



Jernbane-
direktoratet

Verdsetting av skredsikring på strekningen Arna – Stanghelle

Vedlegg til transport- og samfunnsøkonomisk analyse av
jernbanedelen av fellesprosjektet til NTP 2022-2033 –
oppdrag 9

FAGLIG GRUNNLAG

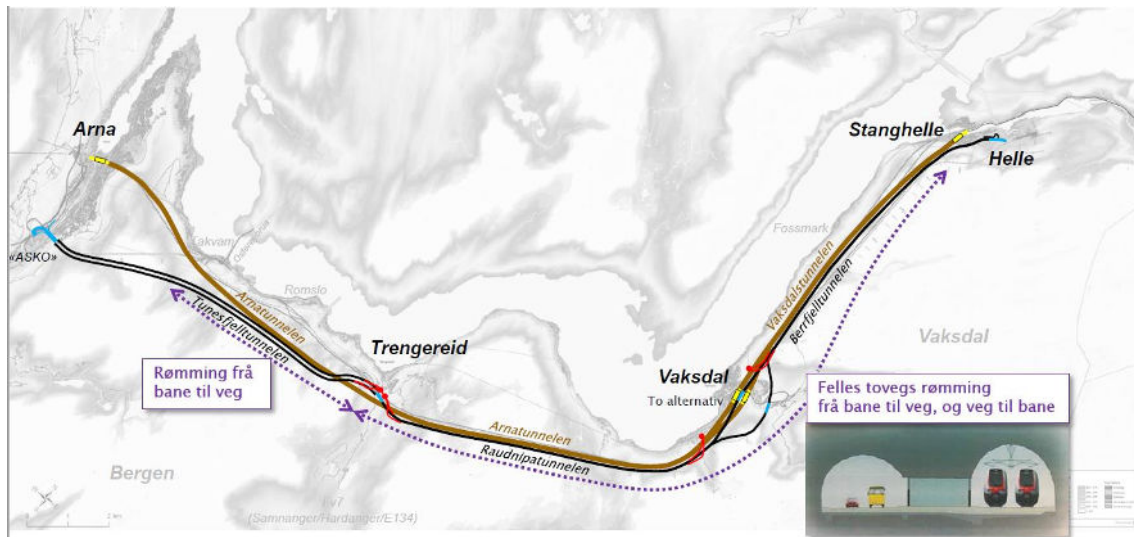
Innhold

1	Bakgrunn for skredanalysen	3
2	Situasjonsbeskrivelse	3
2.1	Situasjonen i dag	3
2.2	Skredhistorikk	4
3	Verdsetting av skredsikring.....	5
3.1	Nytteverdien av skredsikring.....	5
3.2	Verdsetting av ulempe- og tidskostnader ved stenging.....	6
	Vedlegg.....	13

1 Bakgrunn for skredanalysen

I 2014 ble det utarbeidet en KVV for ny felles transportløsning på veg og bane på strekningen Voss – Arna. Prosjektet er nå i gang med utarbeiding av statlig reguleringsplan for den første planlagte delstrekningen, mellom Arna og Stanghelle. Det er ventet at denne planen skal ut på offentlig høring medio 2020.

Til NTP 2022-2033 har Statens vegvesen levert en oppdatert samfunnsøkonomisk analyse av fellesprosjektet Arna-Stanghelle, som er illustrert i figuren under.



Figur 1: Tiltaket Arna – Stanghelle ¹

I tillegg gjør Jernbanedirektoratet en samfunnsøkonomisk analyse der vi vurderer lønnsomheten av jernbanedelen av fellesprosjektet isolert. Det er denne analysen vi tar for oss her.

Arna-Stanghelle er en svært skredutsatt strekning og behovet for økt sikkerhet er en prosjektutløsende faktor. Siden skredsikring er såpass sentralt gjør vi en separat vurdering av nyttevirkningene knyttet til denne faktoren, og kun for jernbanen, i dette vedlegget. Verdiene vi kommer frem til vil inngå i den øvrige samfunnsøkonomiske analysen.

2 Situasjonsbeskrivelse

2.1 Situasjonen i dag

Bergensbanen er den banestrekningen i landet som har flest skredhendelser, og da særlig på Vossebanen. Hele strekningen mellom Voss og Arna går i et rasutsatt område. Her følger jernbaneinfrastrukturen til en viss grad den hundre år gamle traseen, og har krapp kurvatur, liten kapasitet og flere partier med svært lav fart. Sidebratt terreng og høye skjæringer gir stor fare for skred og steinsprang.

