



Bergensbanen (Voss) - Arna Supplerende utredning KVV Voss - Arna


11. september 2015



Jernbaneverket

Bergensbanen (Voss) - Arna

Supplerende utredning KVV Voss - Arna

00A	Første utgave	11.09.2015	KSt, GjJoh, HTh,ACHan,M aKRo, HPD	KSt	HPD
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: Bergensbanen (Voss) - Arna Supplerende utredning KVV Voss - Arna		Antall sider:			
		47			
		Produsent:			
		Prod.dok.nr.:		Rev:	
		Erstatter:			
Prosjekt nr.:224488 Voss-Arna Planfase: Utredning Saksrom nr.: 201102438		Dokumentnummer: POU-00-X-00028		Revisjon: 00A	
 Jernbaneverket		Drift dokumentnummer:		Drift rev.:	

Forord

KVVU for jernbane og E16 mellom Voss og Arna ble lagt fram i april 2014. KS1 konkluderte med at det ikke var tilstrekkelig samfunnsøkonomisk lønnsomhet til å anbefale noen av konseptene i KVVUen. Samtidig har det gått flere alvorlige skred på strekningen som har tydeliggjort sårbarheten i det overordnede transportsystemet øst-vest. I dialogen etter KVVU/KS1 har Samferdselsdepartementet bedt Jernbaneverket om å utarbeide en supplerende utredning for å vurdere løsninger med et lavere investeringsnivå enn anbefalt konsept i KVVUen, under hensyn til rasfare og økt kapasitet for jernbanen, samt en tydeliggjøring av en mulig utbyggingsrekkefølge for et fellesprosjekt.

Hos Jernbaneverket har Lars Chr. Stendal, Tony Dæmring, Cecilie Bjørlykke og Lars R Rugtvedt deltatt i arbeidet. Fra Statens Vegvesen har Kjell Kvåle deltatt i arbeidet, og det har også vært avholdt møte med Helge Eidsnes. Utredningen er utført av Norconsult med Hans Petter Duun som oppdragsleder. Kaare Stjern, Anne Christine T Handstanger, Gjermund Johansen, Marianne K Rødseth og Henning Thauland har vært sentrale medarbeidere.

Bergen

11.09.2015

Innhold

1. Innledning	7
2. Skred	9
2.1 Innledning	9
2.2 Metodikk	10
2.3 Resultater	11
2.4 Diskusjon og vurderinger	13
2.5 Oppsummering, rangering	20
3. Alternativer	23
3.1 Avgrensing av varianter innen alternativene	23
3.2 Alternativ K5a Enkeltsporet jernbanetunnel parallelt med ny vegtunnel	23
3.3 Alternativ K5b Lengre kryssingssporparseller	24
3.4 Alternativ K5c variant 1: Dobbelspor Bergen-Vaksdal, enkeltspor tunnel til Voss	24
3.5 Alternativ K5c variant 2: Kombinert med forlengelse av kryssingsspor	25
4. Kapasitet og kjøretider	26
4.1 Innledning	26
4.2 Metodikk	26
4.2.1 Rullende materiell	26
4.2.2 Kjøretidspåslag	26
4.2.3 Tilbudskonsept	27
4.2.4 Signalanlegg	27
4.2.5 Oppholdstider og stoppmønster	28
4.2.6 Beregning av kjøretider og stopptider	28
4.2.7 Evalueringskriterier	29
4.3 Resultater	30
4.3.1 Kjøretider	30
4.3.2 Kapasitetsresultater	31
4.4 Diskusjon og vurderinger	33
4.4.1 Alternativ K5a	33
4.4.2 Alternativ K5b	34
4.4.3 Alternativ K5c: Variant 1	34
4.4.4 Alternativ K5c: Variant 2	34
4.4.5 Prioritering av gods	34
4.5 Oppsummering	35
5. Kostnader	36
5.1 Metodikk	36
5.2 Inndeling i kostnadselementer	37
5.3 Tunnel eller rasoverbygg	37
5.4 Basisestimat	37
5.5 Sammenligning med KVV Voss - Arna og andre prosjekter	39
5.6 Etappevis utbygging	39
6. Oppsummering og anbefaling	43
7. Kilder	47

Sammendrag

Bakgrunn og rammer for utredningen

I dialogen med Jernbanelverket etter KVVU/KS1 for Voss – Arna har Samferdselsdepartementet bedt Jernbanelverket om å utarbeide en supplerende utredning. I utredningen vurderes løsninger med et lavere investeringsnivå enn anbefalt konsept i KVVUen. Det er også lagt vekt på å tydeliggjøre en mulig utbyggingsrekkefølge for et fellesprosjekt. Føringsene for de vurderte løsningene i den supplerende utredningen følger KVVUen. Det vil si at rammene fra KVVU-fasen i form av behov, mål og krav til togtilbud, kostnadsmodell og hovedgrepet med en felles vei og baneutbygging legges til grunn. Det er ikke gjennomført nye samfunnsøkonomiske analyser av effekten av trinnvis utbygging. Dette må gjøres som del av Jernbanelverkets videre arbeid med NTP.

Raskartleggingen er gjennomført på nytt etter KVVUen for å få med de siste alvorlige hendelsene på strekningen. Store deler av strekningen er rasutsatt. Det er sett på historiske data, vurdert omfanget ved rashendelser, og hva som skal til for å sikre de ulike delene av strekningen.

Vurderte løsninger med et lavere investeringsnivå

I den supplerende utredningen er det sett på enklere løsninger i form av lengre dobbeltsporparseller forbi rasutsatte strekninger og bruk av enkeltsporet tunnel som del av en K5- løsning istedenfor en dobbeltsporet tunnel som er anbefalt i KVVUen. Disse to løsningene er så vurdert sammen med et første byggetrinn med dobbeltspor til Vaksdal, i tråd med KVVUens anbefaling.

Dobbeltsporparseller gir god effekt for sikkerhet slik de er plassert i den supplerende utredningen. Løsningen kommer derimot dårlig ut når den måles mot krav og effektmål i KVVUen. Effekten for reisetid er liten, og kostnadsgevinsten som en felles bygging med veg gir utgår, da nye dobbeltsporparseller må bygges i sammenheng med dagens infrastruktur. Dobbeltsporparseller bygget sammen med en første etappe til Vaksdal gir bedre effekt for kapasitet og reisetid, men fremdeles reduseres innsparingen ved en felles løsning vei/bane betraktelig.

Løsningen med enkeltsporet tunnel istedenfor dobbeltspor gir gode resultater for kjøretid, mulighet for felles bygging, og utløsning av gevinsten som en felles vei/bane utbygging gir. Det løsningen ikke gir er bedre kapasitet, rutetilbud og framføringstid for godstransporten. For å få en robust infrastruktur må den enkeltsporede tunnelen utvides med lengre kryssingsspor og andre kapasitetsøkende tiltak. Kapasitetssituasjonen bedres betraktelig ved å bygge dobbeltspor til Vaksdal, men det må fremdeles bygges kryssingsspor og andre kapasitetsøkende tiltak på resten av strekningen. Den totale kostnaden for tilpasning av løsningen blir høy (og i noen varianter nesten like kostnadskrevenne som en dobbeltsporløsning) uten at full effekt av et gjennomgående dobbeltspor kan tas ut.

En gjennomgang og vurdering av løsninger med lavere investeringsnivå viser at de ikke gir de effekter man ønsker å oppnå for en trygg og pålitelig bane med redusert reisetid og god kapasitet for gods. *Jernbanelverket anbefaler derfor at K5 legges til grunn for en videre planlegging av strekningen Voss – Arna.*

Etappevis utbygging på strekningen

I den supplerende utredningen er det sett nærmere på et første byggetrinn. Gjennom KVVU-arbeidet anbefalte både Jernbaneverket og Statens vegvesen å starte utbyggingen fra Arna til Vaksdal som en første etappe. Samlet kostnad for utbygging av vei/bane på strekningen Arna – Vaksdal er 9,2 mrd. For jernbanen går strekningen fra Arna og frem til et punkt på dagens trasé ca 2 km sør for Vaksdal. Kostnad for denne etappen for bane er 5,4 mrd.

Tilpasning til dagens infrastruktur ved etappevis bygging gir utfordringer. Dagens stasjon på Vaksdal ligger på en smal hylle ved sjøen, og det er ikke mulig å få til ny stasjon/kryssløsning ved denne. For å få til hovedgrepet i K5 (felles vei- og banetunnel) må ny trase, stasjon og vegkryss legges høyere. I KVVU-en er det vist hvordan man kan avslutte mot Vaksdal ved å gå ned på eksisterende spor før Vaksdal. Denne løsningen gir god rassikring på strekningen, men ikke helt frem til Vaksdal. Denne løsningen har altså en kostnadmessig fordel, men leverer dårligere på sikkerhet og jernbanens avslutning frem mot Vaksdal må derfor optimaliseres jfr. de siste alvorlige skredhendelsene på Boge.

Å forlenge første utbyggingsetappe til også å omfatte strekningen fram til og med Vaksdal, vil gi store ekstrakostnader ved tilrettelegging for drift av den nye traseen (anslått til 1,4 mrd. for bane).

Det er derfor også vurdert å forlenge en første etappe til Stanghelle. Ved Stanghelle sammenfaller ny og gammel trase, noe som gir reduserte ekstrakostnader. En etappe forbi Vaksdal og frem til og med Stanghelle vil gi fullgod effekt for ras også på denne strekningen, og reduserte ekstra kostnader for påkobling til eksisterende trase (anslått til 0,1 mrd. i den supplerende utredningen).

Anbefalingen på grunnlag av den supplerende utredningen er at en første utbyggingsetappe:

- *Enten følger anbefalingen fra KVVUen med en første etappe mellom Arna og Vaksdal, men i et videre planarbeid optimaliseres avslutningen før Vaksdal i forhold til skred og kapasitet*
- *Eller at det planlegges en første etappe helt fram til og med Stanghelle. Etappen vil gi økt rassikring, men har også høyere kostnad.*

1. Innledning

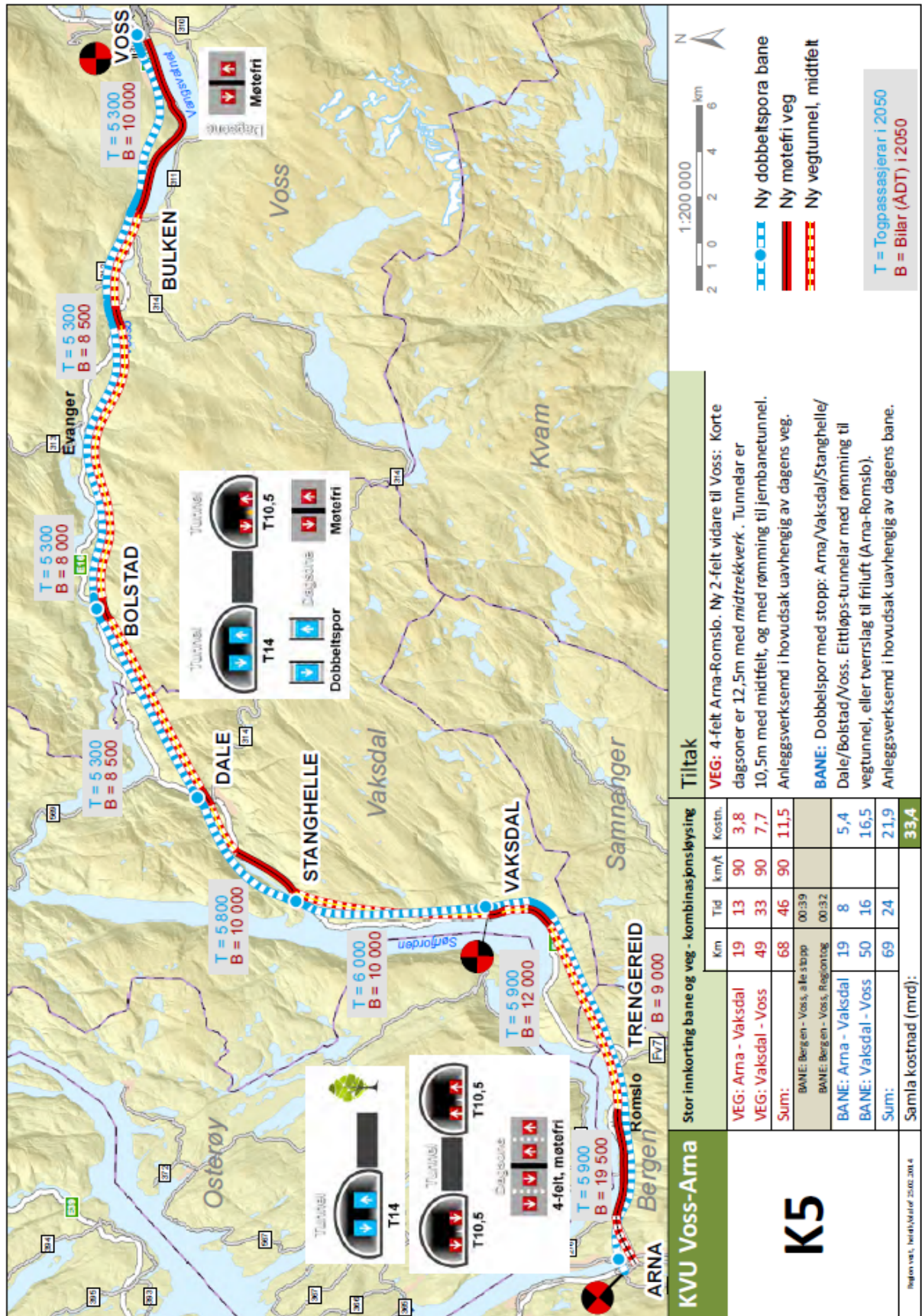
Mellom Voss-Arna har både jernbanen og E16 klare behov for utbedringer for å gi et bedre og tryggere transporttilbud. I april 2014 ble det etter bestilling fra Samferdselsdepartementet lagt fram en konseptvalgutredning for både veg og jernbane på strekningen (1). Det anbefalte felles konseptet for veg og bane (konsept K5) omfatter dobbeltspor for jernbanen på hele strekningen. For veg anbefaler KVVU'en i første omgang fire felts møtefri veg mellom Arna og Trengereid (Romslo) og to felt videre til Voss. På sikt kan det etableres møtefri veg med nye tunnelløp også til Voss dersom trafikkmengder gir grunnlag for det. Jfr oversikt over konsept K5 på neste side.

Parallelføring av veg- og jernbanetunnel gir store besparelser når jernbanetunnel og vegtunnel kan blant annet benyttes som respektive rømningstunneler og dermed unngå ekstra tunneler til rømning. Vedlikehold av teknisk infrastruktur kan planlegges og gjennomføres på en slik måte at dette ikke medfører beslag av spor for jernbanen.

På grunn av topografien og hensyn til skred og flom er bane og veg for en stor del lagt i tunnel. Dermed blir kostnadene høye, i KVVUen beregnet til 33,4 mrd. kroner (2014). De høye kostnadene i det anbefalte konseptet gjør det vanskelig å finne plass til investeringer på kort sikt. Kvalitetssikring av KVVUen (KS1) anbefaler at det ikke gjennomføres tiltak fordi den samfunnsøkonomiske nettoverdien av samtlige vurderte konsepter er betydelig negativ og anbefaler derfor 0-alternativet (2). Samtidig gjør stadige skred og kravet til tunnelsikkerhet det nødvendig med tiltak. Både lokale og regionale myndigheter og samferdselsetatene har understreket behovet for snarlig løsning på strekningen. Samferdselsdepartementet har derfor bedt Jernbaneverket om en supplerende utredning i etterkant av KVVU og KS1 for Voss-Arna for å vurdere løsninger med et lavere investeringsnivå.

Jernbaneverket har vurdert følgende alternativer som kan gi mulighet for mindre kostnadskrevende løsninger, men som helt eller delvis kan bygges ut i tråd med konsept K5 på sikt:

- Alternativ K5a: Enkeltsporet jernbanetunnel hele strekningen parallelt med ny vegtunnel
- Alternativ K5b: Lengre kryssingssporparseller
- Alternativ K5c: Dobbeltspor Bergen-Vaksdal i to varianter
 - Alternativ K5c - variant 1: Kombinert enkeltspor tunnel mellom Voss og Vaksdal som i alternativ K5a.
 - Alternativ K5c – variant 2: Kombinert med forlengelse av kryssingsspor som i K5b.



Figur 1. Oversikt over konsept K5 i KVV Voss-Arna.

2. Skred

2.1 Innledning

Hele strekningen mellom Voss og Arna går i et rasutsatt område. Bratt terreng og hyppige skred er et av de utløsende behovene for tiltak på Vossebanen. En samlet oversikt over skredproblematikken langs linjen er derfor et viktig grunnlag for denne supplerende utredningen til KVVU Voss - Arna. Det er gjort gjennom en sammenstilling av tilgjengelig grunnlagsdata langs linjen. Grunnlagsmaterialet fra følgende rapporter og notater er sammenstilt med registrerte skredhendelser hentet fra Banedata¹:

- Registrerte skredhendelser langs banestrekningen Voss – Arna, km 386,153 til 462,144. Oversendt fra Jernbaneverket 25. juni 2015.
- Sweco Grøner, 2007. *Rasfarekartlegging langs Vossebanen. Fra Voss stasjon (km 385,320) til vestre påhugg Hettatunnelen (km 434,117).*
- Multiconsult, 2007. *Rasfarevurdering Vossebanen. Rapport etter kartlegging av bergskjæringer km 434,117 – 471,250.*
- NGI, 1989. *Bergensbanen vest. Prosjekt sørpeskred.*
- Mesta, 2013. *Forebyggende rassikring Bergensbanen. Vurdering av sikringstiltak Saghaug-Evanger.*
- Mesta, 2014. *Forebyggende rassikring Bergensbanen. Vurdering av tiltak Vestre påhugg Hernestunnel – ca. ved km 407,650 og Kattagelet tunnel – ca. km 409,340.*
- Jernbaneverket, 2012. *Hovedplannotat. Vossebanen. Investeringstiltak sideterreng. Km 397,200 – 471,250. Notat revidert i 2015.*
- Jernbaneverket, 2015. *Flomskredene på Vossabana og Flåmsbana. Kunne flommen unngås i Flåmsdalen 28. oktober 2014. Plan og teknikk, Over-/Underbygning og Geodata.*
- Multiconsult, 2015. *Skred Bergensbanen – Dalegarden. Stabilitetsvurdering og beskrivelse av sikringstiltak.*
- Statens vegvesen, 2015. *Skredhendelse ved Boge 21. mai 2015 E16 hp 11 km 2,300-2,450.*

Spesielt viktige parametere i vurderingene er type skred, løsnepunkt (bergskjæring eller høyt i terreng), og alvorlighetsgrad.

