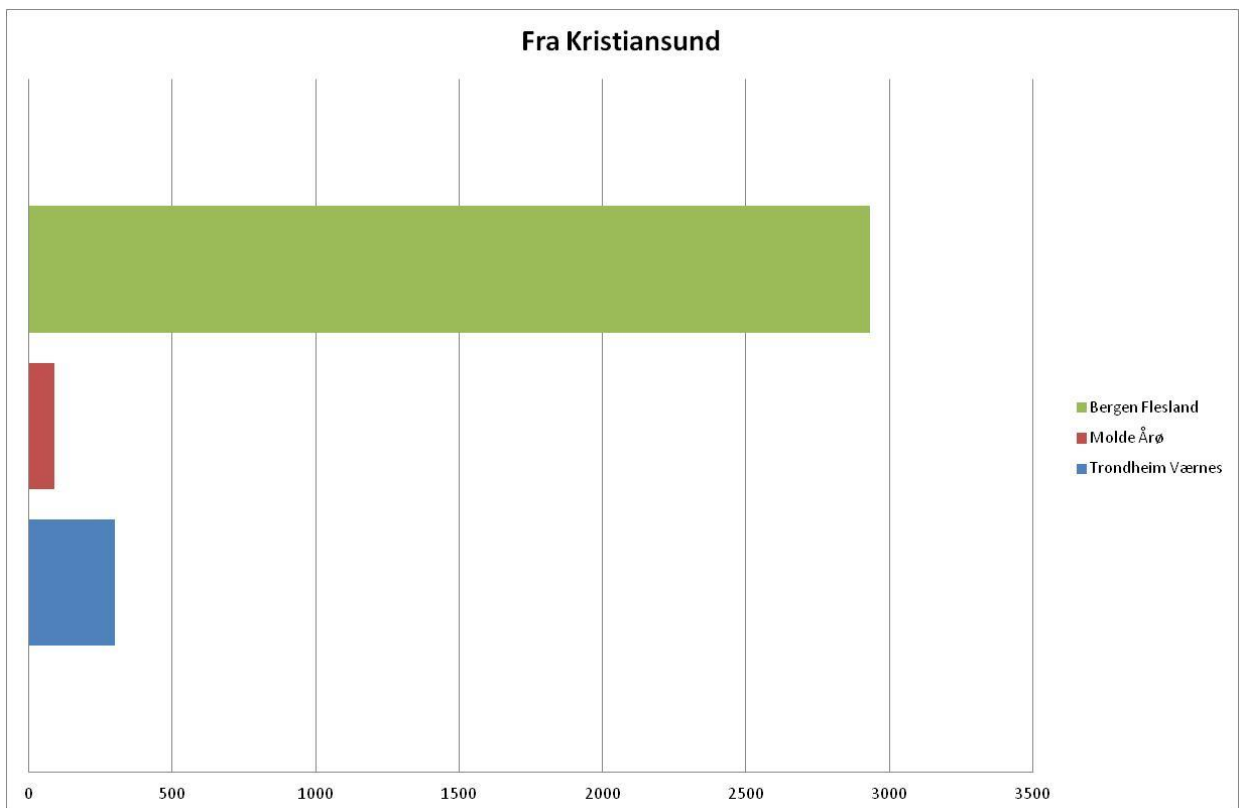