Jernbaneverket gjorde i 2015 en kartlegging av skredhendelser på Vossebanen, med vurdering av hva som skulle til for å sikre de ulike delstrekningene. For strekningen Stanghelle-Trengereid heter det at «Strekningen preges av steinsprang og ras fra store høyder med et omfang og en energi som ikke kan håndteres av rasgjerdar og enkle tiltak. Banen går langs sjøen som er svært dyp inn mot

¹ Kilde: Prosjektet E16 og Vossebanen Arna–Stanghelle, Statens vegvesen.

land, noe som kan gi alvorlige konsekvenser ved en avsporing ut mot fjorden. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet må banen legges i tunell.»²

I Silingsrapporten på E16 og Vossebanen Arna-Stanghelle omtales skredfaren på strekningen nærmere:

«Det har vore mange skredhendingar langs dagens transportåre mellom Arna og Stanghelle. Jernbanen og E16 slynger seg langs den bratte fjordsida, og ligg derfor utsett til for skred. Trafikantar har fleire gonger vorte råka, men til alt hell har ingen omkome. Tog har og køyrt inn i skred og avsporingar har skjedd. Dei seinare åra har det vore fleire store hendingar som har ført til at E16 og jernbanen har vore stengd i lengre periodar.

Det har vore flest problem knytt til steinsprang og steinskred på denne strekninga. Klimatiske forhold og eit vestlandsk sidebratt terreng er viktige faktorar. Over tid ser ein ei klar opphoping av steinsprang om vinteren og tidleg om våren. Fryse- og tineprosessar samt nedbør ser ut til å utgjere hovudårsak.

Det har og vore mange lausmasseskred, og frå tid til anna går det både sørpeskred og snøskred. Desse hendingane er knytt til bestemte vertypar, og kan i hovudsak koplast til regn, snøforhold, snøsmelting.

I fylgje klimaforskarar kan det verte meir ekstremvær dei neste åra. Om det skjer kan hyppigheita på skred auke i tida framover.»

2.2 Skredhistorikk

Under følger en oversikt over registrerte hendelser på strekningen Arna - Stanghelle de siste 8 årene.

Tabell 1: Registrerte hendelser med konsekvenser for jernbanen mellom Arna og Stanghelle i perioden 2011–2018 ³

Lokasjonsbeskrivelse	Tidspunkt	Driftsstans J/N	Type ras/skred	Volum av rasmasser	Lengde av berørt linje	Baneskader
Vaksdal - Trengereid	16.01.2011 19:30:00	N	Vann/Snø/ls	<0,5m ³	<10m	
Vaksdal - Trengereid	16.01.2011 20:00:00	N	ls/Stein	<0,5m ³	<10m	
Stanghelle - Vaksdal	25.12.2011 18:46:00	2 dager, 13 timer og 51 minutter	Stein	0.5-5m ³	<10m	Kabler/ledninger
Vaksdal - Trengereid	29.12.2011 13:00:00	N	Stein	0.5-5m ³	<10m	
Stanghelle - Vaksdal	15.02.2012 14:30:00	N	Stein	<0,5m ³	<10m	
Stanghelle stasjon	06.04.2013 09:25:00	0 dager, 4 timer og 45 minutter	Steinskred	<0,5m ³	<10m	
Trengereid - Arna	16.02.2014 12:00:00	N	Jordskred	0.5-5m ³	<10m	Annet
Stanghelle - Vaksdal	21.08.2014 14:10:41	N	Steinsprang enkeltblokker	0.5-5m ³	<10m	
Vaksdal stasjon	28.10.2014 17:00:00	N	Flomskred vann,jord,stein	0.5-5m ³	<10m	Annet
Trengereid - Arna	10.12.2014 13:30:00	N	Steinskred	0.5-5m ³	<10m	Annet
Vaksdal - Trengereid	12.05.2015 13:15:57	0 dager, 9 timer og 25 minutter	Flomskred vann,jord,stein	5-25m ³	10-30m	Annet
Vaksdal - Trengereid	21.05.2015 16:00:00	1 dager, 23 timer og 0 minutter	Flomskred vann,jord,stein	25-100m ³	>100m	Underbygning
Trengereid - Arna	04.12.2015 08:05:00	N	Jordskred	0.5-5m ³	<10m	Annet
Vaksdal - Trengereid	26.01.2016 15:55:00	N	Steinsprang enkeltblokker	0.5-5m ³	<10m	Annet
Trengereid - Arna	01.03.2016 13:41:28	N	Steinsprang enkeltblokker	0.5-5m ³	<10m	Annet
Trengereid stasjon	04.01.2017 20:06:48	0 dager, 1 timer og 28 minutter	Steinsprang enkeltblokker	<0,5m ³	<10m	Annet
Vaksdal - Trengereid	15.05.2017 13:55:57	N	Steinsprang enkeltblokker	<0,5m ³	<10m	Annet
Stanghelle stasjon	23.03.2018 17:47:14	N	Steinsprang enkeltblokker	<0,5m ³	<10m	Annet
Stanghelle - Vaksdal	23.11.2018 10:07:49	N	Steinsprang enkeltblokker	<0,5m ³	<10m	