Denne sammenstillingen er brukt som grunnlag for videre utredning av de ulike alternativene og for vurdering av hvilken retning det er mest hensiktsmessig å forlenge kryssningsspor.

Gjennomgangen her er ikke ment som en skredfarevurdering, kun som en gjennomgang og vurderinger av eksisterende materiale. Resultatene fra gjennomgangen gir en grov oversikt som viser hvilke områder hvor det synes nødvendig med rassikring i form av fangnett, rasoverbygg eller tunnel avhengig av alvorlighetsgrad og utstrekning.

¹ Banedata er en database hos Jernbaneverket med en lang rekke data over jernbanenettet i Norge, bl.a. oversikt over registrerte skredhendelser

2.2 Metodikk

Skredhendelser hentet fra banenettet er supplert med kartleggingsmateriale gjennomgått i forrige avsnitt. Opplysningene fra dette materialet er fordelt parsellvis etter stasjoner. Dette gir en praktisk geografisk inndeling, selv om parsellene mellom stasjonene har ulike lengder og tunnelandel:

- Voss – Bulken
- Bulken – Evanger
- Evanger – Bolstadøyri
- Bolstadøyri – Dale
- Dale – Stanghelle
- Stanghelle – Vaksdal
- Vaksdal – Trengereid
- Trengereid – Arna

Alle skredhendelser er sortert etter type skred, størrelse, avstand mellom spor og løseområde og baneskader. Ut ifra tilgjengelig informasjon og en enkel vurdering er skredene klassifisert etter alvorlighetsgrad som vist i Tabell 1.

Tabell 1: Klassifisering av registrerte skredhendelser på strekning Voss - Arna.

Alvorlighetsgrad etter tilgjengelig informasjon	Klasse
Lav	1
Medium	2
Stor	3

Eldre hendelser (1920- til 70-tallet), samt hendelser hvor informasjon mangler, er lagt i klasse 1.

Klasse 2 er områder og skredforhold der potensialet for skadeomfang er noe mindre enn i klasse 3. Dette gjelder områder hvor skredtypen er av mindre karakter og hvor avsporing, blant annet på grunn av «gunstigere» sideterrang, kan få mindre alvorlige følger.

Klasse 3 gjelder skredtyper som vil ha stor konsekvens for jernbanestrukturen og avsporing, slik som sørpeskred, jordskred og flomskred hvor det er mye masser i bevegelse. Dersom slike skredtyper løsner høyt i lia, vil de kunne ta med seg mye materiale før det når ned til jernbanen. Partier med mange bekker og elver er mer utsatt enn andre områder. I områder hvor banen har bratt sideterrang i underkant, kan et skred som fører til avsporing få stor konsekvens. Dette gjelder også skred fra lokale skjæringer som når ut på sporet. Slike områder er lagt i klasse 3.

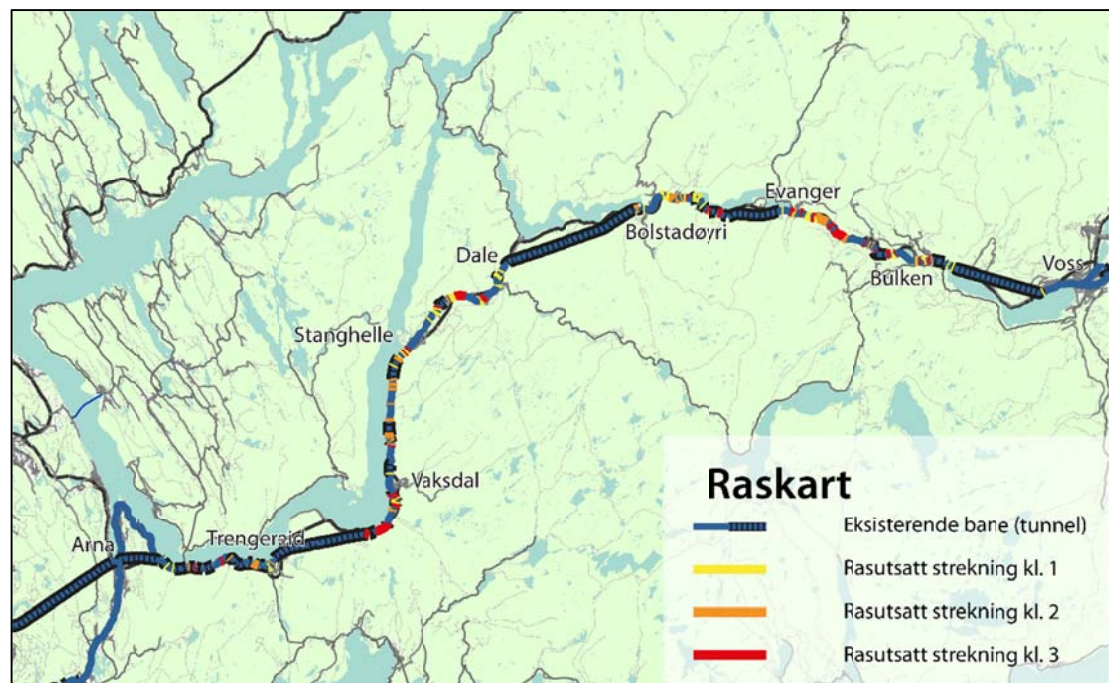
Det må understrekes at fordelingen av strekningene på de tre klassene er basert på en grov vurdering og skal på ingen måte erstatte en mer grundig vurdering i senere plan- og utredningsfaser. Forventede endringer i klimaet kan også bidra til hyppigere skredhendelser i fremtiden. Det kan også komme skred andre steder enn tidligere på grunn av mer ekstremt vær og endringer i vegetasjon etc.

2.3 Resultater

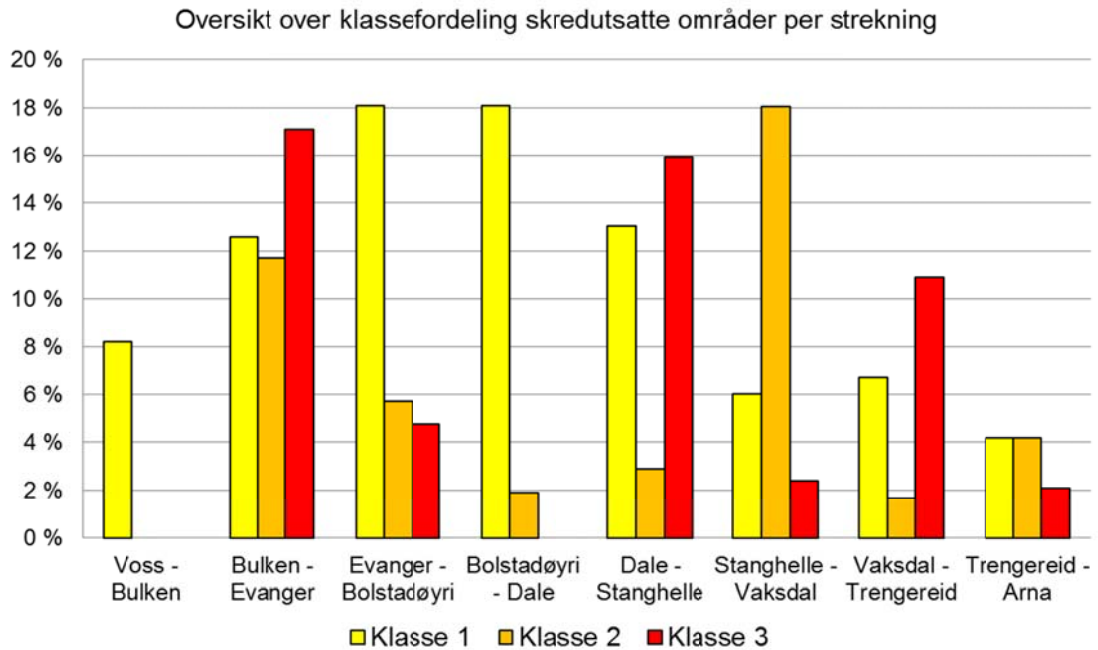
Resultatene er delt inn i delstrekningene mellom stasjonene som nevnt i kapittelet over. I Tabell 2er det gitt en oversikt over antall registrerte skredhendelser fordelt på disse strekningene. Dette er oppsummert med en prosentfordeling per strekning for å vise hvilke strekninger hvor det hyppigst er registrert hendelser. Hendelsene dateres tilbake til 1920. Flere av de registrerte hendelsene knyttes til nedfall i tunnel.

Tabell 2: Oversikt over antall registrerte skredhendelser og prosentfordeling per stasjonsstrekning.

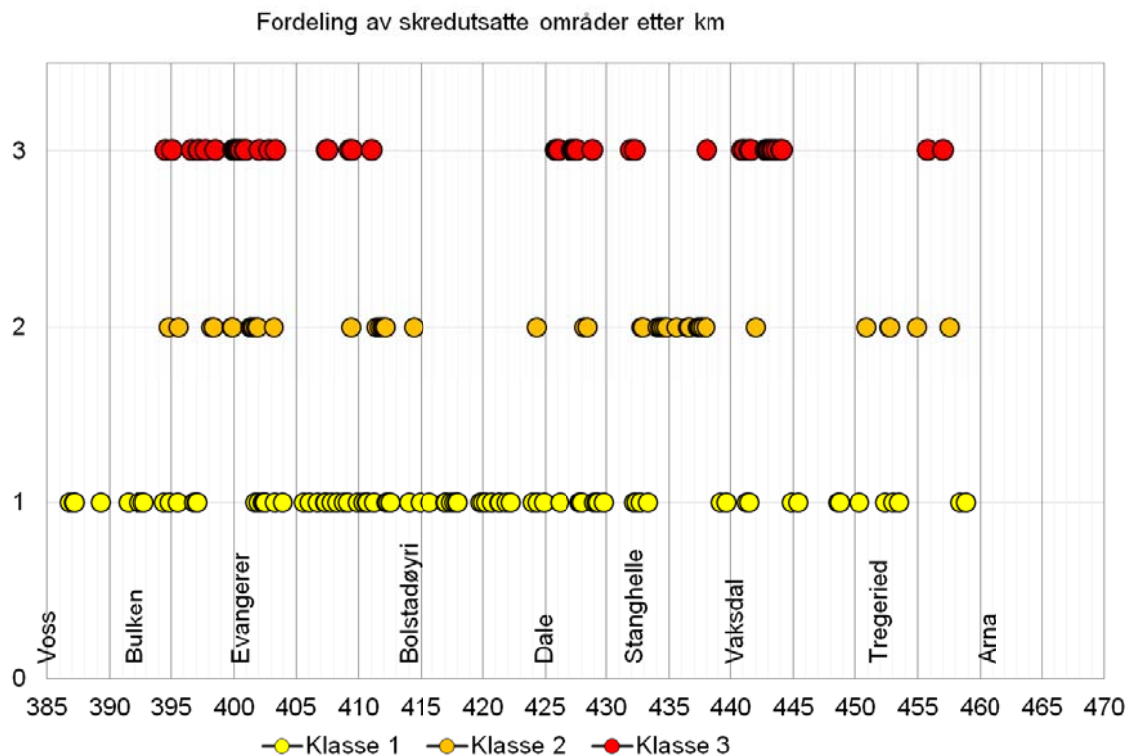
Strekning	Antall registrerte hendelser (1920 – 2015)	Prosentfordeling
Voss – Bulken	9	3 %
Bulken – Evanger	72	26 %
Evanger – Bolstadøyri	34	12 %
Bolstadøyri – Dale	25	9 %
Dale – Stanghelle	64	23 %
Stanghelle – Vaksdal	26	9 %
Vaksdal - Trengereid	38	14 %
Trengereid - Arna	10	4 %
Totalt	278	100 %



Figur 2. Oversikt over registrerte ras mellom Voss og Arna.



Figur 3: Oversikt over fordeling av lengden innen hver strekning, fordelt på klassefordeling for skredutsatte områder. Områder hvor det ikke er skred er ikke med i oversikten.



Figur 4: Fordeling av skredutsatte områder etter klasse og km.

2.4 Diskusjon og vurderinger

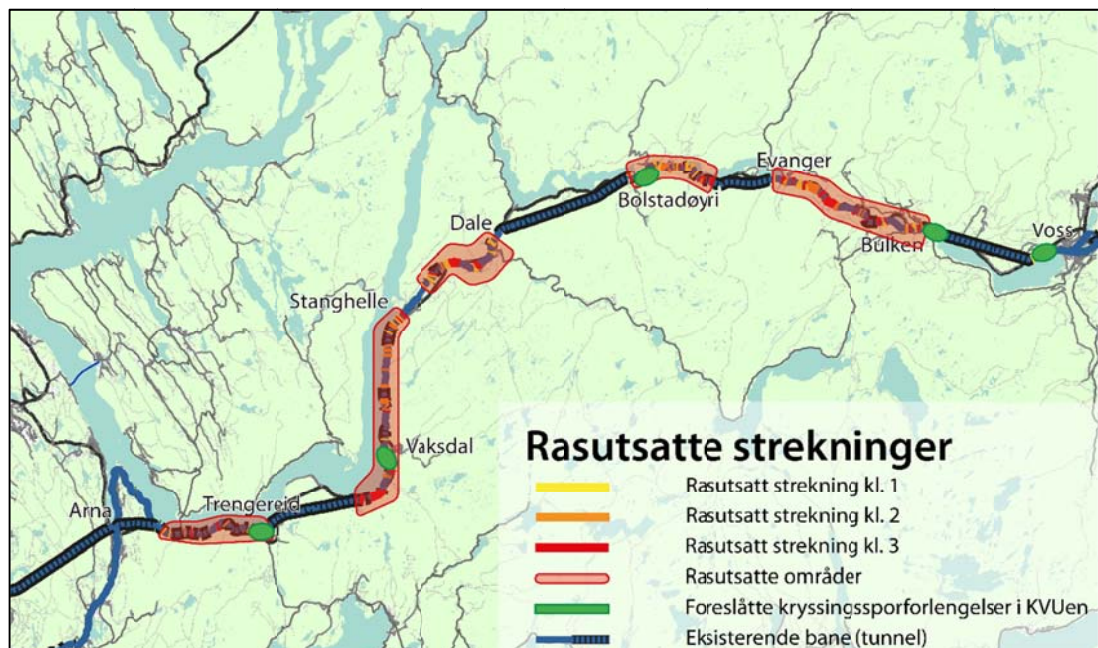
Ved å plassere eldre hendelser, samt hendelser med manglende informasjon i klasse 1, er det flere hendelser i klasse 1 enn det som utgjør en reell risiko. For eksempel er det flere hendelser mellom Bolstadøyri og Dale hvor skredene er av eldre dato og lokalitetene mest sannsynlig er sikret i ettertid. Det skal derfor ikke legges for stor vekt på partiene i klasse 1.

Mest sannsynlig har det forekommet flere hendelser langs banen enn det som er registrert i Banedata. Dette kan gjelde skred som går over banen, samt skred som ikke når helt ned til skinnegangen. De fleste utredningene som er utført, har ikke tatt hensyn til sideterrenget. Risikoen for at det raser nye steder, og manglende kartlegging av sideterrenget er fanget opp gjennom en grov risikovurdering av de mest skredutsatte strekningene.

Det er i hovedsak skjæringer og terrenget nært spor som er vurdert. Dette medfører at det er mangelfull informasjon angående potensialet for skred fra bratt og utilgjengelig sideterrenget. Skred fra bratt og utilgjengelig sideterrenget medfører store kostnader ved sikring.

Nedenfor er det gitt en vurdering for hver delstrekning av hvilke områder det kan være aktuelt å legge kryssingsspor i tunnel som en kombinasjon som skredsikringstiltak.

Figur 2 gir en oversikt over registrerte ras og Figur 5 viser rasutsatte områder.

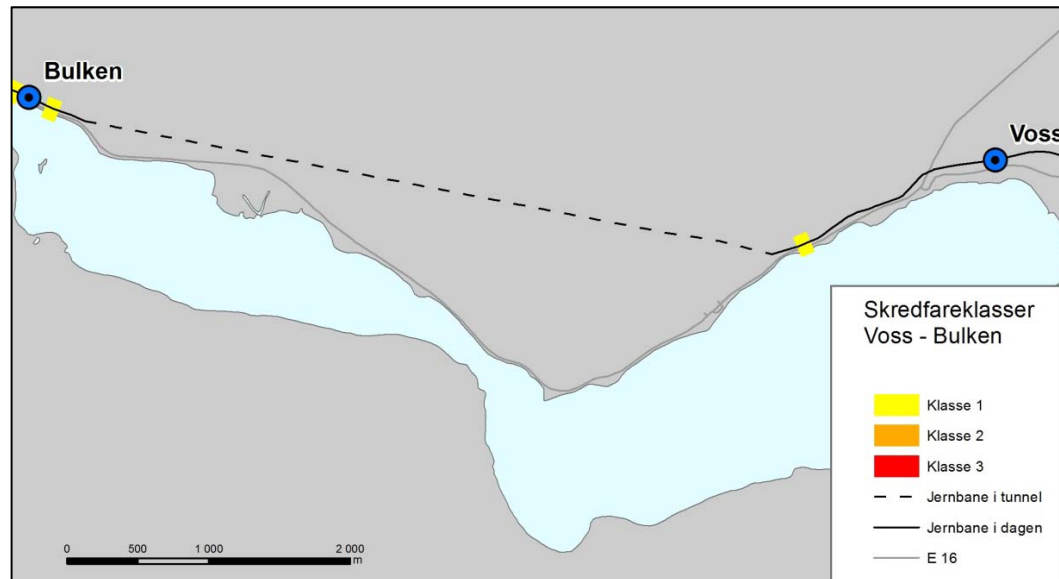


Figur 5. Rasutsatte områder.

Voss – Bulken (km 385,32 – 392,55)

Banen går i hovedsak i tunnel langs denne strekningen. Det er registrert enkelte mindre hendelser inn mot østre påhugg til Kvålsåsen tunnel. Hendelsene kan være lokalt fra skjæring, men her er det lite og manglende informasjon. Hendelsene fant sted på 1970- og 80-tallet og det er ikke registrert noen nyere hendelser. Strekningen er ikke nevnt i noen av rapportene i grunnlagsmaterialet.

På grunn av få hendelser, og fordi disse er fra 1970- og 80-tallet, er det ikke noen spesielle skredpunkt på denne strekningen.