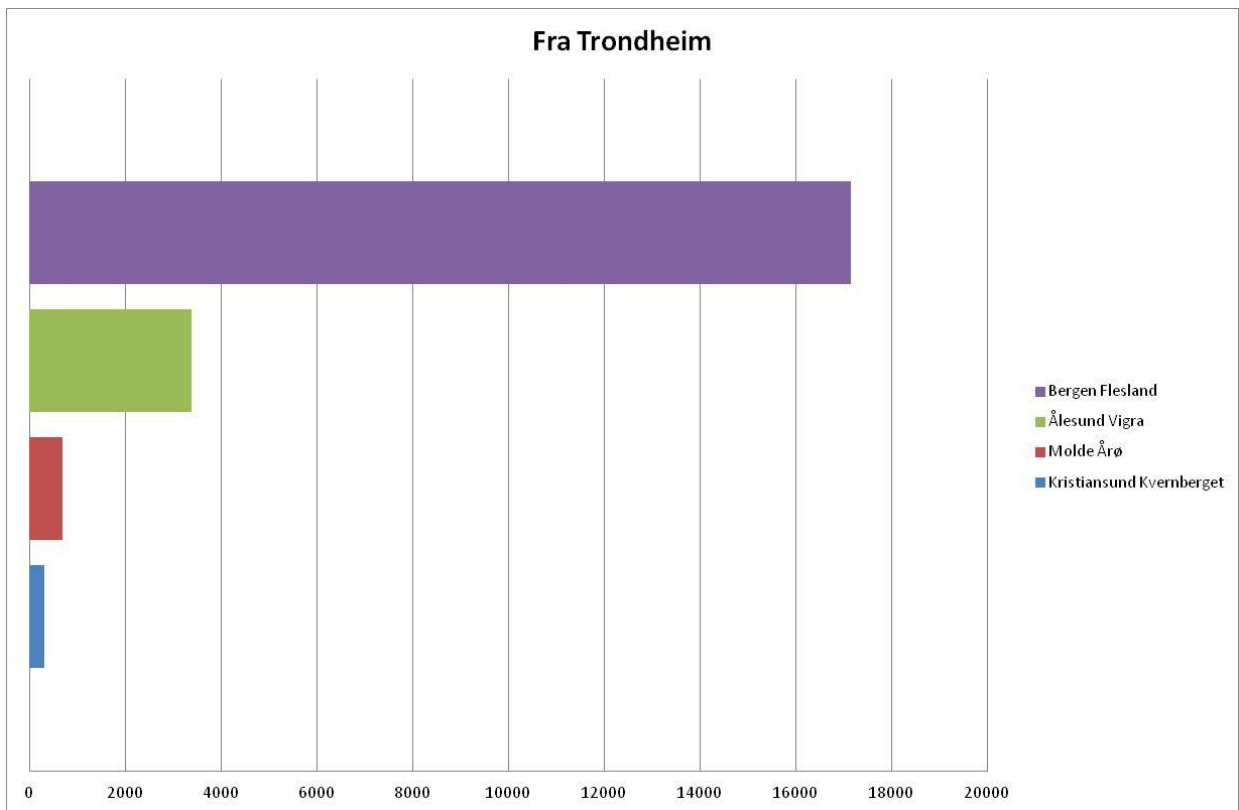
Bergenbrua
(1,8 km)