I åtteårsperioden 2011-2018 ble det registrert 19 skredhendelser på strekningen. Kun fem av disse hendelsene medførte stenging. Lengden på disse stengingene varierte fra ca. 2,5 døgn til ca. 1,5

² Kilde: Supplerende utredning til KVV Voss-Arna, Jernbaneanverket (2015).

³ Kilde: Banedata.

time. Gjennomsnittlig lengde på stengingene var ca. 1 døgn og 1 time. Går vi lenger tilbake og ser på perioden 1920 – 2018, ble det registrert 80 skredhendelser mellom Stanghelle og Arna; et gjennomsnitt på 0,82 per år.⁴ Etter ca. 2000 har registreringen av skredhendelser blitt mer nøyaktig. Dermed er det mer usikkert å sammenlikne tall fra tidligere perioder med tall for de siste 20 årene.

I kapittel 3.2.1.1 under gjør vi et forsøk på å fremskrive antallet skredhendelser som medfører stenging, og tilhørende antall stengingstimer per år, til bruk i verdsettingen av redusert skredrisiko.

3 Verdsetting av skredsikring

3.1 Nytteverdien av skredsikring

Nytteverdien av skredsikringstiltak på bane kan deles i tre kategorier av virkninger.

Ulempes- og tidskostnader ved stenging

Det dreier seg om verdien av å avverge stenging knyttet til et skred som ødelegger og/eller stenger jernbaneinfrastrukturen. For persontransport er dette reduksjon av ulempes- og tidskostnadene knyttet til at de reisende må bytte til et annet transportmiddel (typisk buss), og forsinkelser dersom dette transportmiddelet bruker lenger tid på å frakte dem til destinasjonen. For godstransport vil stenging innebære kostnader knyttet til forsinkelser og redusert pålitelighet. Nytteverdien ved skredsikring er da økt pålitelighet.

Disse kostnadene kan også påløpe som en følge av annonsert stenging ved skredfare eller ved vedlikehold for å redusere skredfare.

I noen tilfeller kan konsekvensene av et skred være at de reisende blir innestengt, dvs. at tilgangen til omkjøringsmuligheter blir blokkert. I denne analysen forutsetter vi at det er omkjøringsmuligheter uansett hvor på strekningen skredet rammer.

I skredanalysen vil vi prioritere å verdsette virkninger i denne kategorien.

Ulykkesrisiko – død, skade & materiell

Det dreier seg om verdien av å redusere risikoen for død og personskade, samt skader på infrastruktur og togmateriell, enten dersom et skred treffer et tog direkte eller at et tog kjører inn i et skred og sporer av e.l. I utgangspunktet er det svært få ulykker knyttet til toglinjen på denne strekningen, og trolig enda færre når vi avgrensner det til ulykker forårsaket av skred. Det er til nå ikke registrert personskade eller tap av liv på Vossebanen på grunn av skred eller steinsprang.

Når det gjelder skader på togmateriell så dekkes kostnadene av forsikringer. Dermed holder vi dette utenfor analysen. Når det gjelder kostnader knyttet til skader på infrastruktur og opprydding har vi forhørt oss med Bane NOR om tall knyttet til historiske hendelser. De opplyser at kostnader knyttet til de fleste skredhendelser er ført som «akutt feilretting», og at det derfor er umulig å knytte kostnadene til selve hendelsene. Dermed må vi holde også disse kostnadene utenfor analysen.⁵

Nyttevirkningene av skredsikringstiltaket på ulykkesrisiko vil uansett være lave. Vi vil derfor ikke gjøre ytterligere innsats for å verdsette denne virkningen i skredanalysen.

Når det gjelder ev. storulykke(r) i referanse – dvs. risikoen for at et tog blir truffet av skred og gir fatale konsekvenser - er det slik at sannsynligheten er veldig lav mens konsekvensen er veldig store. Dermed vil nåverdien av å ta dette inn i analysen bli lav. Det er viktig å være oppmerksom på at dette kan undervurdere den egentlige kostnaden for samfunnet.⁶

⁴ Kilde: Supplerende utredning til KVV Voss-Arna, Jernbanelaget (2015).