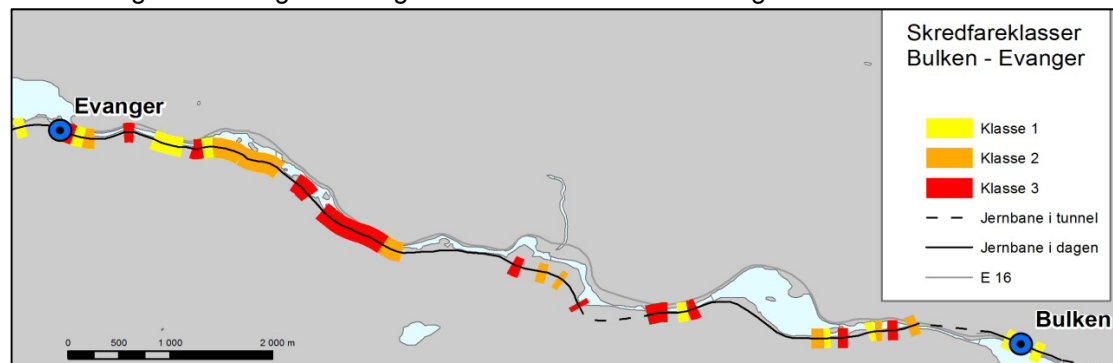


Figur 6: Skredfare Voss-Bulken

Bulken – Evanger (km 392,55 – 403,66)

Her er det registrert mange steinsprang, jordskred, flomskred, sørpeskred og utglidning av pukk i forbindelse med flom i elva Vosso. Kartlegging utført av NGI i 1988 og Sweco i 2007 viser til at det langs enkelte partier er fare for flere skred langs denne strekningen. At store deler av strekningen ligger innenfor klasse 3 er også knyttet til at konsekvensene ved skred og eventuelt avsporing av tog er høy fordi banen ligger langs ei bratt li ved elva Vosso (Sweco, 2007). Fra bekkefarene er det risiko for flomskred og sørpeskred (NGI, 1988).

Dette er strekningen hvor størst prosentdel av strekningen ligger i klasse 3. Banen går langs ei bratt li og med stedlig vanskelig tilkomst for å utføre rassikringstiltak.



Figur 7: Skredfare Bulken - Evanger

Evanger – Bolstadøyri (km 403,66 – 414,13)

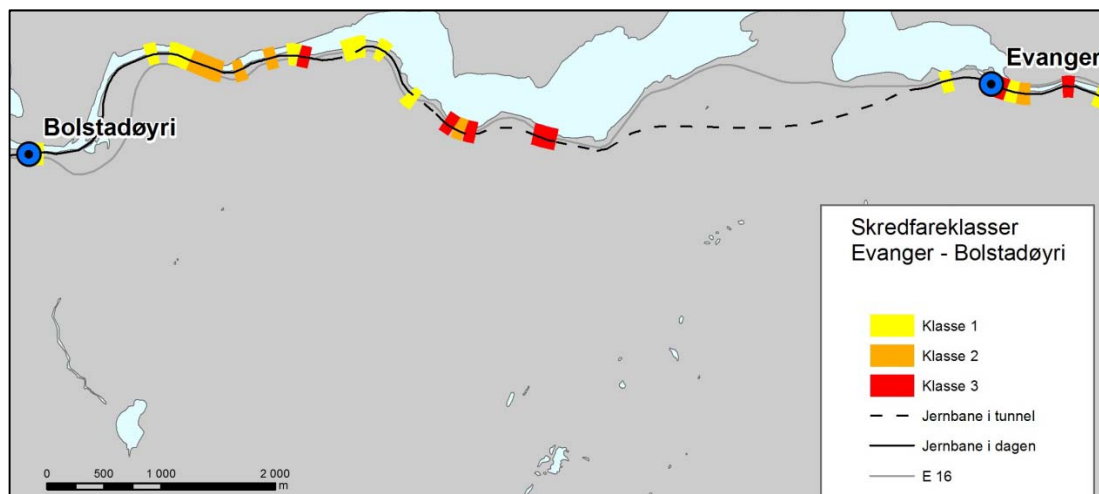
I følge både Mesta (2014), Sweco (2007) og NGI (1988) er det to strekninger her hvor det spesielt er fare for nye skred. Dette er strekningene km 407,5-407,6 og 409,3-409,5. Det er ikke registrert nyere skred på denne strekningen. Det meste daterer seg til 1920-, 50- og 70-tallet. Men sett i forbindelse med at Mesta vurderte behov for fangnettgjerdje her i 2014 er disse partiene satt i klasse 3.

Langs strekningen ca. km 410,6 er det registrert flere hendelser med nedfall av stein fra skjæring. Siden ras kun er knyttet til nedfall av stein fra lavere høyder er partiet satt i klasse 2.

Ved km 411,1 er det påpekt av Sweco (2007) at det er bratt terreng og avløste blokker ved vestre påhugg for Røvstona tunnel. Ras kan nå sporet dersom løsnepunkt er fra stor høyde.

Resterende strekning inn mot Bolstadøyri stasjon er ikke kommentert i grunnlagsmaterialet, men det er registrert en del hendelser mellom km 411,5-412,5. Dette knyttes mest til problemer med vann og mange av hendelsene skjedde under stormen Dagmar i desember 2011.

Banen går her i spesielt utsatt i strekning langs bratt sideterreng inn mot Bolstadøyri. Det har vært både steinsprang og vann med utglidning av pukk. Stedvis er terrenget over banen tilgjengelig fra E16, men det er også partier med bratt sideterreng som ikke er like tilgjengelig for utførelse av eventuelle tiltak.

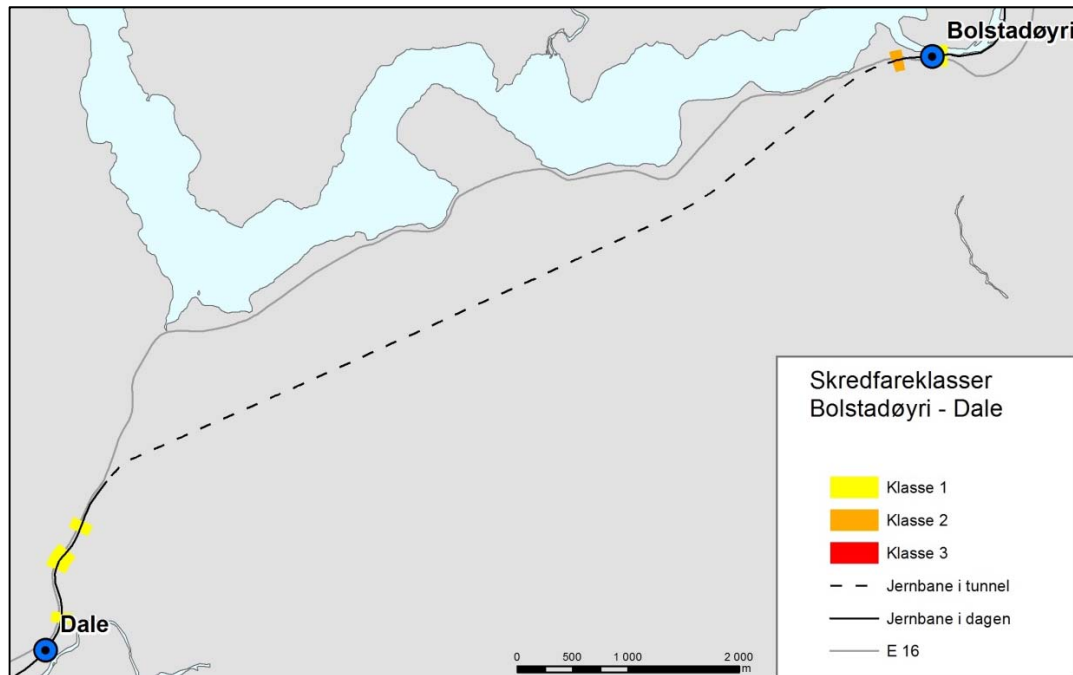


Figur 8: Skredfare Evanger - Bolstadøyri

Bolstadøyri – Dale (km 414,13 – 425,29)

Strekningen går i hovedsak i tunnel. En stor andel av de 18 prosent som er definert i klasse 1 er hendelser som har funnet sted i tunnelen. Langs dagstrekningen mellom vestre påhugg for Trollkona tunnel, km 422,5, og km 425 er det registrert flere hendelser. Dette er i hovedsak tilknyttet vann. Hendelsene er lagt i klasse 1 ettersom de antas å være lokale. Linjen går her helt i dalbotn og E16 ligger på oversiden av banen.

Hoveddelen av registrerte hendelser er i tilknytning til utfall av stein i tunnel. Det er ingen strekninger som ligger i klasse 3 langs denne strekningen.



Figur 9: Skredfare Bolstadøyri - Dale

Dale – Stanghelle (km 425,29 – 432,22)

Langs første delen av strekningen etter Dale stasjon, er det bratt terreng og vurdert fare for skred. Langs den første strekningen, km 425,9-426,1 har NGI (1988) vurdert at det kan gå snøskred kan fra flere høydenivå. Det er ingen plass for oppsamling av skredmasser langs linja. Sikringstiltak ble vurdert som aktuelt. Siste registrerte hendelse her var i 2013 med utfall av stein med løsnepunkt ca. 5-15 meter over banen. Det ble også registrert snøskred her i 2001.

Langs strekningen km 427,2-427,7, er sideterrenget bratt. Fjellpartiet har overflateparallell oppsprekking og avskalling av bergflak. Fallende blokker kan komme fra stor høyde og med stor energi. Dette partiet er vurdert av Sweco i 2007 og Multiconsult i 2015. Multiconsult anbefalte sikringstiltak i form av fangnettgjerd i terrenget. Dette partiet har også mange registrerte hendelser.

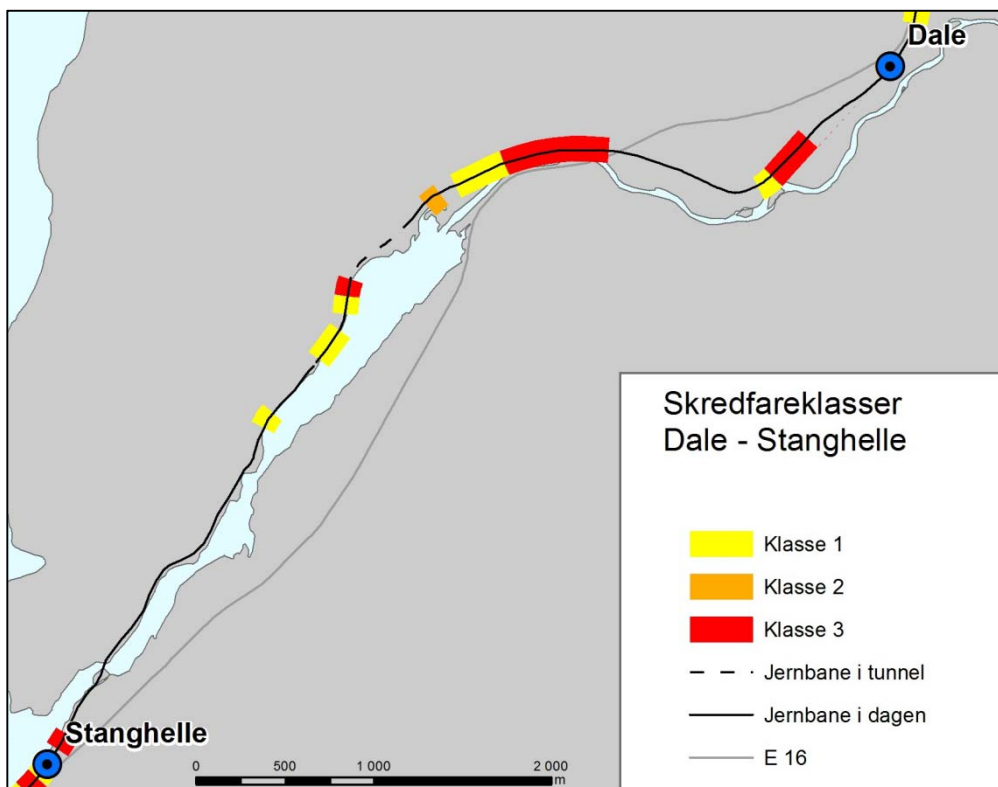
Det er videre vurdert fare for flomskred og sørpeskred langs en bekk ved km 428,5 (NGI, 1988) og ras fra sideterrenget med størrelse over 100 m³ ved km. 428,9 (Sweco, 2007). Denne strekningen er derfor lagt i klasse 3.

I følge Sweco (2007) ligger det stedvis store blokker ned mot sporet på strekningen km 429-430. Sweco antar at disse er transportert dit under istiden og ikke fra tidligere steinsprang. Det er registrert enkelte eldre steinsprang langs denne strekningen, henholdsvis på 1920-,

50-, 70- og 80-tallet. Det er derfor valgt å sette registrerte hendelser i klasse 1 fordi disse er av eldre dato.

Ved Stanghelle stasjon har Sweco (2007) vurdert at det er fare for ras fra sideterreng med størrelse over 200 m³.

En hoveddel av denne strekningen definert i klasse 3, et parti rett etter Dale stasjon, ca. km 426 og et parti mellom km 427,2 til 427,7. For den siste delstrekningen er det tidligere anbefalt tiltak med fangnettgjerd som monteres i lia. Et fangnettgjerd krever oppfølging og vedlikehold over tid. Det vil også foreligge en restrisiko for skred selv om det er oppført steinsprangnett.



Figur 10: Skredfare Dale - Stanghelle

Stanghelle – Vaksdal (km 432,22 – 440,53)

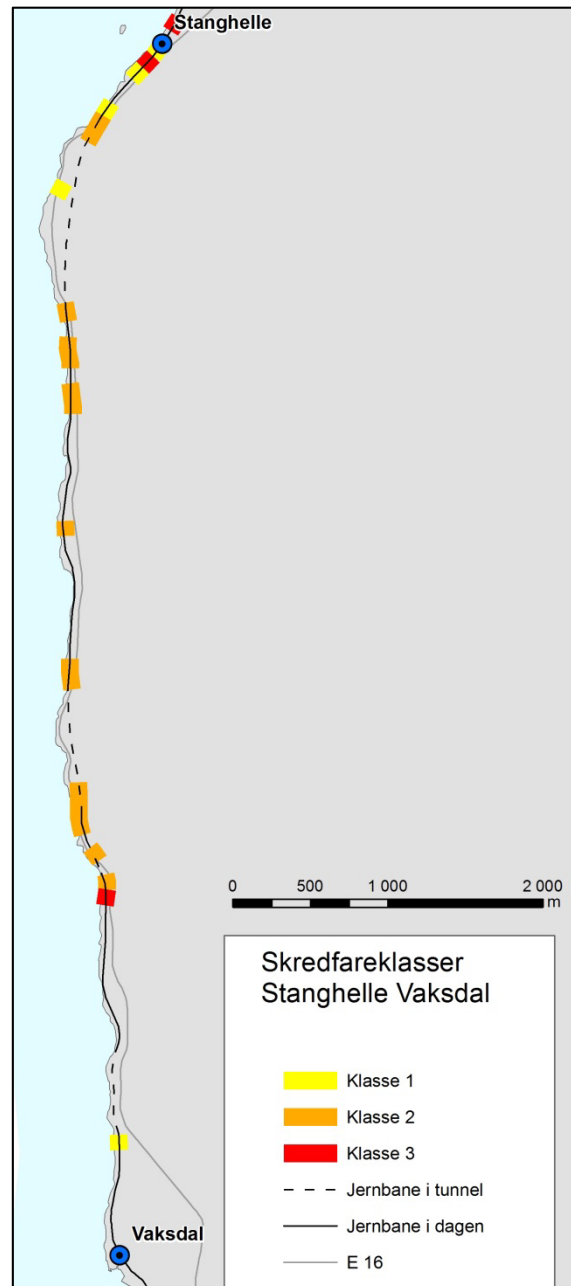
Det er registrert flere hendelser her i forbindelse med flomskred der banen går over ei elv ved km 433. Dette partiet er derfor lagt i klasse 3.

I følge Multiconsult (2007) har de i samtaler med lokalkjente fått informasjon om at strekningen mellom km 434-439 tidvis går steinsprang som når banen. E16 ligger over jernbanen der hvor jernbanen går i dagen. De fleste skredene antas derfor å være lokale skred fra skjæring eller nært sideterreng. Det er derfor valgt å legge områdene hvor det er registrert hendelser i klasse 2.

Ved km 438,1 går banen nedenfor fjellpartiet Bjørnafjell. I følge Multiconsult (2007) har det tidligere vært systematisk oppfølging og måling av et stort sprekke-avløst parti her. Størrelsen på det avløste partiet er anslått til ca. 5000 m³. Målingene ble avsluttet i 1990. Partiet er valgt å legge i klasse 3.

Ved Stanghelle stasjon har Sweco vurdert at det er fare for ras fra side-terreng, og i henhold til Jernbaneverket (2012) er sikringstiltak utført.

Langs strekningen mellom stasjonene er det registrert flere skredhendelser og strekningen er beskrevet av Multiconsult (2007) som et parti hvor det tidvis går steinsprang som når banen. Her kan det være aktuelt å sikre lokale skjæringer som tiltak for å forhindre nye skred.