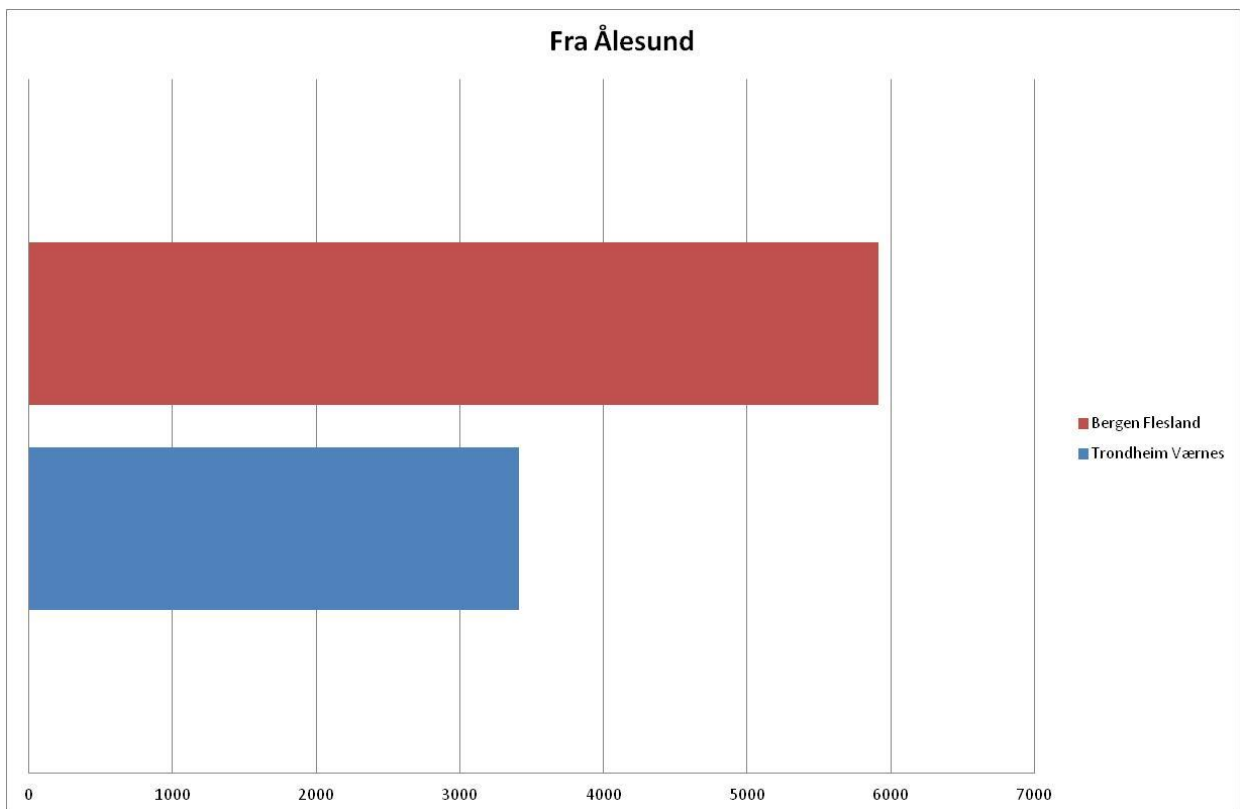
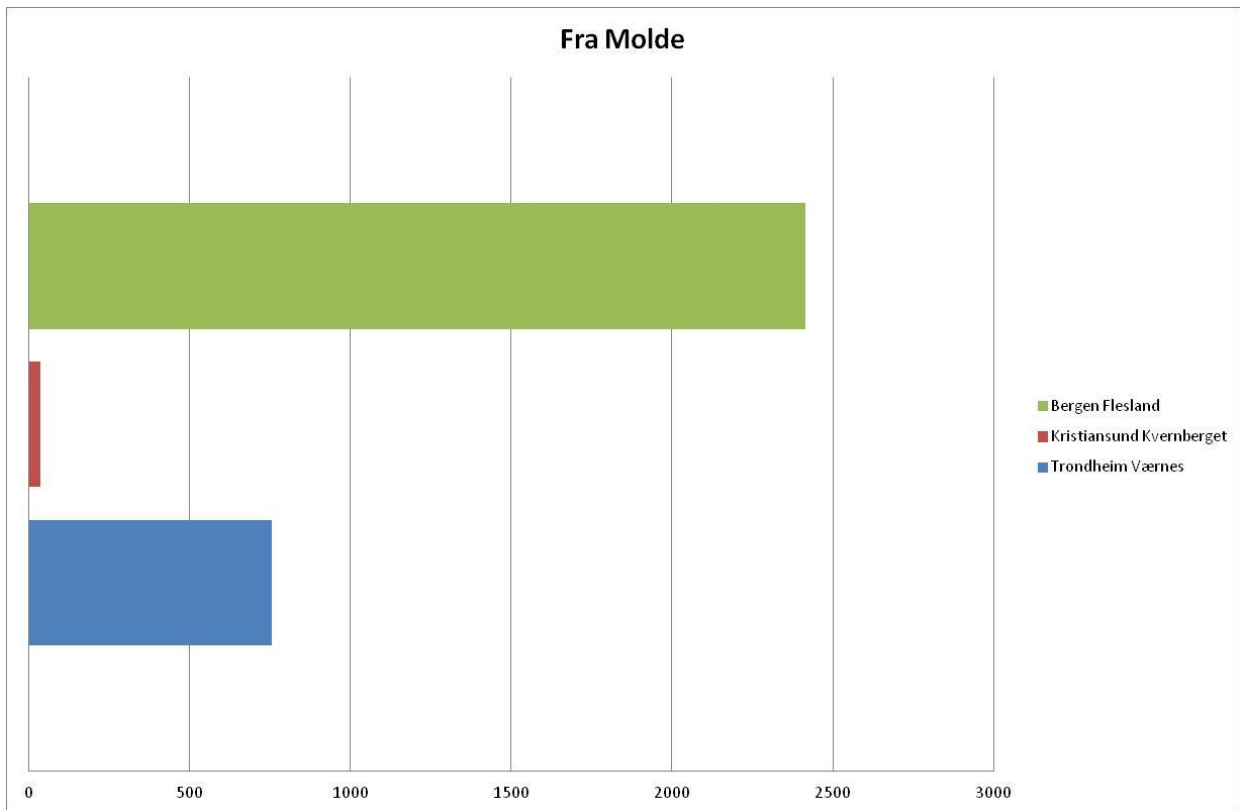
543 m