⁵ De få kostnadstallene vi har fått tilsendt er såpass lave at de er neglisjerbare.

⁶ Se omtale av føre var-prinsippet i DFØs veileder i samfunnsøkonomiske analyser (kap. 4.4.4).

Det har vært noen få storulykker med tog i Norge, men ingen av disse skyldtes skred. Siden sannsynligheten for en slik hendelse er nærmere 0 vil vi ikke gjøre noen nærmere vurdering av dette i denne sammenheng.

Følelsen av utrygghet knyttet til skredfare

Dette dreier seg om å redusere bekymringen eller følelsen av utrygghet folk føler når de ferdes på en jernbanestrekning med skredfare. Dette er altså en kostnad som ikke er direkte knyttet til de faktiske konsekvensene av skred, men handler om upåliteligheten pga. frekvensen av skredfaretilstand og de *potensielle* konsekvensene av et skred.

Menon og TØI har i 2019 gjennomført en verdsettingsstudie av utrygghet knyttet til skred, på oppdrag fra transportvirksomhetene. Her har de forsøkt å finne enhetsverdier som transportvirksomhetene kan bruke i samfunnsøkonomiske analyser av tiltak som har effekt på skredsikkerhet.

Konklusjonen i studien er at undersøkelsen ikke gir grunnlag for å etablere separate enhetspriser for utrygghet ved skred. Det er to hovedårsaker til dette:

- De har ikke klart å dokumentere at folk er i stand til å skille ut utrygghetskomponenten fra de andre komponentene ved reisen. Det betyr at forskerne ikke har klart å isolere effekten av utrygghet fra andre effekter av skred. Dermed er det fare for dobbelttelling med andre virkninger som allerede prissettes i analysene, som ulempes- og tidskostnader, samt ulykkeskostnader.
- Statistisk testing viste manglende sammenheng mellom sentrale størrelser knyttet til skred. Dermed er enhetsverdiene de kom frem til ikke pålitelige.

Det er altså ikke metodisk forsvarlig å sette en kroneverdi på redusert følelse av utrygghet. Som en følge av dette omtaler vi denne virkningen kun kvalitativt i skredanalysen.

3.2 Verdsetting av ulempes- og tidskostnader ved stenging

I den samfunnsøkonomiske analysen av Arna-Stanghelle er det gjennomført transportanalyse for to ulike beregningsår, 2030 og 2050. I dette kapittelet vil vi beregne nytten knyttet til skredsikring for de samme to beregningsårene.

3.2.1 Referanse

3.2.1.1 Fremskrivning av skredhendelser som medfører stenging

På grunn av klimaendringer er det ventet en økning i antallet skredhendelser fremover. Usikkerheten er imidlertid stor når vi skal vurdere fremtidig antall hendelser, antall hendelser som medfører stenging og antall stengingstimer i referansealternativet.

Norsk klimasenter utarbeidet i 2016 (oppdatert juli 2017) en vurdering av ventede klimaforandringer og -utfordringer.⁷ Rapporten viser sannsynlig økning for kraftig nedbør, regnflom, samt jord-, flom- og sørpeskred. Dokumentet gir imidlertid ikke grunnlag for å tallfeste hvor mye risikoen vil øke over tid.

I en utredning av rassikring på strekningen Lågheller-Mjølfjell (også på Bergensbanen) ble det lagt til grunn 1 % årlig økning i antall timer stenging/linjebrudd.⁸ De historiske tallene som ble benyttet i denne rapporten viste kun en svak økning i antallet skredhendelser som hadde gitt stenging på strekningen siden 1920. Det ble videre presisert at registreringer av henvendelser hadde blitt mer nøyaktig de siste 15 årene (2000-2015). I denne 15-årsperioden var det store årlige variasjoner i

⁷ [Klimaprofil Hordaland](#).

⁸ Kilde: Bergensbanen - utredning Lågheller-Mjølfjell. Jernbaneverket 2016.

antall hendelser, og de glattede tallene indikerte til og med en nedgang de siste årene. Ut fra de historiske tallene alene var det dermed ikke noe godt grunnlag for å forutsette flere skredhendelser over tid.

Prosjektet viste imidlertid til en rekke analyser som tilsa at klimaendringer ville gjøre skred stadig mer sannsynlig i fremtiden. Siden ingen av disse ga et godt grunnlag for *kvantifisering* av økt skredrisiko over tid, la prosjektet skjønnsmessig til grunn en 1 % årlig vekst i avbruddstimer for tog på strekningen.