Figur 11: Skredfare Stanghelle - Vaksdal

Vaksdal – Trengereid (km 440,53 – 452,41)

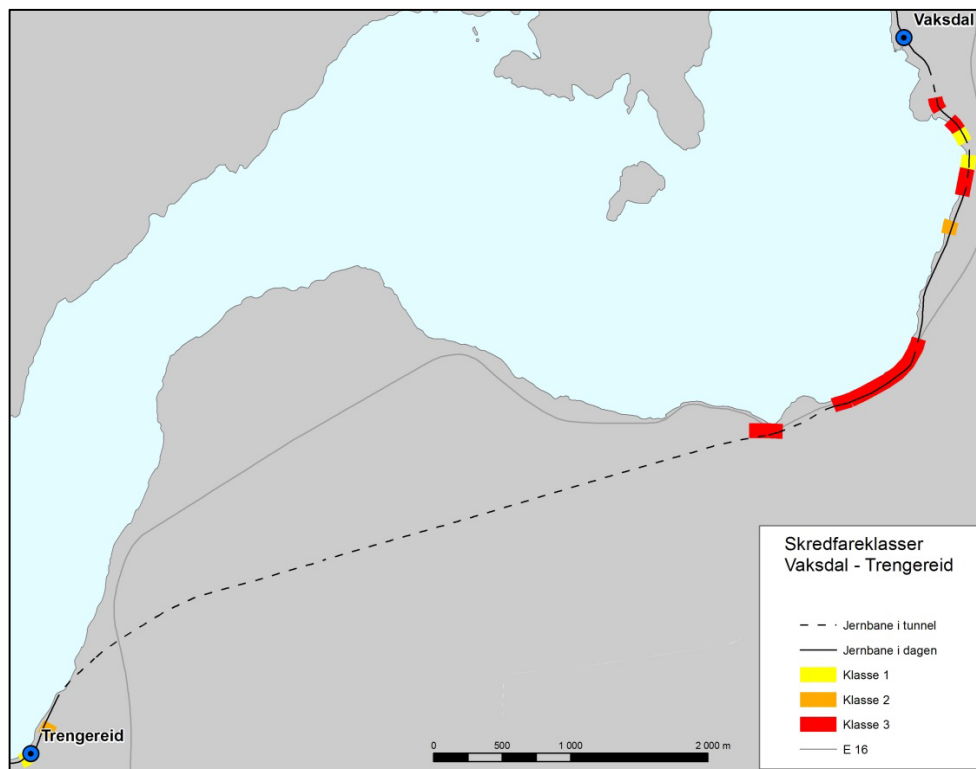
Langs første strekningen etter Vaksdal, ved km 442, er det registrert flere skredhendelser på størrelse mellom 0,5 m³ og 5 m³ og med løснеområde fra halvskjæring. Det er stedvis bebyggelse og jorder ovenfor linjen langs denne strekningen, og skredene kan stamme fra mindre utglidninger.

På strekningen mellom km 443 – ca. 444 gikk det i 2015 to store jord- og flomskred. Terrenget er sidebratt og det kan ikke utelukkes at det kan gå flere skred her. Etter skredet i 2015 ble det revet med mye vegetasjon som har blottlagt skredbanen nedover lia. Dette kan føre til hyppigere snøskred og sørpeskred langs bekkeløpene her. Partiet er derfor plassert i klasse 3.

Inn mot Trengereid stasjon er det i rapport fra JBV (2012) beskrevet behov for sikring av et fjellparti ved km 450,9 med bånd og nett. Et klatrelag som var på stedet i 2014 har vurdert dette som nødvendig. Strekningen er lagt i klasse 2 da tilkomst er mulig og tiltak kan utføres.

Retten etter Vaksdal stasjon, i retning Trengereid er det en strekning som iht. Multiconsult (2007) er et kjent område for steinsprang. Fra km 441 til 441,7 er det registrert flere hendelser med løsnepunkt høyere oppe i lia.

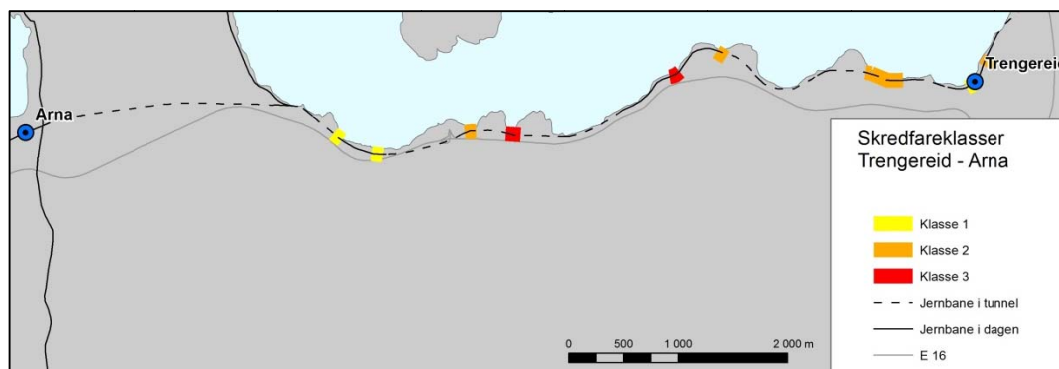
Den mest kritiske strekningen er partiet hvor det i 2015 gikk jord- og flomskred/sørpeskred. Skredene gikk over skredoverbyggene, men fordi E16 ligger høyere i terrenget enn jernbanen, renner slikt skredmateriale tilbake ned i sporet. Aktuelle tiltak kan være skredoverbygg som også går over veg. Selv om det føres opp nye skredoverbygg vil det være en restrisiko knyttet til at kjente skredløp kan finne nye veger ned lia. Etter tidligere skredhendelser er mye vegetasjon også borte. Dette kan føre til større risiko for snøskred og sørpeskred.



Figur 12: Skredfare Vaksdal - Trengereid

Trengereid – Arna (km 452,41 – 461,93)

Det er få registrerte hendelser langs denne strekningen. Jernbanen går her for en stor del i tunnel. I følge grunnlagsmaterialet er risikoen for skred langs denne strekningen sørpeskred og jord- og flomskred (NGI, 1988, Multiconsult, 2007). Dette er ved bekkene og elvene som krysser under linja. Dersom stikkrenner blir tettet pga. massetransport fra elvene, kan overløp av vann skade banen. Disse strekningene er lagt i klasse 3. Områder hvor det er registrert mindre nyere hendelser er lagt i klasse 2. Rett etter Trengereid stasjon (ca. km 452,7-452,8) var det i 2009 og 2014 steinsprang med løsnepunkt over 50 m og jordskred med løsnepunkt 15-50 m over linjen. Dette partiet kommer det ned ei elv. Det kan være vanskelig å sikre et slikt område.



Figur 13: Skredfare Trengereid - Arna

2.5 Oppsummering, rangering

På bakgrunn av vurderingene og klassifiseringen av strekninger med rasfare vil det foretas en rangering av de ulike strekningene mellom stasjonene. Denne rangeringen sier hvilken strekning som bør prioriteres utbedret for å oppnå størst gevinst med tanke på rassikring.

Tabell 3: Oppsummeringstabell og rangering av strekninger basert på skredfare

Strekning	Total rasutsatt strekning (km)	Klasse 3 (km)	Klasse 2 (km)	Klasse 1 (km)	Rangering
Bulken - Evanger	4,6	1,9	1,3	1,4	1
Vaksdal - Trengereid	2,4	1,3	0,2	0,8	1
Dale - Stanghelle	2,2	1,1	0,2	0,9	2
Evanger -Bolstadøyri	3,0	0,5	0,6	1,9	3
Stanghelle - Vaksdal	2,2	0,2	1,5	0,5	4
Trengereid - Arna	1,0	0,2	0,4	0,4	5
Bolstadøyri -Dale	2,2	0	0,2	2,0	6
Voss - Bulken	0,6	0	0,0	0,6	7

Tabellen viser at tre strekninger skiller seg ut som mest rasutsatt: Bulken - Evanger, Dale - Stanghelle og Vaksdal - Trengereid. Målt i km. har Bulken - Evanger en lengre rasutsatt strekning enn de to andre strekningene. Forskjellen i prosent av total strekning er imidlertid liten jamfør figur 7.

Det er vurdert at en eventuell avsporing av togsett som følge av ras kan få størst konsekvenser der sideterrenget er bratt og ender i sjø eller vann. Slik sett kan en avsporing få mer alvorlige konsekvenser for strekningen Vaksdal -Trengereid enn for Bulken - Evanger og Dale - Stanghelle. I tillegg kan et større ras sette både jernbanen og E-16 ut av spill mellom Vaksdal og Trengereid, noe som gjør at transportsystemet i sin helhet er vurdert å være mer sårbart her.

Hva skal til for å sikre de ulike delstrekningene?

Jernbaneverket har gjort følgende vurdering av hva som skal til for å sikre de ulike strekningene:

Voss – Bulken:

Mindre sikringstiltak gjennomføres.

Bulken – Evanger:

Dette er strekningen hvor størst prosentdel av strekningen ligger i klasse 3. Banen går langs ei bratt li og med stedlig vanskelig tilkomst for å utføre rassikringstiltak. Her vil det på sikt være aktuelt å legge banen i tunnel som et rassikringstiltak. Imidlertid kan man oppnå raske og betydelige sikkerhetsgevinster med å bruke rasgjerder/fangnett siden mye av rasene her er steinsprang og ras fra moderat høyde som kan fanges opp av rasgjerdene. Dette kan gjøres for relativt lave kostnader og gjennom etappevise tiltak. Arbeid med oppsetting av rasgjerder er påbegynt på enkelte partier øst for Evanger.

Evanger – Bolstadøyri:

Banen går her i spesielt utsatt i strekning langs bratt sideterreng inn mot Bolstadøyri. Det har vært både steinsprang og vann med utglidning av pukk. Stedvis er terrenget over banen tilgjengelig fra E16, men det er også partier med bratt sideterreng som ikke er like tilgjengelig for utførelse av eventuelle tiltak. Her kan det være aktuelt å legge banen i tunnel, men også på denne strekningen oppnås store gevinster ved mindre tiltak som rasgjerder og dreneringstiltak.

Bolstadøyri – Dale:

Det er behov for sikring mellom tunnel og Bolstadøyri stasjon.

Dale – Stanghelle:

En hoveddel av denne strekningen definert i klasse 3, et parti rett etter Dale stasjon, ca. km 426 og et parti mellom km 427,2 til 427,7. For den siste delstrekningen er det tidligere anbefalt tiltak med fangnettgjerd som monteres i lia. Et fangnettgjerd krever oppfølging og vedlikehold over tid. Det vil også foreligge en restrisiko for skred selv om det er oppført steinsprangnett. Her kan det være aktuelt å legge banen i tunnel eller i skredoverbygg. Oppføring av rasgjerder er påbegynt ved Dalegården.

Stanghelle – Vaksdal:

Strekningen preges av steinsprang og i tillegg ras fra store høyder med et omfang og energi som ikke kan håndteres av rasgjerder og enkle tiltak. Banen går langs sjøen som er svært dyp inn mot land, noe som kan gi alvorlige konsekvenser ved en avsporing ut mot fjorden. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet må banen legges i tunnel.

Vaksdal – Trengereid:

Strekningen preges av steinsprang og ras fra store høyder med et omfang og energi som ikke kan håndteres av rasgjerder og enkle tiltak. Banen går langs sjøen som er svært dyp inn mot land, noe som kan gi alvorlige konsekvenser ved en avsporing ut mot fjorden. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet må banen legges i tunnel.

Trengereid – Arna:

Strekningen har forholdsvis få hendelser, men de er knyttet opp til flom og sørpeskred langs elve- og bekkefar som krysser banen. Det er vanskelig å lage gode permanente sikringstiltak på disse stedene.

Oppsummert:

En utbygging av strekningen Voss – Arna bør skje etappevis med start i Arna etter konsept K5. Dette gir umiddelbar effekt på svært utsatte rasstrekninger som kun kan sikres på en tilstrekkelig måte gjennom tunnel eller rasoverbygg. Det er også store rasutfordringer på den delen av banen som ligger nærmest Voss, men her kan man oppnå gode effekter ved bruk av rasgjerd.

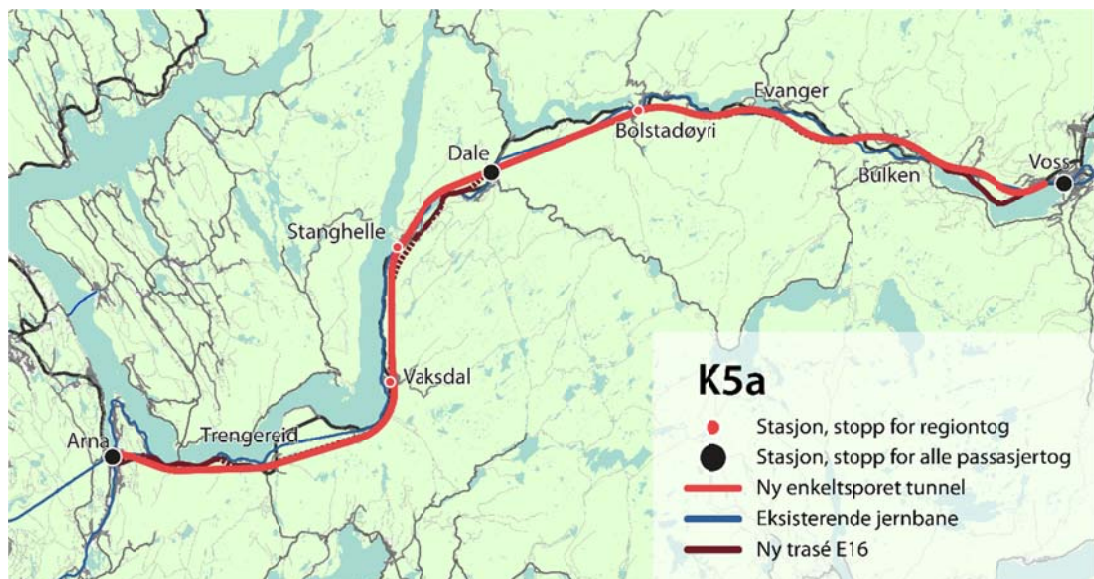
3. Alternativer

3.1 Avgrensning av varianter innen alternativene

Innen de fire alternativene K5a, K5b, K5c1 og K5c2, er det mulig å utforme en lang rekke varianter. Dette gjelder bl.a. ulike varianter av hvor kryssingsspor kan etableres og lengden på disse, og ikke minst hvilket tilbudskonsept og ruteplaner som legges til grunn.

Ved etablering av kryssingsspor er det tatt hensyn til sårbarhet for skred basert på en overordnet skredvurdering som vist i kapittel 3. I tillegg er kapasitet og kjøretid vurdert i forhold til kryssingsspor og ruteplaner.

3.2 Alternativ K5a Enkeltsporet jernbanetunnel parallelt med ny vegtunnel



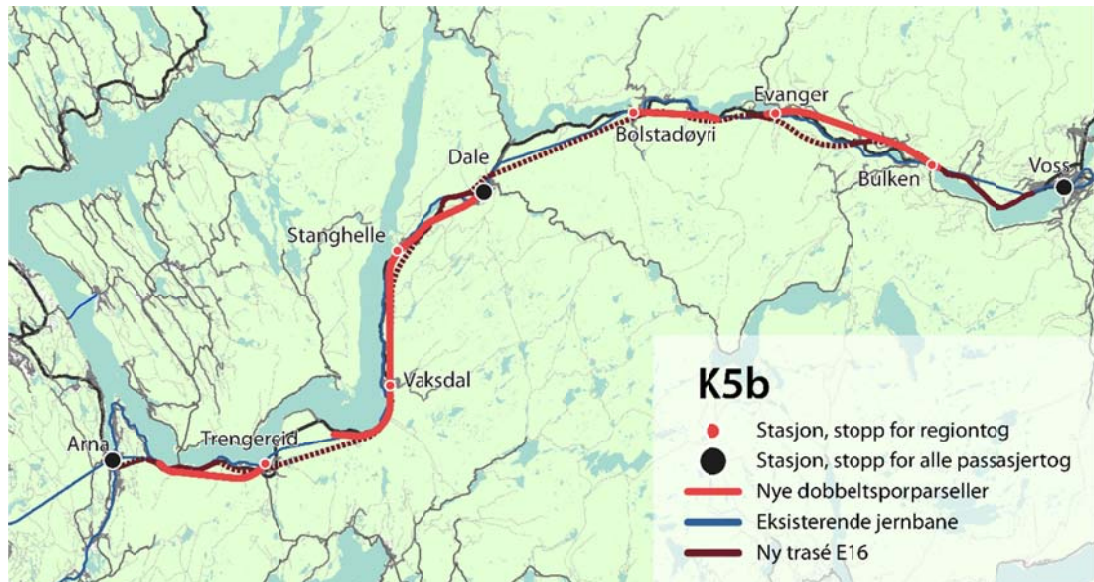
Figur 14: Alternativ K5a: Enkeltsporet jernbanetunnel

Alternativ K5a er direkte basert på KVUens konsept K5, men i stedet for en ny dobbeltsporet tunnel er det valgt en løsning med enkeltsporet tunnel og kryssingsspor, og eventuelle blokkstrekninger. Alternativet tar utgangspunkt i at det bygges ny veg parallelt på strekningen. To tunneløp tjener til gjensidig evakuering, og reduserer dermed behovet for egne rømningstunneler.

I dette alternativet går persontog (fjern- og regiontog) i tunnel. For godstog er det vurdert løsninger der trafikken går både på ny og gammel trasé. Utenom rush vil gods også kunne benytte persontogtunnelen. Derfor kan tunnelen trafikkeres av godstog. Dersom en av banene stenges pga. vedlikehold eller teknisk feil, så kan den andre banen benyttes.

Alternativet er kun koblet på eksisterende bane i Voss og Arna på grunn av høydeforskjeller mellom ny og eksisterende trasé, men det er mulig å tilrettelegge for enda en tilkobling på Stanghelle, men da med ekstra kostnader.

3.3 Alternativ K5b Lengre kryssingssporparseller



Figur 15: Alternativ K5b: Lengre kryssingssporparseller

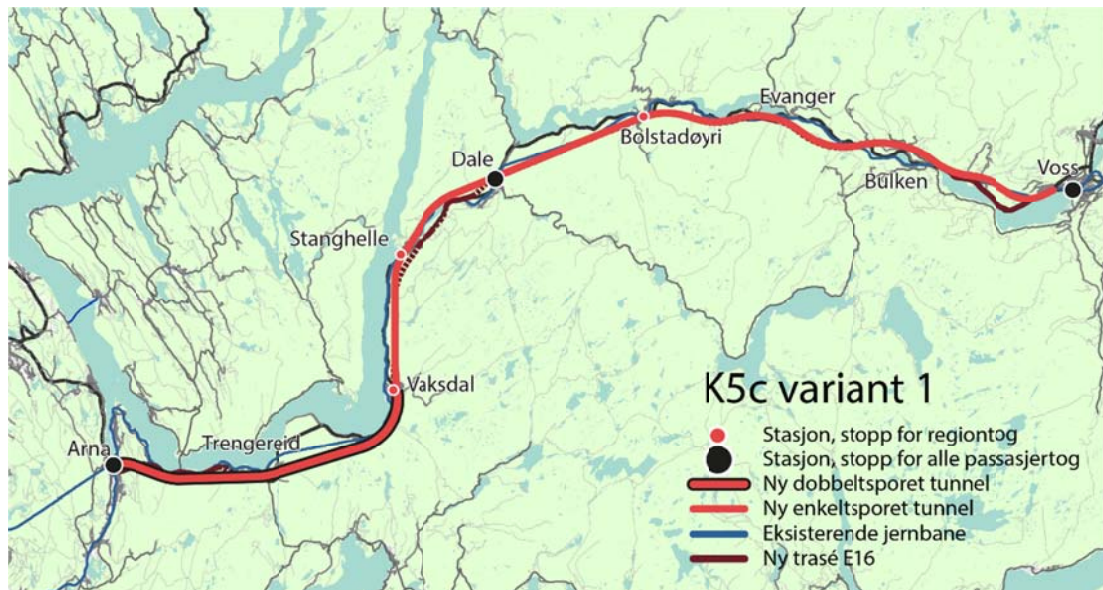
Alternativ K5b består av dobbeltsporsparseller langs dagens trasé. Grunntanken i dette alternativet er å øke sikkerheten særlig mot ras, kjørehastigheten og kapasiteten uten å måtte bygge hele jernbanestrekningen på nytt.