-  Togstasjon
-  Endelig Trasé
-  Første Traséutkast
-  Fjordkrysning / Bru

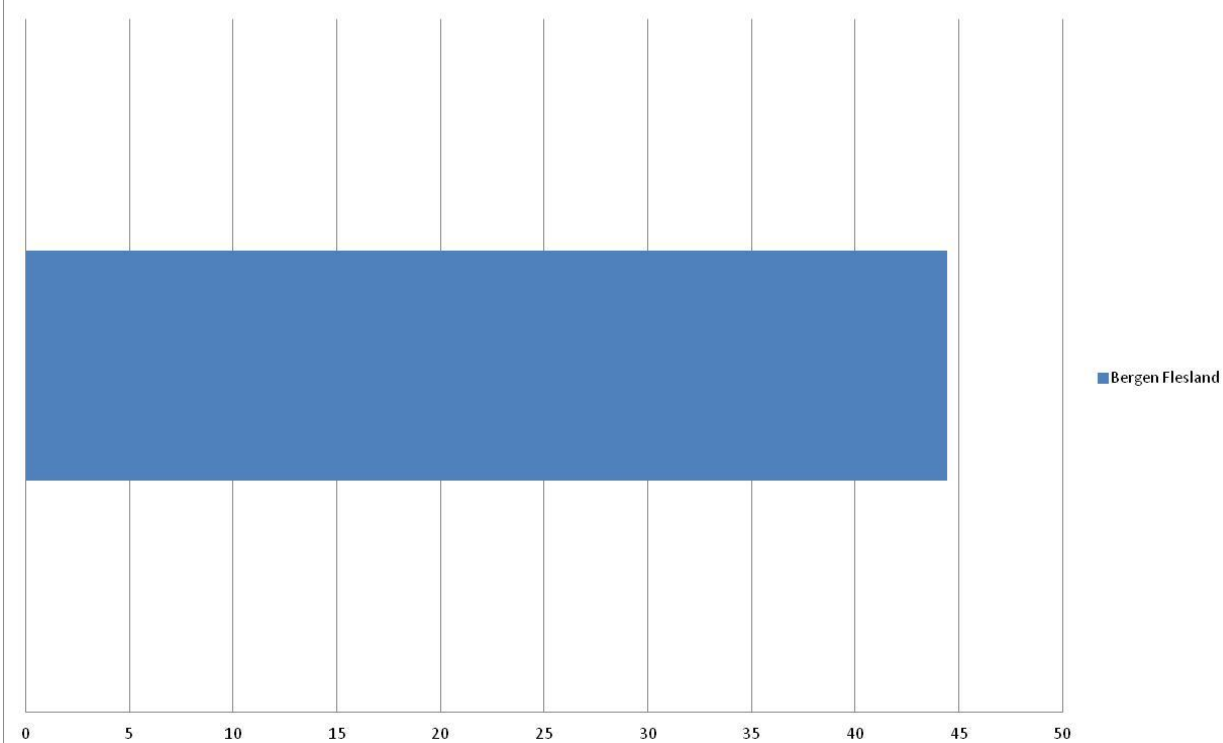
Målestokk 1:120 000

Vedlegg 2 Passasjerstatistikk (Gjennomsnittlig månedsverdi de siste to årene)