I dette prosjektet ble det benyttet et skille mellom korte avbrudd med stenging inntil to timer og lange avbrudd med stenging over to timer. Årsaken er at konsekvensene av avbruddene for togtrafikken varierer med lengden på avbruddet. For korte avbrudd venter toget til skredet er ryddet og blir tilsvarende forsinket, mens ved lange avbrudd innstilles som regel toget og transporten av personer (og gods) blir flyttet over på buss (og trailere).

Valgt tilnærming for fremskrivning

Vi har valgt samme tilnærming som i rapporten om Lågheller–Mjølfjell beskrevet over.

Som dokumentert under punkt 2.2 ble det i åtteårsperioden 2011-2018 registrert 19 skredhendelser på strekningen Arna-Stanghelle. Kun fem av disse hendelsene medførte stenging. Lengden på disse stengingene varierte fra ca. 2,5 døgn til ca. 1,5 time. Gjennomsnittlig lengde på stengingene var 25 timer.

I tabellen under har vi fordelt hendelsene hvert år på hhv. korte og lange stenginger, summert opp totalt antall stengingstimer per år, og regnet gjennomsnittet over tiårsperioden.

Tabell 2: Årlige timer med stenging på strekningen Arna-Stanghelle pga. skred 2011-2018 ⁹

	Lengde på stenging		SUM
	< 2 timer	> 2 timer	
2011	0	62	62
2012	0	0	0
2013	0	5	5
2014	0	0	0
2015	0	56	56
2016	0	0	0
2017	1	0	1
2018	0	0	0
Årlig snitt	0	15	16

Vi legger til grunn en årlig vekst i antall stengingstimer på 1 % for tog på strekningen. Det innebærer at forventet antall stengingstimer øker fra et gjennomsnitt på 16 timer i 2018 til 18 timer i 2030, 21 timer i 2050 og 35 timer i 2100. Dersom vi antar at gjennomsnittlig lengde på hendelser som medfører stenging i fremtiden er 8 timer, får vi 2 slike hendelser i 2030, 3 hendelser i 2050 og 4 hendelser i 2100. Vi presiserer igjen at disse tallene er svært usikre, både fordi historien viser at antallet hendelser varierer mye fra tiår til tiår, og fordi forutsetningene vi tar i fremskrivningen er usikre.

Som nevnt over har fordelingen mellom korte og lange stenginger i teorien betydning for verdsettingen i den samfunnsøkonomiske analysen. I praksis har det imidlertid lite å si i denne analysen, da gjennomsnittlig antall stengingstimer i den korte kategorien er så lavt at det er neglisjerbart, også så langt frem som i 2100. Dermed verdsetter vi i denne analysen kun lengre stenginger som medfører videre transport med alternativt reisemiddel.

⁹ Kilde: Banedata.

3.2.1.2 Antallet togavganger og reisende som blir påvirket av de forventede stengingene

I tabell 6 i vedlegget er det estimater for totalt antall reisende per dag i hhv. 2030 og 2050 for alle relasjoner som er innom strekningen Arna-Stanghelle, fordelt på reiselengde.

Reiser under 70 km. og mellom 70 og 200 km.

I beregningen av antallet reisende som kan bli berørt av skred på reiser under 200 km. benytter vi avganger med regiontoget på Vossebanen. En del av de reisende her, særlig på strekninger mellom 70 og 200 km. kan også være reisende på fjerntoget. For enkelhets skyld antar vi at alle disse også reiser med regiontoget. Beregninger viser at det uansett ikke blir store forskjeller dersom vi gjør en mer nøyaktig fordeling mellom region- og fjerntog.

I tilbudskonseptet som ligger til grunn for referansealternativet i analysen av Arna-Stanghelle forutsettes det totalt 29 avganger per døgn (15+14). Dette gir i snitt 82 og 90 reisende per avgang i hhv. 2030 og 2050.

Som forklart i 3.2.1.1 forutsetter vi at gjennomsnittlig lengde på skredhendelser som medfører stenging i fremtiden er 8 timer. Siden dette er 1/3 av et døgn antar vi at antallet berørte avganger per hendelse er ca. 10 ($29 \cdot 8/24$). I 2030 og 2050 antar vi hhv. 2 og 3 skredhendelser som medfører stenging. Dette gir 1 583 regiontogreisende som opplever stenging i 2030 ($10 \cdot 2 \cdot 82$) og 2 620 reisende som opplever stenging i 2050 ($10 \cdot 3 \cdot 90$).

Reiser over 200 km og nattogreisende

I beregningen av antallet reisende som kan bli berørt av skred på reiser over 70 km. benytter vi avganger med fjerntoget på Bergensbanen. I tilbudskonseptet forutsettes det totalt 14 avganger (7+7), hvorav 2 er nattog.