Alternativet er utformet basert på raskartene (se kapittel 0) og de anbefalte kryssingssportiltakene i KVVUens K1. Dette gir fem delalternativer som undersøkes i ulike kombinasjoner med hverandre og eventuelle andre tiltak vist i Figur 15:

- Dobbeltspor fra Bulken til Evanger
- Dobbeltspor øst for Bolstadøyri
- Dobbeltspor mellom Dale og Stanghelle
- Dobbeltspor fra Stanghelle til vest for Vaksdal
- Dobbeltspor fra Trengereid og inn mot Arna

3.4 Alternativ K5c variant 1: Dobbeltspor Bergen-Vaksdal, enkeltspor tunnel til Voss

Alternativ K5c består av to varianter. Felles for variantene er ny dobbeltsporet trasé Arna-Vaksdal og ny enkeltsporet trasé Vaksdal - Stanghelle. I variant 1 fortsetter man med enkeltsporede tunnel fra til Voss, tilsvarende som i alternativ K5a.

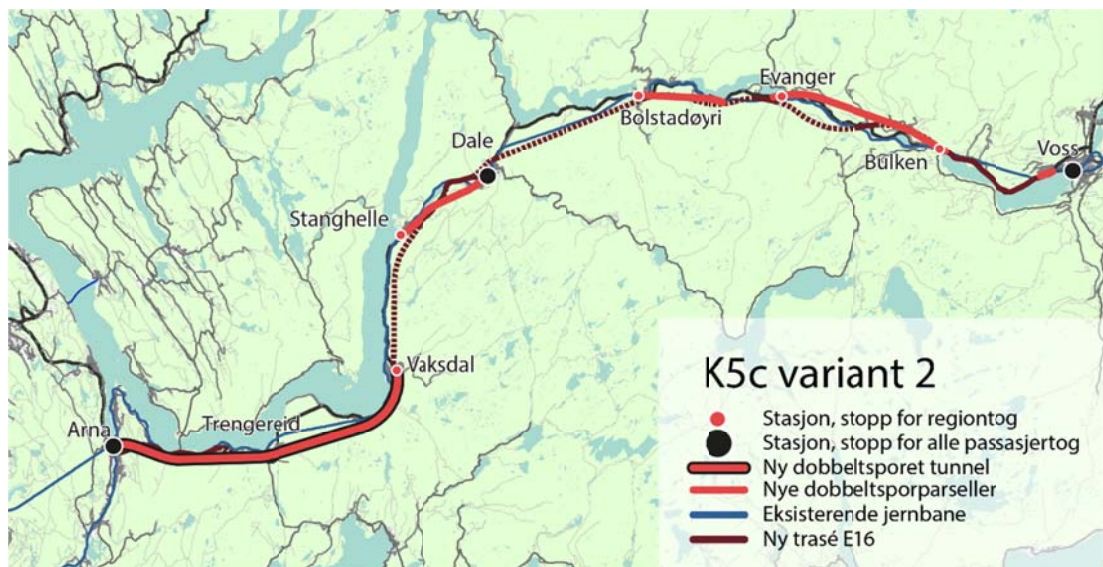


Figur 16: Alternativ K5c variant 1: Dobbeltspor Bergen - Vaksdal, enkeltsporet tunnel til Voss

3.5 Alternativ K5c variant 2: Kombinert med forlengelse av kryssingsspor

I variant 2 ser man på effekter av forlengelse av dobbeltspor, tilsvarende som i K5b, men med dobbeltspor på strekningen Vaksdal-Arna. I tillegg er det vurdert tre delstrekninger med dobbeltspor:

- Dobbeltspor fra Bulken til Evanger
- Dobbeltspor øst for Bolstadøyri
- Dobbeltspor mellom Dale og Stanghelle



Figur 17: Alternativ K5c variant 2: Dobbeltspor Bergen - Vaksdal, dobbeltsporsparseller

4. Kapasitet og kjøretider

4.1 Innledning

Det er gjort en kapasitets- og kjøretidsanalyse av de ulike alternativene med samme metode som i KVVU for Voss-Arna. En del av denne kapasitetsanalysen innebærer beregning av kjøretider.

Hensikten med analysen er å vurdere alternativenes kapasitet og å gi en indikasjon på hvilke tiltak som er nødvendige for at alternativene skal dekke tilbudet som etterspørres.

Analysen er gjort med et tilbudskonsept med ønsket frekvens både for fjerntog, regiontog og godstog.

Innenfor hvert av de fire alternativene er det undersøkt i ulike scenarier med ulike kryssingsmønstre, dvs hvor det kan være tjenlig å legge til rette for kryssende tog på strekninger med enkeltspor. Effekten av dette er vurdert med hensyn til total framføringstid, total ventetid for fjerntog, tiltaksomfang og muligheter for å holde jevn frekvens. I tillegg er det gjort en kvalitativ vurdering av alternativenes robusthet.

4.2 Metodikk

Basert på rasvurderinger og foreslåtte traseer fra KVVUen, er aktuelle infrastrukturtiltak tegnet opp og beregnet. Disse er modellert i simuleringsprogrammet OpenTrack, hvor kjøretider for ulike togtyper beregnes. Det benyttes materialet beskrevet i kapittel 4.2.1. Med forutsetningene gitt under og kjøretidene fra kapittel 4.3.1, kan overordnede ruteplaner konstrueres for hvert alternativ, der ulike scenarier undersøkes. På basis av ruteplanene kan scenariene og alternativene vurderes mot hverandre.

4.2.1 Rullende materiell

For en forenklet kapasitetsberegning er rullende materiell begrenset til følgende togtyper:

- Regiontog (R) (Myrdal/Voss – Bergen): NSB Type 75, enkeltsett.
- Godstog (G) (Alnabru/Drammen – Bergen): EI19, 1200 tonn, 600 meter, V_{\max} 100 km/h
- Fjerntog (F) (Oslo S – Bergen): NSB Type 73 ("Signatur"), enkeltsett

Det legges til grunn at ny omformer er på plass som del av utbyggingen av Ulriken tunnel og for å tilrettelegge for innføring av Flirt-sett (3).

4.2.2 Kjøretidspåslag

Det opereres i KVVUen med et påslag på den teoretiske kjøretiden (med perfekt kjøreadferd, perfekt tilstand på togene og kjøreveien mm) for blant annet å fange opp midlertidige

hastighetsnedsettelse av kort varighet, ulike kjøreatferd, ulike adhesjonsforhold og variasjon av de kjøredynamiske egenskapene innenfor planforutsetningene og andre mindre utforsatte hendelser i togframføringen.

I forbindelse med ruteplanarbeidet til R2027 og IC-prosjektene er dette påslaget vurdert, og det er anbefalt at påslaget også bør gi høyere punktlighet og ta hensyn til usikkerhet for kjøretid ved innføring av ERTMS, konsekvenser av høyere fart (hvor f.eks. uventede stopp vil ha en større konsekvens), usikkerhet knyttet til fremtidens rullende materiell og andre uforutsette utviklinger i sektoren².

I denne utredningen er det derfor brukt et kjøretidspåslag på 12 prosent for kjøring på dagens infrastruktur i kombinasjoner med ny infrastruktur, i tråd med nye føringer for likende beregninger i Jernbaneverket. Kjøretidsberegningene her er derfor ikke direkte sammenlignbare med beregningene i KVVU Voss-Arna, som benyttet et påslag på fire prosent. Dette ville gitt et utslag på ca fire minutter for K5.

For de nye strekningene foreligger det ikke infrastrukturdata på detaljnivå og dermed får vi større usikkerhet ved utforming av traseen. Derfor benyttes det et 15 prosent kjøretidspåslag på nye strekninger (4).

Dobbeltsporparsellen i begge variantene av alternativ K5c, samt ny enkeltsporet tunnel i alternativ K5a og alternativ K5c variant 1 er beregnet med 15 prosent. Siden infrastrukturen i alternativ K5b og K5c variant 2 kan anses som varianter av dagens infrastruktur (se resonnement i kapittel 4.3.1) er de beregnet med 12 prosent.

4.2.3 Tilbudskonsept

Det er lagt til grunn en videreføring av tilbudskonseptet brukt i KVUen:

- Timesfrekvens mellom Voss og Arna, oppnådd gjennom
 - 0,5 fjerntog/time/retning
 - 0,5 regiontog/time/retning
- Dobling av godsvolum gjennom
 - 0,5 godstog/time/retning

Dette betyr dermed tre tog pr time i sum begge retninger.

Det er også analysert to tilbudskonsept for rush, det ene med prioritering av persontog og det andre med prioritering av godstog.

Persontogprioritering utover grunnruten:

- Rushavgang regiontog: 1 regiontog/time/rushretning
- «Godsrush»: 0,5 godstog/time/rushretning

Godstogprioritering utover grunnruten:

- «Godsrush»: 1,5 godstog/time/rushretning (til sammen 2 godstog i timen i rushretning), og ikke rushavganger ut over grunnruten for persontog.

4.2.4 Signalanlegg

I tråd med implementeringsplanen for ERTMS skal ERTMS-anlegg være etablert på Bergensbanen (Bergen-Myrdal) i 2019 – 2020. Dette legges til grunn i analysene (5).

² Dette kan for eksempel være at energiprisene økes slik at det er økonomisk optimalt med lengre fremføringstid.

4.2.5 Oppholdstider og stoppmønster

Vi brukes samme verdier for opphold på stasjoner og holdeplasser som KVVU for Voss-Arna:

- Oppholdstid 0,5 min for regiontog på stopp på strekningen Bergen-Voss
- Oppholdstid 1,0 min for fjerntog på Dale og Arna

I Tabell 4 er stoppmønstrene for de ulike alternativene vist. Godstogene har fått systemstopp på Voss for å ta høyde for at kryssinger, vekselbevegelser o.l. kan måtte skje inn mot prosjektets geografiske avgrensning.

Tabell 4: Stoppmønstre for alternativene.

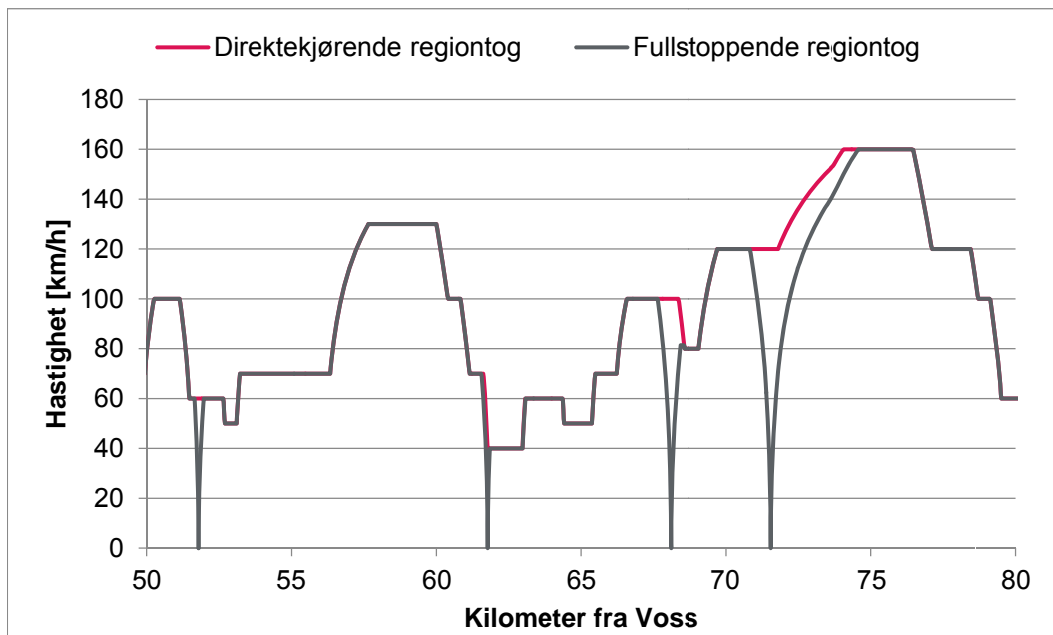
Stasjon/HP	K5a			K5b			K5c1 basert på K5a			K5c2 basert på K5b		
	R	F	G	R	F	G	R	F	G	R	F	G
Voss	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bulken				X						X		
Seimsgrend												
Evanger				X						X		
Jørnevik												
Bolstadøyri	X			X			X			X		
Dale	X	X		X	X		X	X		X	X	
Stanghelle	X			X			X			X		
Vaksdal	X			X			X			X		
Trengereid				X								
Takvam												
Arna	X	X		X	X		X	X		X	X	
Bergen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4.2.6 Beregning av kjøretider og stopptider

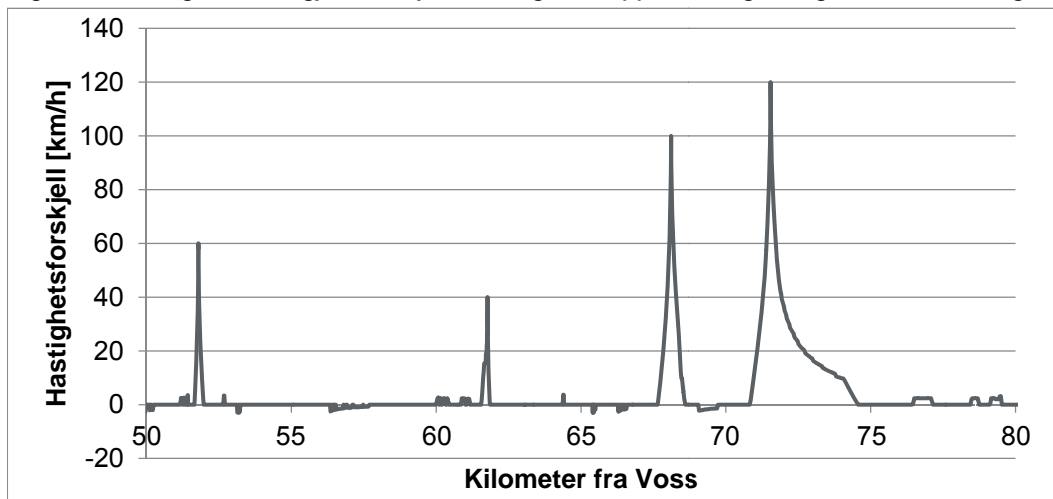
Netto «tap» ved stopp på ulike holdeplasser og stasjoner inkluderer tid for retardasjon og akselerasjon. I tillegg er det tatt hensyn til konsekvensen av at to stopp er så nær hverandre at togene ikke kommer opp i makshastigheten.

Denne metoden baserer seg på to³ sett data fra simuleringsprogrammet: ett der togene kjører gjennom stasjoner i høyeste tillatte hastighet og ett der togene stopper alle steder, se Figur 18.

³ For beregninger med nærliggende stasjoner er det benyttet tre sett for å beregne gevinst eller tap ved enkelte stoppkombinasjoner, da togene ikke kommer opp i linjehastigheten før de må bremse igjen.



Figur 18: Hastigheter for gjennomkjørende og fullstoppende regiontog fra Voss til Bergen



Figur 19: Forskjell i hastighet mellom fullstoppende og gjennomkjørende regiontog fra Voss til Bergen.

4.2.7 Evalueringskriterier

Reell framføringstid i forhold til teoretisk framføringstid, T/T_0

Med kjøretidspåslaget gitt i kapittel 4.2.2, samt konstruksjonen av ruteplaner i de ulike alternativene, vil scenariene få en reell framføringstid, T . Kjøretidene fra kapittel 4.3.1 sammen med stopptider, gir oss videre en teoretisk framføringstid (jfr kap 4.2.2), T_0 , som er uten påslag. Forholdet T/T_0 beskriver dermed faktisk framføringstid for toget med den gjeldende ruteplanen, i forhold til framføringstiden dersom toget hadde vært alene på skinnene.

Med 12 prosent grunntillegg på eksisterende bane, betyr dette at T/T_0 vil gå mot en nedre grense på 1,12 på eksisterende infrastruktur, men ettersom det ikke legges grunntillegg på

oppholdstiden på stasjoner, får faktoren en nedre grense på ca. 1,11 for regiontog på eksisterende infrastruktur på Vossebanen.

Det anbefales i KVVUens vedleggsrapport en grenseverdi på 1,1 for T/T0 for persontog og 1,2 for godstog, med 4 prosent grunntillegg (6). Siden analysen i dette dokumentet tar utgangspunkt i et grunntillegg på 12 prosent, er disse verdiene oppskalert, og gir dermed grenseverdier på hhv. 1,18 og 1,29.

Taktning

Det kan også være nødvendig å forskyve avgangstidene fra Voss eller Bergen slik at de ulike scenarienes kryssinger inntreffer på riktig sted.

Kombinasjonen enkeltsporet bane og vognpark med ulike togtyper gjør at man noen steder må velge mellom lav framføringstid og jevn takt. I denne analysen er framføringstid ansett som viktigst, da frekvensen i utgangspunktet er lav (ett tog per time) og kort kjøretid er et av målene i KVVUen.

I analysen er det sett på avvikene i takt mellom fjerntog-regiontog- og regiontog-fjerntog-rekkefølgene, i begge retninger, for alle stasjoner der begge tog stopper. Disse avvikene gir da et standardavvik, regnet i minutter, som er en god indikasjon på hvor god en ruteplan er til å følge taktene. Eksempelvis betyr et standardavvik på 10 minutter på timesrutene at det i snitt er 50 minutter mellom to avganger og 1 time og 10 minutter mellom de neste to avgangene.