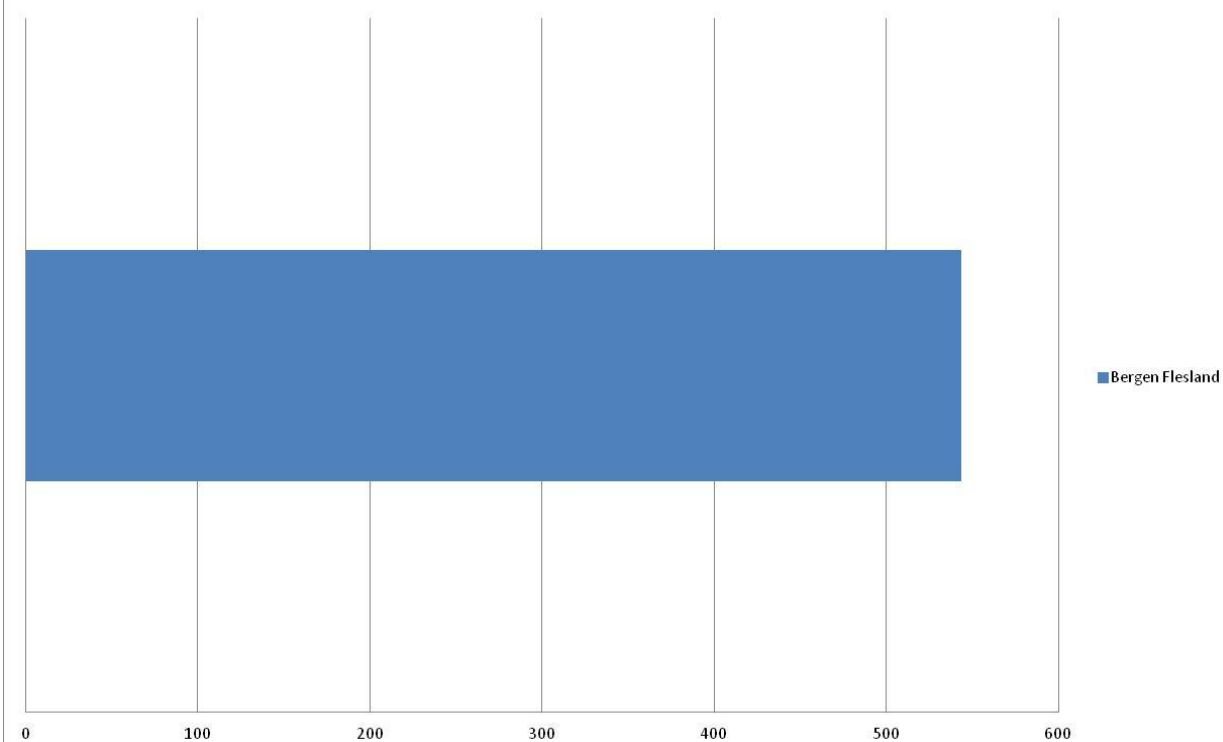




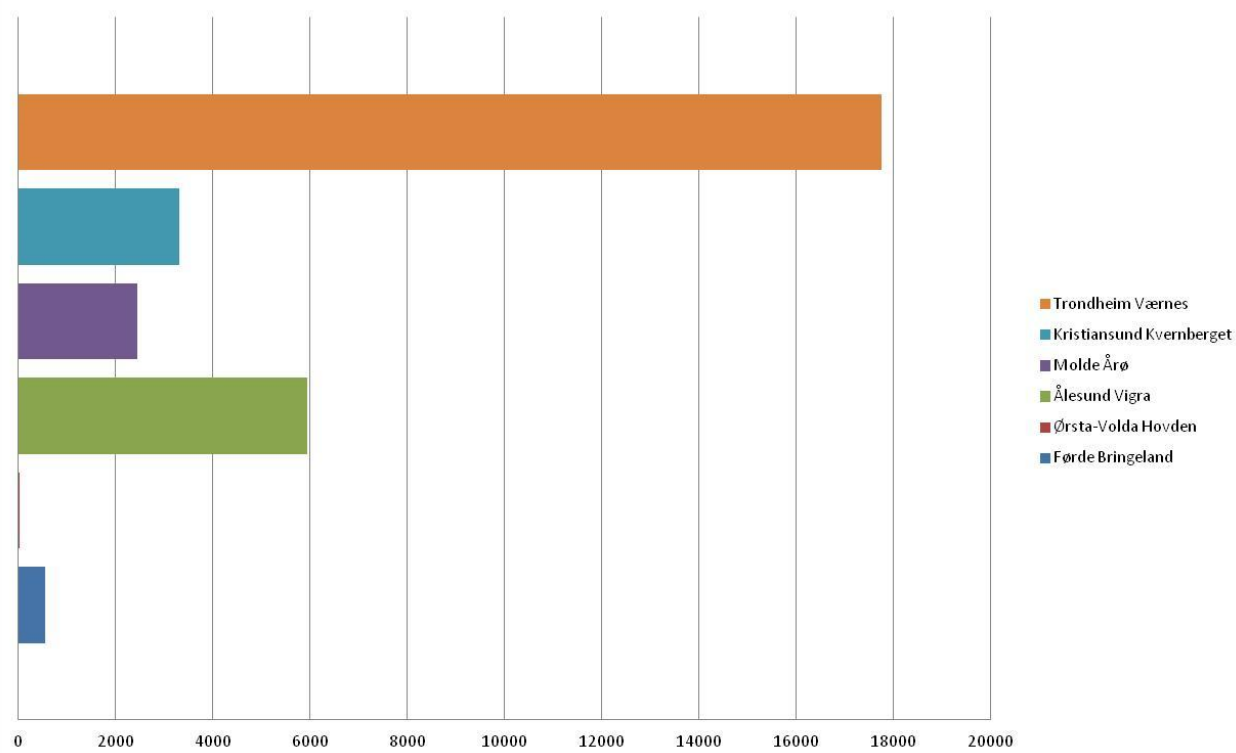
Fra Volda



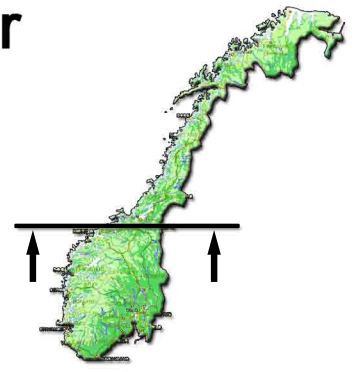
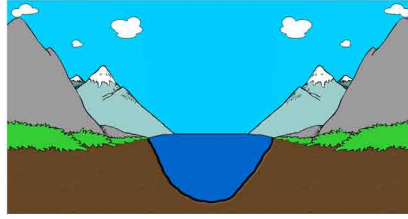
Fra Førde



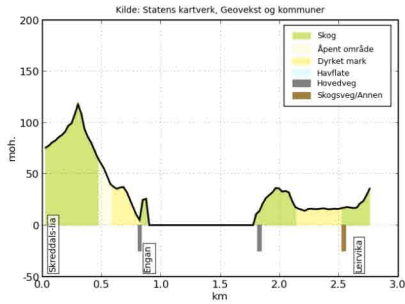
Fra Bergen



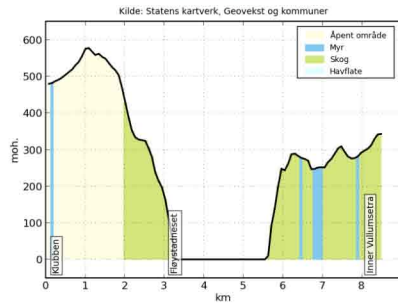
Profil av fjordkryssninger langs traséen