De 12 fjerntogavgangene på dagtid har i snitt 169 og 178 reisende per avgang i hhv. 2030 og 2050 (tallene er i realiteten høyere pga. passasjerfordelingen vi har gjort mellom region- og fjerntog, omtalt over. Dette har imidlertid lite å si for sluttresultatet av beregningen. De to nattogavgangene har i snitt 128 og 140 reisende per avgang i hhv. 2030 og 2050.

Vi antar altså at hver stenging varer i 8 timer, noe som gir ca. 5 berørte fjerntogavganger (inkl. nattog) per skredhendelse ($14 \cdot 8/24$). I 2030 og 2050 antar vi hhv. 2 og 3 hendelser som medfører stenging. Dette gir 1 524 fjerntogreisende som opplever stenging i 2030 ($5 \cdot 2 \cdot 128$) og 2 414 ($5 \cdot 3 \cdot 140$) reisende som opplever stenging i 2050.

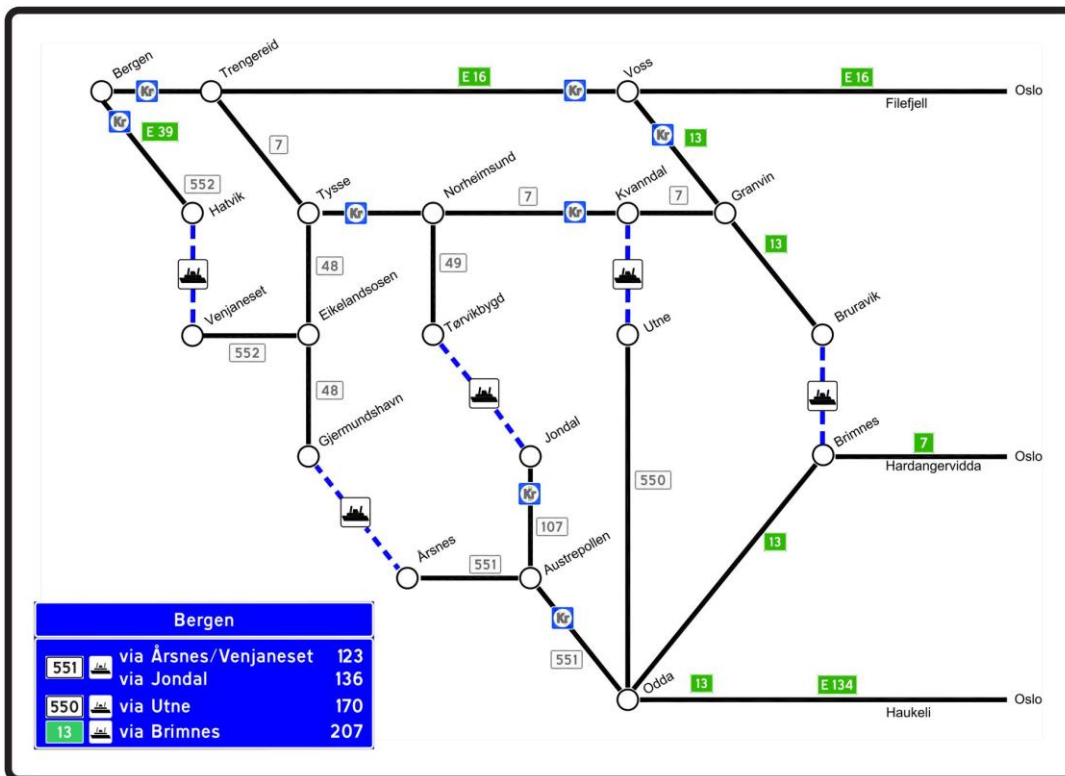
Tabell 3: Tallgrunnlag for beregning av antall reisende som berøres av stenging

Referansealternativ	Regiontog		Fjerntog (Inkl. nattog)	
	2030	2050	2030	2050
Avganger per døgn	29	29	7	7
Lengde per skredhendelse	8 t	8 t	8 t	8 t
Ant. berørte avganger per stenging	10	10	5	5
Ant. reisende per avgang	82	90	297	318
Ant. hendelser som gir stenging	2	3	2	3
Ant. reisende som opplever stenging	1 583	2 620	1 524	2 414

3.2.1.3 Tidstap som følge av omkjøring med buss

I beregningene av tidstap knyttet til omkjøring forutsetter vi for enkelhets skyld at alle togpassasjerer som blir rammet reiser vestover og skal til Bergen. Vi antar at tidstapet rammer ganske symmetrisk mellom de som reiser østover og vestover, slik at dette er en akseptabel tilnærming.