Det er gjort en enkel eksempelberegning der takt prioriteres foran framføringstid⁴ for alternativ K5a. For regiontog øker kjøretiden mot Bergen med 47 sekunder og mot Voss med ett minutt og 7 sekunder (altså i snitt ca. 1 minutt), men for fjerntogene er konsekvensen 3 minutter og 51 sekunder mot Bergen og 4 minutter og 15 sekunder fra Bergen (gjennomsnittlig 4 minutter). Dette tilsvarer altså en økning i T/T0 på hhv. 2 prosent og 11 prosent. Til sammenlikning er standardavviket med maksimal T/T0 på 01:54. Beregninger gjort på alternativ K5b gir om lag samme ekstra framføringstider for fjerntog.

Det vil være ulike syn på hvor stort standardavvik som er akseptabelt, her har vi benyttet 8,33 prosent (altså 5 minutter).

Dette standardavviket har vi brukt for å sile ut scenarier innen hvert alternativ.

Kjøretidsbesparelser

I KVVUen er det benyttet et effektmål på kjøretid, der 40 minutter er definert som god måloppnåelse. Alternativene er undersøkt i forhold til dette målet.

4.3 Resultater

4.3.1 Kjøretider

Det er kjørt OpenTrack-simuleringer av kjøretiden på referansebanen: Det vil si inkludert Arna-Bergen med ferdigstilt Ulriken tunnel. Det er også kjørt simuleringer av infrastrukturen som ligger til grunn for alternativ K5a, lik den brukt i KVVUens K5. Disse er vist i Tabell 5 sammen med framføringstiden for dagens tog.

⁴ Prioritert gjennom økte stoppetider på stasjoner, enkelte kjøretidstillegg.

Tabell 5: Beregnede kjøretider Voss- Bergen for T0, sammenliknet med teoretisk kjøretid for konsept K5 og dagens rutemodell.

	Regiontog		Fjertog		Godstog	
	Mot Bergen	Fra Bergen	Mot Bergen	Fra Bergen	Mot Bergen	Fra Bergen
Dagens rutemodell	01:21:12	01:17:30	01:18:00	01:13:15	01:29:00	01:28:40
Referanse, dagens infrastruktur, inkludert stoppetid (T0)	01:04:59	01:04:59	01:02:27	01:02:23	01:06:34	01:07:39
K5 referanse, inkludert stoppetid	00:35:35	00:35:36	00:32:47	00:32:45	00:49:09	00:49:51

K5a Kjøretider i ny enkeltsporet tunnel

Det benyttes kjøretidene for K5, da traséen er tilnærmet lik.

K5b Kjøretider og nye dobbeltsporsparseller

Valg av løsning vil være en avveining mellom hvilke tiltak som gir rasgevinst, kapasitetsgevinst og som gir kjøretidsgevinst. Selve tiltakene vil variere fra sted til sted, enkelte forlengelser vil være svært vanskelig og også komplisere rasforbygging.

Mange av tiltakene vil gi en kjøretidsgevinst på grunn av høyere dimensjonerende linjehastighet og forkorting av linjen. Det må vurderes stedlig om tiltaket skal bety en helt ny dobbeltsporsparsell i den skisserte traséen, eller om det eksisterende sporet kan benyttes som dobbeltspor i den ene retningen.

Dersom disse tiltakene skal fungere som et dobbeltsporsiltak, vil kjøretidene i begge retninger være avgjørende. Tiltak som ikke benyttes som dobbeltspor er «nice to have», men ikke problemstillingen for K5b. Varianter av disse er mer aktuelle for K5c.

Tiltakene med i K5b er derfor beregnet med kjøretider tilsvarende referanseverdiene. De reelle kjøretidene vil være lavere, da tog som kjører på en strekning med nytt spor, uten å krysse et annet tog, ikke er bundet av denne ruteplanmessige forutsetningen.

K5c Kjøretider med ny dobbeltsporet tunnel

Det legges til grunn at trasé mellom Arna og Stanghelle i stor grad er utformet med samme dimensjonerende hastighet som den i K5a. Derfor benyttes kjøretidene for det konseptet mellom Arna og Vaksdal. Det sees på to hovedvarianter av K5c: basert på K5a og basert på K5b. Varianten basert på K5a vil ha tilsvarende kjøretider for hele strekningen. Varianten basert på K5b, dobbeltsporsparseller, har like kjøretider som dette alternativet, med det samme forbeholdet om at kjøretider vil være tilsvarende dagens eller lavere.

4.3.2 Kapasitetsresultater

Kun scenarier innfor grenseverdiene bestemt i kapittel 4.2.7 er vist her. Vi sitter dermed igjen med scenariene vist i Tabell 7. (Gjennomgang av alle scenarier foreligget i eget arbeidsnotat). En kort omtale av aktuelle scenarier innen hver av de fire hovedalternativene er vist i tabellen under.

Tabell 6. Aktuelle scenario innen hvert alternativ.

Scenario	Beskrivelse
Alternativ K5a K5a1 K5a2 K5a3	Gods på eksisterende Godstog i den ene retningen på ny bane. Alt gods på ny bane
Alternativ K5b K5b5 K5b6 K5b9	Systemkryssing av regiontog på Dale Systemkryssing av regiontog på Stanghelle Systemkryssing av regiontog på Arna
Alternativ K5c variant 1 K5c10 K5c11 K5c12	Som K5a1 Som K5a2 Som K5a3
Alternativ K5c variant 2 K5c21 K5c22 K5c23 K5c24 K5c25 K5c26	Systemkryssing av regiontog på Bulken Systemkryssing av regiontog på Evanger Systemkryssing av regiontog på Bolstad Systemkryssing av regiontog på Dale Systemkryssing av regiontog på Stanghelle Systemkryssing av regiontog på Vaksdal

Tabell 7: Oppsummeringstabell grunnrutescenarier.

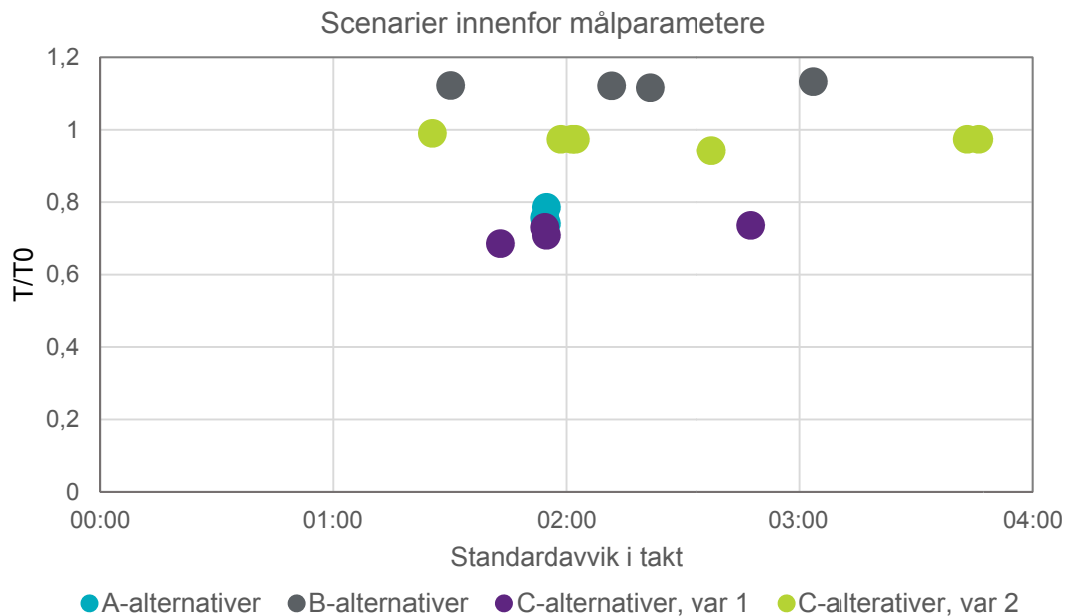
Scenario	T/T0						Frekvens Std.Avik	Ekstra oppholdstid fjerntog
	Regiontog		Fjerntog		Godstog			
K5a1	0,62	0,62	0,59	0,59	1,12	1,17	01:55	
K5a2	0,62	0,62	0,59	0,59	0,90	1,12	01:55	
K5a3	0,62	0,62	0,59	0,59	0,89	1,23	01:54	
K5b5	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,16	01:30	
K5b6	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	02:22	
K5b9	1,11	1,11	1,12	1,15	1,12	1,12	02:12	02:00
K5c10	0,62	0,62	0,59	0,59	0,98	0,98	01:54	
K5c11	0,62	0,62	0,59	0,59	0,85	0,98	01:55	
K5c12	0,62	0,62	0,59	0,59	0,85	0,84	01:43	
K5c21	0,92	0,92	0,92	0,96	1,11	1,11	01:25	05:00
K5c22	0,92	0,92	0,88	0,90	1,11	1,11	03:46	
K5c23	0,92	0,92	0,88	0,90	1,11	1,11	03:43	
K5c24	0,92	0,92	0,88	0,90	1,11	1,11	01:59	
K5c25	0,92	0,92	0,88	0,90	1,11	1,11	02:02	
K5c26	0,92	0,92	0,88	0,90	1,11	1,11	02:01	

De ulike vurderte scenariene er avhengig av ulike tiltak for å fungere. Resultatene i tabellen er illustrert i figuren nedenfor, men her er framføringstid (T/T0) vist som gjennomsnitt for hvert senario.

Figuren på neste side viser at framføringstid er nokså lik innenfor hvert alternativ, men at de skiller seg med hensyn til takt. Dette gjelder alle alternativer bortsett fra K5a som har liten spredning i takt.

Scenariene som er best på standardavvik og framføringstid, har også mest omfattende tiltakene og dermed høyest kostnad. Dette omtales nærmere i kapittel 6 oppsummering.

Figuren viser at alternativene K5a og K5c variant 1 kommer gunstigst ut.



Figur 20: Gruppering av scenarier i forhold til framføringstid og standardavvik på takten.

Det er også gjort en analyse av rushkonseptet med persontogsprioritering (2 persontog og 1 godstog i timen i rushretning, 1 persontog og 0,5 godstog i timen mot rushretning). I tabellen nedenfor presenterer vi resultater for de scenariene innen hvert alternativ som kommer best ut i rushkonseptet. Rushkonseptet fører til en mer «stakato» trafikkavvikling, dvs større standardavvik og ekstra oppholdstider fjerntog. Ut over dette er reisetiden innenfor akseptable rammer.

Tabell 8: Oppsummeringstabell rushkonseptet med persontogprioritering

Innsatstog	T/T0						Frekvens Std.Avik	Ekstra oppholdstid fjerntog
	Regiontog		Fjerntog		Godstog			
K5a10	0,62	0,62	0,59	0,59	1,12	1,21	08:47	06:14
K5b20	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,22	03:04	01:26
K5c40	0,62	0,62	0,59	0,59	1,01	0,98	02:47	01:49
K5c50	0,92	0,92	0,88	0,90	1,07	0,97	02:37	01:50

4.4 Diskusjon og vurderinger

4.4.1 Alternativ K5a

Alternativ K5a gir god kjøretid og gode muligheter for jevn takt, men er avhengig av rassikringstiltak på eksisterende bane dersom rushkonseptet legges til grunn. Få kryssingsmuligheter gir avhengigheter med innsatstog i rush. Det anbefales å vurdere blokkposter mellom Voss og Bolstad og Vaksdal og Arna for å redusere dette noe. Høy framføringstid for gods mot rushretning kan kompenseres med å forlenge kryssingsspor, for eksempel på Stanghelle.

4.4.2 Alternativ K5b

Alternativ K5b vil kreve at alle delparsellene må bygges dersom rushkonseptet legges til grunn, men selv med full utbygging vil ikke robustheten være stor, og systemet vil være utsatt for forsinkelser. Noe høyere robusthet og «slack» i ruteplanene utover det som er beregnet ovenfor kan likevel forventes, siden dobbeltsporparsellene høyst sannsynlig vil føre til lavere framføringstider.

Legges kun grunnruten til grunn, kan dette alternativets tiltaksomfang reduseres.

Det bemerkes i tillegg at på grunn av generelt lavere hastigheter vil stoppmønsteret i alternativ K5b gi en jevnere takt enn stoppmønsteret i alternativ K5a.

4.4.3 Alternativ K5c: Variant 1

K5c-alternativets variant 1 kommer best ut av de undersøkte alternativene. Større kapasitet på grunn av dobbeltsporet til Vaksdal, gir mulighet for å framføre godstogene uten å krysse de før Voss, som gir gunstige framføringstider. I dette alternativet vil det ikke være behov for å benytte dagens bane, selv ikke i rushtimene. Alternativets kapasitet begrenses av strekningen Voss – Bolstad, hvor det må legges til rette for blokkposter. Alternativene er imidlertid ikke like robuste som K5.

4.4.4 Alternativ K5c: Variant 2

Variant 2 er ikke like sterk som variant 1, men den hever seg godt over alternativ K5b i det den gir betraktelig høyere robusthet i rushtimen og bedre framføringstider. For å tilrettelegge for rushkonseptet er det behov for utbygging av alle delparseller, men med dette fås et konsept med tilstrekkelig kapasitet, og mindre tiltaksomfang enn for alternativ K5c variant 1.

4.4.5 Prioritering av gods

Målet om å overføre gods fra vei til sjø og bane, og arbeidet med en langsiktig strategi for å styrke rammen for godstrafikken på Bergensbanen er en viktig premis for utvikling av Vossebanen. Løsningene som vurderes skal gi økt kapasitet og redusert framføringstid for gods på Bergensbanen. I dag er Vossebanen en flaskehals for godstransporten. Som del av kapasitetsutredningen er det sett på hvor mye godstransport de ulike løsningene kan klare å håndtere. I korte trekk er det sett på om det er mulig å erstatte innsatstog (persontog) i rush med godstog. For alternativ K5a, som uansett er avhengig av at dagens bane rassikres for at rushkonseptet med *persontogprioritering* (med 1 regiontog og 0,5 godstog i timen i rush retning utover grunnruten) skal kunne kjøres, vil *godstogprioritering* (med 1,5 godstog i timen i rushretning utover grunnrute) kunne gjennomføres uten større problemer, men det må gjennomføres minst 5 kryssinger på eksisterende bane. Dette innebærer at Trengereid, Vaksdal og Bolstadøyri må får forlengede kryssingspor.

Alternativ K5b kan også håndtere *godstogprioritering*, om enn med litt høy kjøretid for godstog i retning Oslo.

Det kan ikke kjøres flere godstog på alternativ K5c, variant 1, uten at man tar ut godstoget i retning mot rushretning. For å kunne klare dette forutsettes det også at de nye strekningene bygges med optimaliserte blokkposter, da man blir avhengig av lave togfølgetider ut fra Voss. En annen løsning er å rassikre dagens bane slik at godstogene kan kjøre her. Dette vil tilsvare løsningen i alternativ K5a.

På grunn av økt hastighet, stoppmønster og hastigheten på strekningen for øvrig, vil alternativ K5c variant 2 kunne erstatte innsatstoget (persontog) i *persontogprioritering* med et godstog i *godstogprioritering*, med de samme tiltakene.

Da K5 gir mer robusthet, vil alternativene komme dårligere ut, og avhengig av hvilke tog som prioriteres vil de andre togslagene komme dårligere ut.

4.5 Oppsummering

Analysen er utført på overordnet nivå. Hensikten har vært å belyse hvilke konsepter som er bedre enn andre med tanke på kapasitet, robusthet og sikkerhet. Metoden som er benyttet betraktes å være tilstrekkelig for å kunne utføre en vurdering på overordnet nivå. Det er likevel klart at dobbeltspor på hele strekningen vil være bedre spesielt mht. robusthet.

K5c med enkeltspor til Voss kommer best ut kapasitetsmessig og kjøretidsmessig, mens K5b kommer dårligst ut i begge vurderinger. K5b vil gi et lite robust tilbud med høy framføringstid for godstog i rush, og er i tillegg avhengig av mange tiltak for å håndtere et ønsket rushtilbud. K5a vil ha kapasitet til å kjøre både grunnrute og rush med god takt og bra kjøretid, og vil med tiltak (tospors stasjoner) gi grei robusthet. K5c basert på K5a vil gi høyere kapasitet og muligheten til å fremføre et godstog i timen inn mot Bergen i rushtiden, et tiltak som reduserer framføringstiden til godstogene ytterligere.

Scenariene som er gunstige kapasitetsmessig og taktmessig er tatt med videre til kostnadsanalysen. Disse er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Framføringstid for de undersøkte alternativene.

Grunnrute	Dagens	Alternativ K5a	Alternativ K5b	Alternativ K5c variant 1	Alternativ K5c variant 2
Framføringstid regiontog mot Bergen (T/T0)	01:21:12	00:40:11 (0,62)	01:12:18 (1,11)	00:40:11 (0,62)	00:59:34 (0,92)
Framføringstid regiontog fra Bergen (T/T0)	01:17:30	00:40:11 (0,62)	01:12:18 (1,11)	00:40:11 (0,62)	00:59:40 (0,92)
Framføringstid fjerntog mot Bergen (T/T0)	01:18:00	00:37:06 (0,59)	01:09:42 (1,12)	00:37:06 (0,59)	00:55:13 (0,88) - 00:57:13 (0,92)
Framføringstid fjerntog fra Bergen * (T/T0)	01:13:15	00:37:03 (0,59)	01:09:37 (1,12) - 01:11:37 (1,15)	00:37:03 (0,59)	00:55:55 (0,9) - 01:00:09 (0,96)
Framføringstid Godstog mot Bergen (T/T0)	01:29:00	00:58:59 (0,89)	01:14:33 (1,12)	00:56:17 (0,85)	01:14:08 (1,11)
Framføringstid Godstog fra Bergen (T/T0)	01:28:40	01:23:14 (1,23)	01:15:46 (1,12)	00:57:03 (0,84)	01:15:20 (1,11)

*) Både K5b og K5c variant 2 har framføringstid avhengig av scenario som legges grunn

5. Kostnader

5.1 Metodikk

I KVVU Voss – Arna er det for konsept K5 regnet kostnader for dobbeltsporet tunnel på hele strekningen. I denne supplerende utredningen er strekningen mer oppstykket, og det er behov for en mer detaljert kostnadsmodell. Det er derfor valgt å benytte "Intercitymodellen". I forbindelse med mulighetsstudien for Østfold- og Vestfoldbanen i 2010, samt KVVU Intercity i 2011 ble denne benyttet for å beregne kostnader. Metoden er også benyttet i utredning av Ringeriksbanen i 2014.