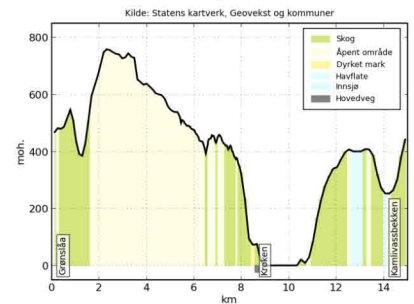
B1 - Enganbrua



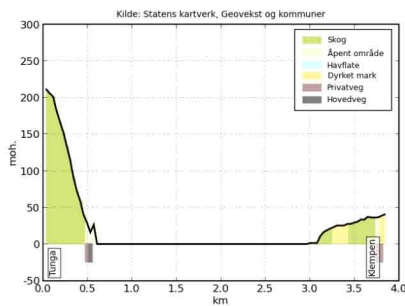
B2 - Halsabrua



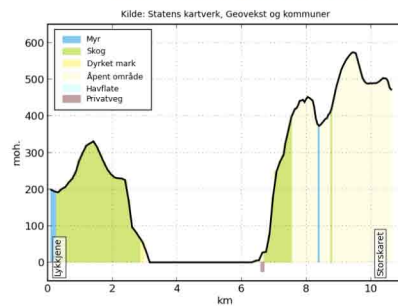
B3 - Tingvollbrua



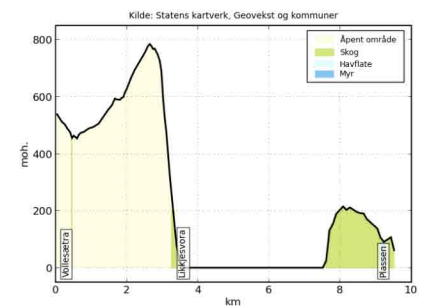
B4 - Moldebrua



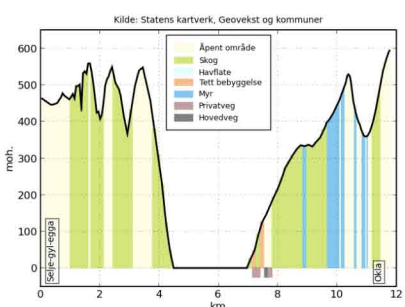
B5 - Midfjordbrua



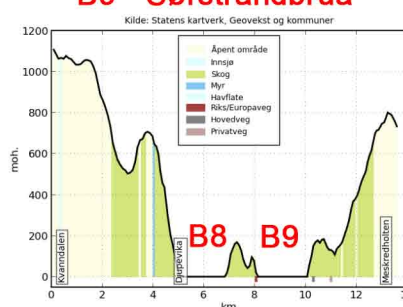
B6 - Ålesundbrua



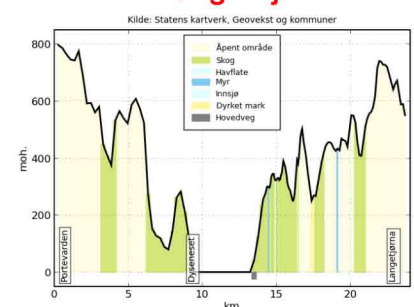
B7 - Voldabrua



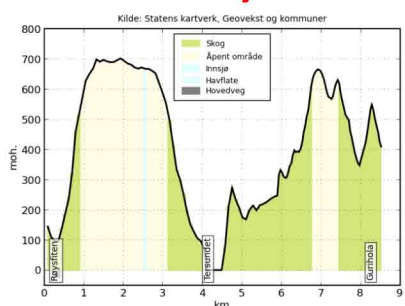
B8 - Lotebrua B9 - Sørstrandbrua



B10 - Sognefjordbrua



B11 - Masfjordbrua



B12 - Bergenbrua