Figuren under viser omkjøringsmuligheter i området dersom toglinje og/eller E16 er stengt.



Figur 2: Alternative omkjøringsmuligheter ved stenging av Vossebanen og/eller E16 ¹⁰

Etter innspill fra Statens vegvesen legger vi til grunn tre alternative omkjøringsmuligheter med buss for transport videre til Bergen.

I tilfellene der skred har stengt både toglinjen og E16:

1. Hvis skredet rammer på delstrekningen Arna–Trenegreid: Statens vegvesen opplyser at hovedomkjøring buss for tog er via Fv7/Fv48/Fv552/ferge Venjanaset–Hattvik/E39, som vist i figur 2. Ved beregning av tidstapet må vi ifølge Statens vegvesen ta høyde for at alt av tungtransport også vil måtte kjøre om her, samt kapasitetsbegrensning på fergesambandet. Vi legger derfor til 45 min. på gjennomsnittlig reisetid her. Se reisetider i tabell 7 i vedlegget.
2. Hvis skredet rammer på delstrekningen Trenegreid–Stanghelle: Statens vegvesen opplyser at hovedomkjøring buss for tog er via E16 (tilbake til Voss)/Rv13/Fv7/E16, som vist i figur 2. På grunn av at all annen trafikk også må kjøre om her, på veistrekninger som har begrenset kapasitet, legger vi til 30 min. på gjennomsnittlig reisetid. Se reisetider i tabell 8 i vedlegget.

Pga. at toglinjen og vegen går parallelt på store deler av strekningen forutsetter vi at skred stenger både toglinje og veg i snitt i 80 % av stengingstiden. Videre antar vi at skredene rammer like hyppig på de to delstrekningene, slik at omkjøring 1 og 2 gjelder i 40 % hver av stengingstiden.

¹⁰ Illustrasjon fra Statens vegvesen, ifm. en skredhendelse i 2015 der Stanghelle-tunnelen ble stengt.

I tilfellene der skred har stengt kun toglinjen:

3. Alternativet er da buss for tog raskeste veg, via E16/E39. Vi forutsette at dette skjer i de resterende 20 % av stengingstiden. Se reisetider i tabell 9 i vedlegget.

3.2.1.4 Verdsetting av konsekvenser av skredhendelser for persontransport

Vi har benyttet følgende tidsverdier fra den siste verdsettingsstudien fra TØI.

Tabell 4: Tidsverdier togreisende 2018-kr.

	Under 70 km.	Mellom 70 og 200 km.	Over 200 km.	Faktor forsinkelse
Arbeid	82	164	202	2,3
Fritid	76	133	159	2,3
Forretning	431	403	450	2,3

Gjennomsnittlig tidstap som følge av omkjøring med buss er vektet med 0,2 for raskeste omkjøring og 0,4 for hver av de to alternative omkjøringene, som forklart over, dvs. $(15 \cdot 0,2 + 148 \cdot 0,4 + 213 \cdot 0,4) = 2 \text{ t } 46 \text{ min}$ (jf. tabeller med reisetider i vedlegget). Videre antar vi at en stenging i snitt medfører en ekstra forsinkelse på 20 min. for å få på plass buss for tog.

For både tidstap og ekstra forsinkelse har vi ganget tidsverdiene med en forsinkelsesfaktor på 2,3, som anbefalt av TØI. Summen av tidstap og forsinkelse per reisende blir da $VTTS \cdot 2,3 \cdot (52 + 20) / 60$, der VTTS er tidsverdien om bord.

I tillegg har vi regnet inn en omstigningsulempe. Kostnaden ved en omstigning består av både en fast ulempe og ulempen av tida brukt på omstigning. Den faste omstigningsulempen er verdsatt slik av TØI:

Tabell 5: Omstigningsulempe tog

	Under 70 km.	Minst 70 km.
Forretning	4 min	7 min
Andre reiser	17 min	29 min

Vi har antatt en omstigningstid på 15 minutter, med samme kostnad som en tilsvarende økning i reisetida om bord.

Regnestykket for omstigningsulempen for en forretningsreise på under 70 km. blir da $VTTS \cdot (4/60 + 1 \cdot 15/60)$, der VTTS er tidsverdien om bord.