Metoden tar utgangspunkt i at vi på forhånd definerer et nødvendig antall typiske kostnadselementer for en dobbeltsporet jernbane. Kostnaden er angitt som løpemeterpris eller enhetspris. Alle trasealternativer deles inn i ulike kostnadselementer. Hvis tekniske løsninger eller utfordringer ikke dekkes av noen av de forhåndsdefinerte løsningene, må nye kostnadselementer eller egne kostnadsoverslag benyttes for disse. Basisestimat for en delstrekning eksklusiv påslag blir dermed:

Estimerte kostnader = \sum Løpemeterkostnad x løpemeter + \sum enhetskostnad x enheter

Det er denne kostnaden som er grunnlaget for usikkerhetsanalysen. Vurdering av påslag og usikkerheter vurderes i usikkerhetsanalysen.

Det er benyttet samme kostnad per kostnadselement som i KVVU-Intercityutredningen i 2011, men kostnadene er prisjustert fra 4. kvartal 2011 til 1. kvartal 2014 i henhold til SBB "Byggekostnadsindeks for veganellegg".

Kostnadene er beregnet på basis av et normalprofil for hvert kostnadselement.

Strekningen Voss – Arna er delt inn i delstrekninger basert på stasjoner og holdeplasser som vist i alternativbeskrivelsen foran. Det er gjort kapasitetsvurderinger for i alt 22 varianter av hovedalternativene, og det er laget egne regneark for disse variantene.

I tillegg til kostnadselementene bygger metoden på at definerte påslag legges til for å estimere totalkostnaden. Disse er:

- Uspesifisert 10 %
- Rigg og drift 30 %
- Byggherrekostnad 15 %

Da metoden opprinnelig er utarbeidet for IC-strekningene, er det forutsatt dobbeltspor. I dette prosjektet er det for en stor del enkeltspor. Det er da antatt at kostnaden for enkeltspor er 70 prosent av kostnaden for dobbeltspor. Dette kan selvsagt diskuteres, men må anses å være et «konservativt» anslag.

De rasutsatte strekningene er som nevnt foran inndelt i tre klasser. Tiltak i klasse 2 og 3 anses å være viktig. I klasse 2 er det forutsatt enklere tiltak som bolting og fangnett mens

klasse 3 krever rasoverbygg. I estimatet er det gjort en grov vurdering av fordelingen av dette, og det er regnet løpemeterkostnader for de ulike delene.

5.2 Inndeling i kostnadselementer

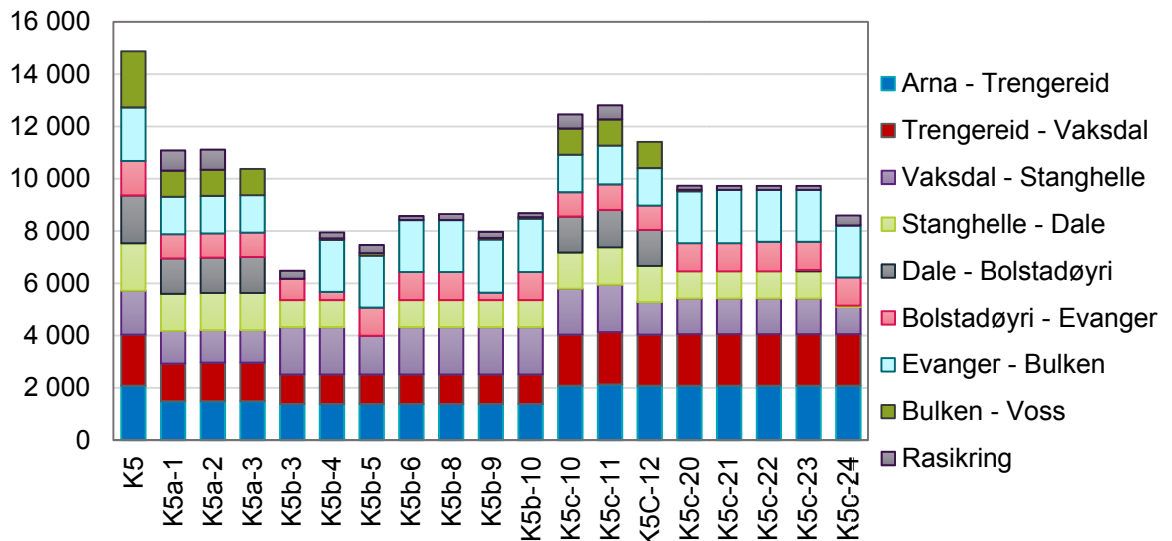
Hvert trasealternativ, kostnadselement og utstrekning av kostnadselementene er vurdert og bestemt av traseansvarlig. Inndeling i kostnadselementer er dokumentert i egne regneark.

5.3 Tunnel eller rasoverbygg

Kostnaden ved å bygge rasoverbygg istedenfor å bygge ny tunnel er vurdert som del av arbeidet. Rasoverbygg er betongkonstruksjoner som bygges over spor i drift, noe som gjør at det ofte er vanskelig tilkomst i byggeperioden. Grovt anslått vil en enkeltsporet tunnel koste ca. 40 prosent mindre pr. løpemeter enn et rasoverbygg hvor byggeforholdene er enkle til middels vanskelige.

5.4 Basisestimat

I tabellen på neste side er kostnadene for hver delstrekning satt sammen til basisestimater for de ulike variantene av hovedalternativene. Figuren nedenfor viser hvordan produksjonskostnadene fordeler seg på delstrekninger. Spesielt er det kostnadene på strekningene Arna - Vaksdal og Dale - Bolstadøyri som skiller mellom alternativene.



Figur 21: Produksjonskostnader ekskl. påslag fordelt på strekning.

Tabell 10: Basisestimert MNOK (2014).

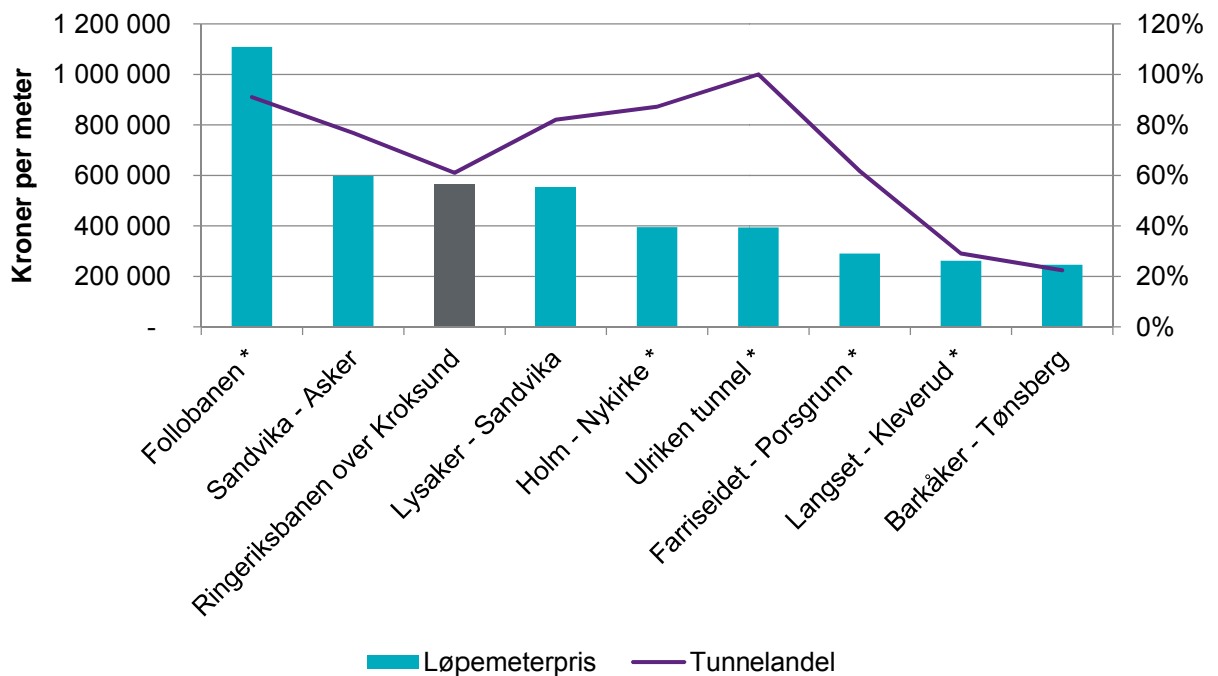
	K5a-1	K5a-2	K5a-3	K5b-5	K5b-6	K5b-9	K5c-10	K5c-11	K5c-12	K5c-21	K5c-22	K5c-23	K5c-24	K5c-25	K5c-26
Arna - Trengereid	1 490	1 490	1 490	1 383	1 383	1 383	2 083	2 133	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083
Trengereid - Vaksdal	1 440	1 473	1 473	1 130	1 130	1 130	1 955	2 005	1 955	1 991	1 991	1 991	1 991	1 991	1 991
Vaksdal - Stanghelle	1 248	1 248	1 248	1 481	1 809	1 809	1 759	1 809	1 248	852	852	852	524	852	524
Stanghelle - Dale	1 419	1 419	1 419	0	1 034	1 034	1 381	1 431	1 381	1 034	1 034	1 034	0	1 034	0
Dale - Bolstadøyri	1 355	1 355	1 377	270	270	0	1 377	1 427	1 377	270	270	270	270	270	270
Bolstadøyri - Evanger	924	924	932	1 024	1 024	283	932	982	932	1 024	1 024	1 024	1 024	1 024	1 024
Evanger - Bulken	1 433	1 433	1 433	1 985	1 985	2 039	1 433	1 483	1 433	2 039	1 985	1 985	1 985	1 985	2 039
Bulken - Voss	1 002	1 002	1 002	0	58	58	1 002	1 002	1 002	0	0	0	0	0	0
Rassikring	769	769		308	154	231	539	539		154	154	154	308	154	308
Produksjonskostnad (MNOK)	11 081	11 114	10 375	7 581	8 848	7 967	12 460	12 810	11 411	9 447	9 394	9 394	8 185	9 394	8 238
+ Uspesifisert 10 %	1108	1111	1037	758	885	797	1246	1281	1141	945	939	939	818	939	824
+ Rigg og drift 30 %	3657	3668	3424	2502	2920	2629	4112	4227	3766	3117	3100	3100	2701	3100	2719
+ Byggherrekostnad 15 %	2377	2384	2225	1626	1898	1709	2673	2748	2448	2026	2015	2015	1756	2015	1767
Byggekostnad (MNOK)	18 223	18 277	17 061	12 467	14 550	13 102	20 491	21 066	18 765	15 536	15 448	15 448	13 460	15 448	13 548

5.5 Sammenligning med KVV Voss - Arna og andre prosjekter

For å sammenligne de nye estimatene med KVV Voss - Arna og med andre prosjekter, har vi benyttet samme metode som beskrevet i kapittel 5.1 for konsept K5 med dobbeltspor Voss – Arna. Estimert kostnad blir da ca. 24 mrd. kr. Dette er høyere enn ca. 22 mrd. kr i KVVUen. Forskjellen skyldes i hovedsak at det nå er benyttet et mer detaljert kostnadsoppsett og at stasjoner og bruer inngår. Samtidig er det viktig å være klar over at det er usikkerhet knyttet til begge estimater.

Gjennomsnittlig kostnad for hele prosjektet Voss – Arna er ca. 350 000 kr pr løpemeter.

Sammenlignet med prosjektene Holm – Nykirke og Ulriken tunnel er dette noe lavere, se figur nedenfor.



Figur 22: Sammenligning mellom prosjekter (Notat om Ringeriksbanen til Samferdselsdepartementet 31. Oktober 2014).

5.6 Etappevis utbygging

Det er i vedleggsrapport om kapasitet for KVV Voss – Arna redegjort for etappevis utbygging av dobbeltspor Voss - Arna. Teksten i kursiv nedenfor er et utdrag fra kapasitetsrapporten.

Generelt er det en fordel å la utbyggingen til dobbeltspor foregå i enden av strekningen, mot en buttstasjon eller der tilbudet (linjer) ender. Det er typisk flere reisende enn midt på strekningen (hvis en linje går mellom to større byer) og da får flest nytte av reisetidsbesparelsen med dobbeltspor. Det vil også være en sikrere kjøretidseffekt av dobbeltsporsparsellen.

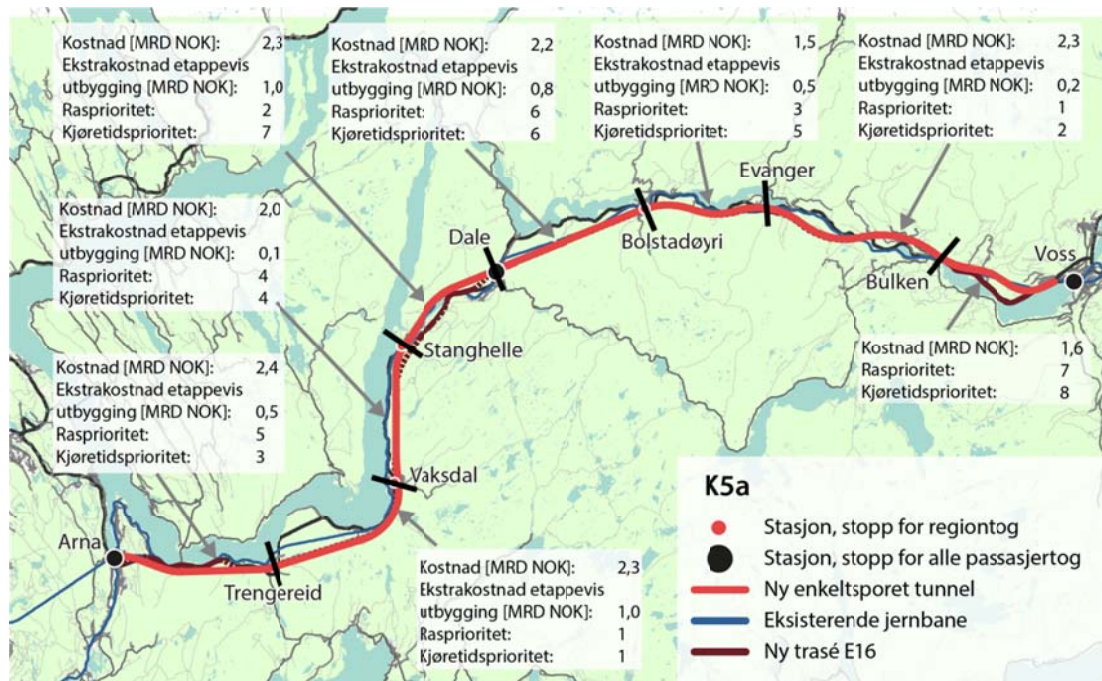
Utbygging i endene av strekningen vil alltid gjøre det mulig å beholde ruteplan og kryssinger uendret på enkeltsporsdelen av strekningen, mens det tas ut full effekt av

dobbeltsporet og tidsbesparelse inn mot endestasjonene. Det er derfor sikrere å oppnå en kjøretidseffekt med utbygging av dobbeltsporparceller i endene.

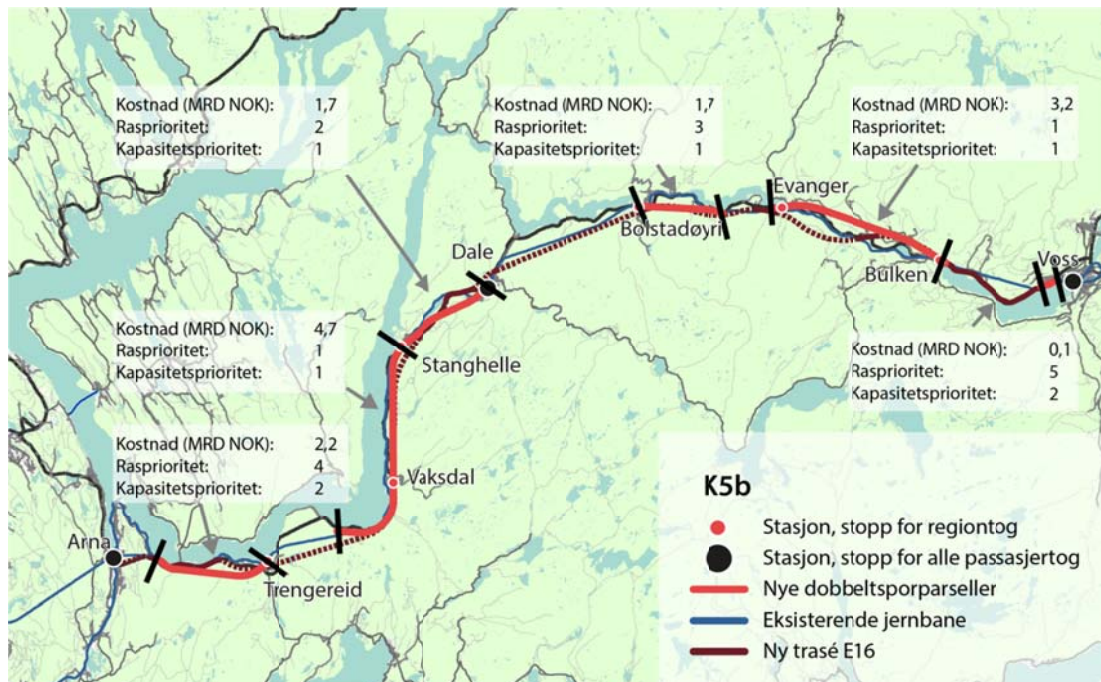
Det anbefales derfor samlet sett ut fra et kapasitetsperspektiv å bygge ut sammenhengende fra Arna mot Voss.

I den supplerende utredning er alle løsningsalternativene delt i mindre utbyggingsetapper. Vi ser at for noen av løsningene medfører en etappevis utbygging ekstrakostnader når etappene settes i drift for å ta ut effekt under veis. De ulike alternativene som er utredet har ulik logikk når det gjelder hvilke etapper som naturlig må bygges først. Det er derfor avgjørende å avklare valg av hovedgrep før en første utbyggingsetappe.

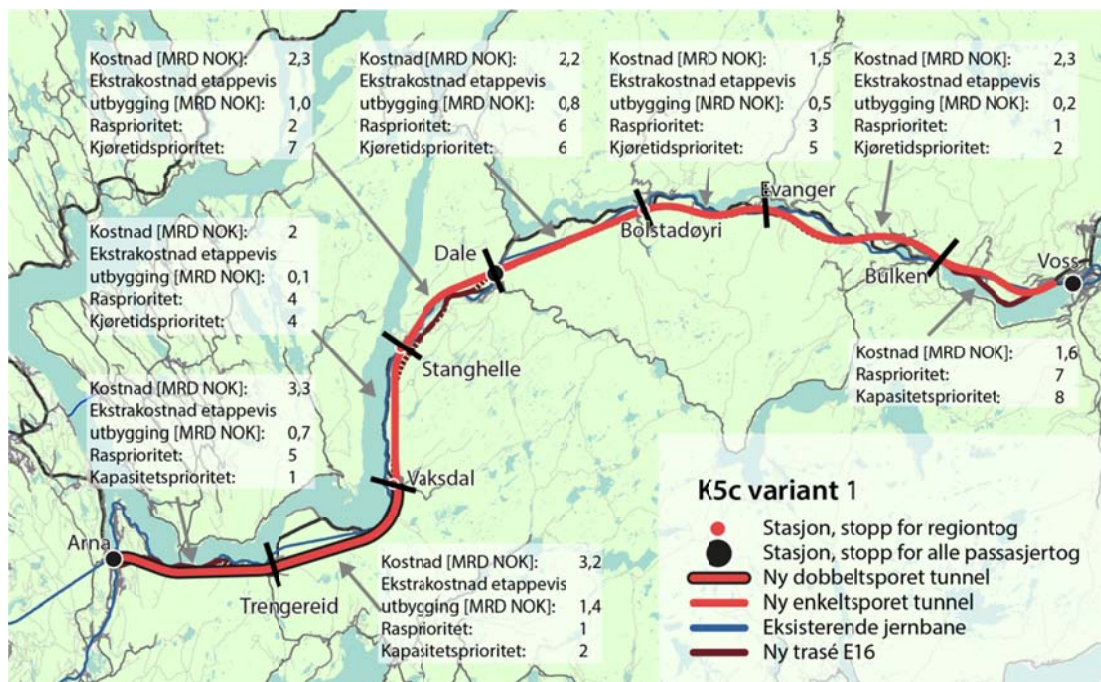
Kartene i Figur 23, Figur 24, Figur 25 og Figur 26 viser kostnadene av enkeltparsellene for alle fire alternativer.



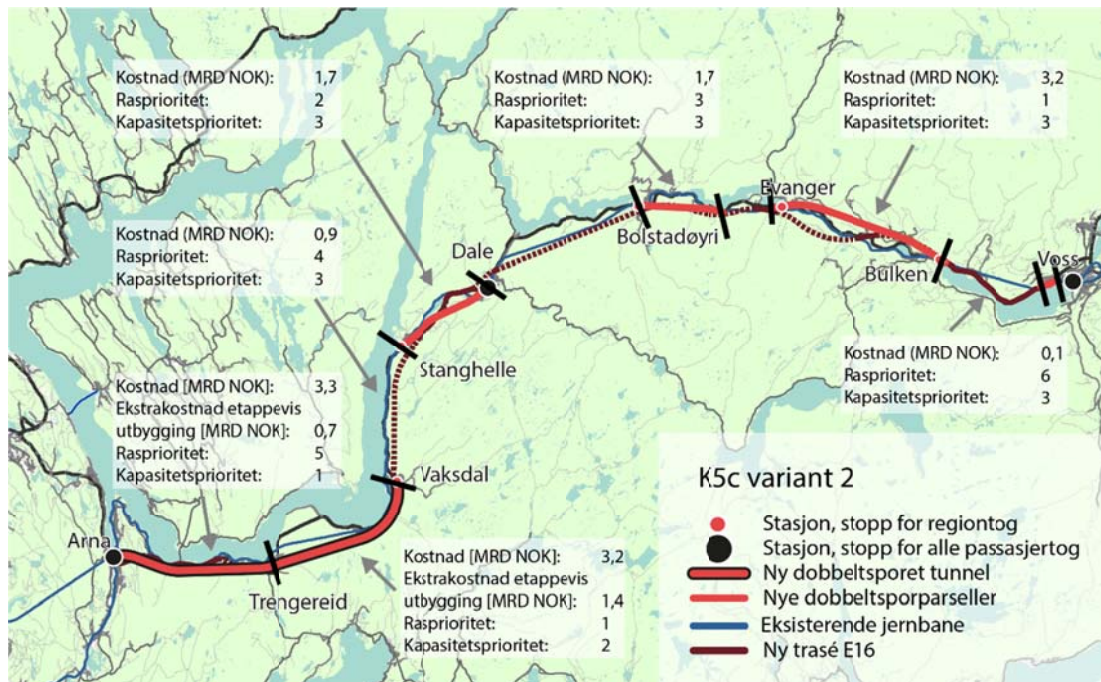
Figur 23: Oversikt over kostnader for ulike parseller som del av en etappevis utbygging for alternativ K5a. Kjøretidsprioritet viser i denne figuren kun til hvilke deler av strekningen som gir størst innsparing i reisetid, siden traseen består av en enkeltsporet bane, og derfor i utgangspunktet ikke gir en økning i kapasiteten.



Figur 24: Oversikt over kostnader for ulike parseller som del av en etappevis utbygging for alternativ K5b. Her viser utredningen av kapasiteten løsningen gir, at de tre dobbeltsporsparsellene midt på strekningen må bygges samlet for å gi tilstrekkelig kapasitet. Ved at parsellene bygges i henhold til dagens infrastruktur faller ekstrakostnader ved tilrettelegging for idriftsetting bort, men det gjør samtidig også gevinsten ved en felles utbygging med vei.



Figur 25: Oversikt over kostnader for ulike parseller som del av en etappevis utbygging for alternativ K5c, variant 1. Alle etappene er lagt til dagens stasjoner, siden det er utbygging mellom stasjoner som gir best effekt ved idriftsetting. I et videre planarbeid bør etappeinndeling også vurderes mot nivået på ekstrakostnader.



Figur 26: Oversikt over kostnader for ulike parseller som del av en etappevis utbygging for alternativ K5c, variant 2

6. Oppsummering og anbefaling

Analysen vurderer fire ulike utbyggingsalternativer og med en rekke scenarier knyttet til disse. Rasutsatte strekninger er behandlet. Det er utført kjøretidsberegninger og kapasitetsvurderinger. Videre er utbyggingskostnadene knyttet til de ulike scenariene estimert.

Det er i KVV Voss-Arna satt opp fire effektmål: 1) Trygg transport, 2) Pålitelig transport, 3) Redusert reisetid, 4) Tilstrekkelig godskapasitet med bane.

Mål nr 1 søkes ivarettatt med ny bane i tunnel eller rassikring langs eksisterende bane. Mål nr. 2 søkes ivarettatt med at det legges til rette for et robust rutetilbud. Mål nr. 4 innbakes i ruteopplegget som alternativene vurderes mot.

I KVV Voss-Arna er det benyttet et effektmål (nr. 3) på kjøretid, der **40 minutter** er definert som god måloppnåelse. Alternativene er undersøkt i forhold til dette målet.

Enkeltsporene i K5a og K5c variant 1 vil ikke gi en direkte kapasitetsøkning, men heller en viktig kjøretidsreduksjon. I tabellen nedenfor er scenariene rangert etter framføringstid. Måloppnåelse etter effektmål nr. 3 er markert med kryss i tabellen.

Tabell 11: Sammenlikning av aktuelle scenarier rangert etter T/T0 (framføringstid).

Scenario	T/T0 Region-tog	T/T0 Fjern-tog	T/T0 Gods-tog	Standardavvik	Kostnad [MNOK]	Måloppnåelse iht KVV	Ekstrakostnad for å kunne kjøre rushkonsept [MNOK]
K5c12	0,62	0,59	0,85	01:43	18 765	x	..**
K5a3	0,62	0,59	1,23	01:54	17 061	x	1 163*
K5c24	0,92	0,90	1,11	01:59	14 134		2 122
K5c25	0,92	0,90	1,11	02:02	14 421		1 835
K5c26	0,92	0,90	1,11	02:01	15 002		1 254
K5c22	0,92	0,90	1,11	03:46	15 996		261
K5c23	0,92	0,90	1,11	03:43	15 996		261
K5c21	0,92	0,96	1,11	01:25	15 996		261
K5b6	1,11	1,12	1,12	02:22	14 098		183
K5b9	1,11	1,15	1,12	02:12	13 102		1 179
K5b5	1,11	1,12	1,16	01:30	12 272		2 008

* Alternativ K5a kan ikke kjøre noen av rushkonseptene utelukkende på ny bane og er avhengig av rasforebyggende tiltak på dagens bane

** Alternativ K5c variant 1 kan ikke kjøre rushkonseptet for godsprioritering utelukkende på ny bane og er avhengig av rasforebyggende tiltak på dagens bane. Rushkonsept for persontog kan kjøres uten tiltak.

En samlet vurdering av temaene som er behandlet i denne rapporten viser at:

- K5a: Løsningen med enkeltsporet tunnel istedenfor dobbeltspor gir gode resultater for kjøretid, mulighet for felles bygging, og utløsning av gevinsten som en felles vei/bane utbygging gir. Løsningen gir imidlertid ikke bedre kapasitet, rutetilbud og framføringstid for godstransporten. For å få en robust infrastruktur må den enkeltsporede tunnelen utvides med lengre kryssningsspor og andre kapasitetsøkende tiltak. Variantene der dagens trase brukes til fremføring av gods anbefales ikke ut fra behovet for ekstra sikring, og konsekvenser for drift og vedlikehold.
- K5c variant1 med dobbeltspor Arna – Vaksdal og enkeltspor videre til Voss kommer best ut kapasitetsmessig og kjøretidsmessig av alternativene vurdert i den supplerende utredningen. Dette alternativet gir mulighet til å fremføre et godstog i timen inn mot Bergen i rushtiden, et tiltak som reduserer framføringstiden til godstogene ytterligere. Løsningen gir mulighet for felles bygging, og utløsning av gevinsten som en felles vei/bane utbygging gir. Samtidig er dette alternativet nesten like dyrt som K5 fra KVVUen, men uten de samme egenskapene som et gjennomgående dobbeltspor vil gi.
- K5b: Dobbeltsporparseller gir god effekt for sikkerhet slik de er plassert i den supplerende utredningen. Løsningen kommer derimot dårlig ut når den måles mot krav og effektmål i KVVUen. K5b kommer dårligst ut mht. kapasitet og kjøretid. K5b vil gi et lite robust tilbud med høy framføringstid for godstog i rush. K5b er i tillegg avhengig av mange tiltak for å håndtere et ønsket rushtilbud. Dette alternativet er imidlertid billigst, men kostnadsgevinsten som en felles bygging med veg gir utgår, da nye dobbeltsporparseller må bygges i sammenheng med dagens infrastruktur.
- K5c variant 2 er ikke like sterk som variant 1, men den hever seg godt over alternativ K5b i det den gir betraktelig høyere robusthet i rushtimen og bedre framføringstider. Dette alternativet medfører en kostnadsreduksjon sammenlignet med konsept K5 i KVVU Voss – Arna, men også her må totalbildet vektlegges ved at innsparingen ved en felles løsning vei/bane reduseres betraktelig.

En gjennomgang og vurdering av løsninger med lavere investeringsnivå viser at de ikke gir de effekter man ønsker å oppnå for en trygg og pålitelig bane med redusert reisetid og god kapasitet for gods *Jernbaneverket anbefaler derfor at KVVUens K5 legges til grunn for en videre planlegging av strekningen Voss – Arna.*

Etappevis utbygging

I den supplerende utredningen er det sett nærmere på et første byggetrinn.

På strekningen mellom Arna og Romslo går vei og bane hver for seg i K5. Det er derfor gjort en vurdering av effekten av å starte fellesprosjektet ved Romslo eller Trengereid, og la banestrekningen Arna-Romslo/Trengereid være en enkeltsporet strekning. Som tidligere omtalt vil dette ha konsekvenser for effekten som kan tas ut av en ny dobbeltsporet parsell. Utbygging i enden av strekninger; her fra Arna -Bergen, vil alltid gjøre det mulig å beholde ruteplan og kryssinger uendret på enkeltsporsdelen av strekningen, mens det tas ut full effekt av dobbeltsporet og tidsbesparelse inn mot endestasjonene. Det er derfor sikrere å oppnå en kjøretidseffekt med utbygging av dobbeltsporparseller i endene. I dag har strekningen Trengereid – Takvam laveste linjehastighet på strekningen. I KVVUen er konklusjonen at ut fra et kapasitetsperspektiv anbefales det å bygge ut fra Arna mot Voss.

Gjennom KVVU-arbeidet anbefalte både Jernbaneverket og Statens vegvesen å starte utbyggingen fra Arna til Vaksdal som en første etappe. Samlet kostnad for utbygging av vei/bane på strekningen Arna – Vaksdal er 9,2 mrd. For jernbanen går strekningen fra Arna og frem til et punkt på dagens trasé ca 2 km sør for Vaksdal. Kostnad for denne etappen for bane er 5,4 mrd.

Tilpasning til dagens infrastruktur ved etappevis bygging gir utfordringer. Kryssløsning og ny stasjon i Vaksdal er lagt høyere enn dagens stasjon i K5. Dagens stasjon ligger på en smal hylle ved sjøen, og det er ikke mulig å få til ny stasjon/kryssløsning ved denne. For å få til hovedgrepet i K5 (felles vei- og banetunnel) må ny trasé legges høyere. I KVVU-en er det vist hvordan man kan avslutte mot Vaksdal ved å gå ned på eksisterende spor før Vaksdal. Denne løsningen gir god rassikring på strekningen, men ikke helt frem til Vaksdal. Denne løsningen har altså en kostnadmessig fordel, men leverer dårligere på sikkerhet.

Jernbanens avslutning frem mot Vaksdal må optimaliseres jfr. de siste alvorlige skredhendelsene på Boge.

Å forlenge første utbyggingsetappe til også å omfatte strekningen fram til og med Vaksdal, vil gi store ekstrakostnader ved tilrettelegging for drift av den nye traséen (anslått til 1,4 mrd. for bane).

Det er derfor også vurdert å forlenge en første etappe til Stanghelle. Ved Stanghelle sammenfaller ny og gammel trase, noe som gir reduserte ekstrakostnader. En etappe forbi Vaksdal og frem til og med Stanghelle vil gi fullgod effekt for ras også på denne strekningen, og reduserte ekstra kostnader for påkobling til eksisterende trase (anslått til 0,1 mrd. i den supplerende utredningen).

Tabell 9 i rapporten viser at kjøretidsgevinsten Arna – Voss kan være opp til ca. 40 min i alternativene K5a og K5c1 sammenlignet med dagens kjøretid. Dersom man bygger dobbeltspor Arna- Stanghelle utgjør det grovt regnet 1/3 av strekningen Arna – Voss. Man skulle da kunne forvente en reduksjon i framføringstid på 10 – 15 minutter for persontog avhengig av togslag, ruteopplegg og trase. En lengre dobbeltsporparsell vil også gi mulighet for et ruteopplegg der kryssing legges til dobbeltsporparsellen og tidstap ved kryssing på den eksisterende delen av traseen reduseres.

Tabell 12. Oversikt over kostnader ved en etappevis utbygging:

	Jernbane			Vei	Totalt
	Strekninger med kostnader for bane:	Ekstrakostnad ved etappevis utbygging: Kobling til dagens trase for bane	Sum i mrd. bane	Sum i mrd. vei	
Anbefaling KVVU Arna - Vaksdal	Arna- 2 km før Vaksdal	-	5,4	3,8	9,2
Arna til og med Vaksdal	Arna- Trengereid 3,3 Trengereid-Vaksdal 3,2	1,4	7,9	3,8	11,7
Arna til og med Stanghelle	Arna-Trengereid 3,3 Trengereid-Vaksdal 3,2 Vaksdal-Stanghelle 2,7	0,1	9,3	5,8	15,1

Anbefalingen på grunnlag av den supplerende utredningen er at en første utbyggingsetappe:

- Enten følger anbefalingen fra KVVUen, med en første etappe mellom Arna og Vaksdal, men i et videre planarbeid optimaliseres avslutningen før Vaksdal i forhold til skred og kapasitet
- Eller at det planlegges en første etappe helt fram til og med Stanghelle. Etappen vil gi økt rassikring, men har også høyere kostnad.

Videre anbefales det at det tidlig gjennomføres sikring av strekningen mellom Bulken og Evanger med rasgjerder og andre tiltak.

7. Kilder

1. **Statens Vegvesen og Jernbaneverket.** *KVVU Voss-Arna. Konseptvalgutgreiing for transportløysing veg/bane. Hovudrapport.* Bergen : s.n., 2014.
2. **Terramar og Oslo Economics.** *Kvalitetssikring (KS1) av KVVU for Voss - Arna.* Oslo : s.n., 2014.
3. **NSB.** *Vossebanen - Nytt materiell.* Bergen : s.n., 2015.
4. **Jernbaneverket.** *Vedlegg 16: Grunnlagsdata for kapasitetsanalyser.* Oslo : s.n., 2015.
5. —. *ERTMS National implementation plan.* Oslo : Jernbaneverket, 2013. ERP-00-A-00001-00E.
6. **Jernbaneverket og Statens Vegvesen.** *VEDLEGG 06 Kapasitetsutredning jernbane.* Bergen : Jernbaneverket, 2014.
7. **Natvig, Erik og Skåtun, Therese.** *Rutemodell 2027: Fase 2 Utvikling og anbefaling av tilbudskonsepter. Persontrafikk utenom Østlandet og godstrafikk.* Oslo : Jernbaneverket, 2015.
8. **Jernbaneverket.** *Registrerte skredhendelser langs banestrekningen Voss - Arna.* [Email] s.l. : Jernbaneverket, 2015.
9. **Sweco Grøner.** *Rasfarekartleggign langs Vossebanen. Fra Voss stasjon (km 385,320) til vestre påhugg Hettatunnelen (km 434,117).* 2007.
10. **Multiconsult.** *Rasfarevurdering Vossebanen. Rapport etter kartlegging av bergskjæringer km 434,117 - 471,250.* 2007.
11. **NGI.** *Bergensbanen vest. Prosjekt sørpeskred.* 1989.
12. **Mesta.** *Forebyggende rassikring Bergensbanen. Vurdering av tiltak Vestre påhugg Hernestunnel - ca. ved km 407,650 og Kattagjelet tunnel - ca. km 409,340.* 2014.
13. **Jernbaneverket.** *Hovedplannotat Vossebanen. Investeringstiltak sideterreng Km 397,200 - 471,250.* 2012 (rev. 2015).
14. —. *Flomstredene på Vossabana og Flåmsbana. Kunne flommen unngås i Flomsdalen 28. oktober 2014.* 2015.
15. **Multiconsult.** *Skred Bergensbanen - Dalegarden. Stabilitetsvurdering og beskrivelse av sikringstiltak.* 2015.
16. **Statens vegvesen.** *Skredhendelse ved Boge 21 mai 2015 E16 hp 11 km 2,300 - 2,450.* 2015.