Videre ganger vi hhv. tidstap, ekstra forsinkelse og omstigningsulempe med antall reisende per år som opplever stenging, fordelt på reisehensikter. I referansealternativet får vi da en **ulempes- og tidskostnad som følge av skred på ca. 5,3 mill. 2018-kroner i 2030 og ca. 8,5 mill. 2018-kroner i 2050.**

3.2.1.5 Verdsetting av konsekvenser av skredhendelser for godstransport

Skredhendelser på strekningen Arna-Stanghelle kan påvirke påliteligheten til godstransporten på Bergensbanen. Verdsettingen av pålitelighet avhenger av standardavviket til fremføringstiden av godset.¹¹

Fremføringstiden til godstog varierer av mange årsaker, både som følge av ulike rutetider, som følge av større eller mindre forsinkelser og ekstremhendelser som skred. Godstog kjennetegnes også ved at de tillates å ankomme før rutetiden, noe som ytterligere påvirker standardavviket. For å beregne den forventede endringen i standardavvik som følge av skred, har vi basert oss på fremskrivningen av skredhendelser, og gjennomsnittlig lengde på hendelser som medfører stenging (8 timer), som det er redegjort for i kapittel 3.2.1.1.

Ved å bruke denne metoden har vi estimert en endring i standardavvik målt i minutters endring. Våre anslag er at standardavviket i forhold til planlagt fremføringstid øker med om lag 6,4 minutter med to skred i 2030, og 16,1 minutter med tre skred i 2050. Skredene rammer tilfeldig, og vi har brukt de gjeldende grunnprognosene for å anslå godsmengden som rammes.¹²

Videre har vi brukt gjennomsnittlige tidsverdier for gods fraktet på Bergensbanen. Disse er regnet ut ved å vekte andelen gods i de ulike varegruppene på Bergensbanen med TØIs varegruppespesifikke tidsverdier.¹³

Denne fremgangsmåten gir et **nyttetap for transportørene på ca. 5,7 mill. 2018-kroner i 2030 og 8,7 mill. 2018-kroner i 2050.**

3.2.2 Tiltak

Beregningen av nyttevirkningene dreier seg om å regne på hvor mye risikoen for stenging blir redusert av utbyggingen av dobbeltspor på strekningen.

I den samfunnsøkonomiske analysen har vi brukt en tunnelandel på 90 %, dvs. at antallet tunellkilometer øker fra dagens 16 til 25.¹⁴ Det er planlagt at jernbanen skal gå i tunnel mellom de tre gjenværende stasjonene på strekningen, dvs. Arna, Vaksdal og Stanghelle. Dermed vil det gjenstå kun korte daglinjer i forbindelse med stasjoner og kryss.

Forutsatt at det er svært lav/ingen skredfare på de gjenværende daglinjene, kan vi legge til grunn at skredfaren fjernes helt på strekningen Arna-Stanghelle. I så fall fjernes alle kostnadene vi kom frem til knyttet til stenging i referansealternativet, både for persontransport og for godstransport.

Trafikantnyttene som følge av skredsikring i tiltaket blir dermed **ca. 5,3 mill. 2018-kroner i 2030 og ca. 8,5 mill. 2018-kroner i 2050.** Tilsvarende blir godsnyttene som følge av skredsikring i tiltaket **ca. 5,7 mill. 2018-kroner i 2030 og ca. 8,7 mill. 2018-kroner i 2050.**

Før vi legger disse verdiene inn i SAGA som en del av trafikantnyttene for Arna-Stanghelle-prosjektet, KPI- og realprisjusteres de til 2030-kroner. Dermed korresponderer de med verdiene for trafikantnytte beregnet i transportmodellene.

3.2.3 Faktorer vi ikke har med i beregningene

Det er noen faktorer knyttet til skredsikring som av ulike grunner ikke er verdsatt i denne analysen. Noen lar seg ikke verdsette eller er kompliserte å verdsette, som f.eks. følelsen av utrygghet og

¹¹ Kilde: Bedrifters verdsetting av raskere og mer pålitelig transport. TØI-rapport 1680/2019.

¹² Kilde: Fremtidens transportbehov. Transportbehov for person- og godstransport 2018-2050. TØI-rapport 1718/2019.

¹³ Kilde: Den norske verdsettingsstudien for godstransport. TØI-rapport 1680/2019.

¹⁴ Kilde: Planprogram for fellesprosjektet Vossebanen og E16.

avvisningseffekten. Andre faktorer mangler vi tall på. I sum er dette faktorer som ville ha økt nytten av å skredsikre strekningen.

- Som forklart i punkt 3.1 har vi ikke tatt med reduksjon i ulykkesrisiko eller følelsen av utrygghet knyttet til skredfare.
- Vi har ikke tatt med reduksjon i oppryddingskostnader som følge av redusert antall skred på strekningen. Vi har vært i kontakt med Bane NOR men de har ikke klart å gi oss gode anslag på denne typen kostnader.
- Lange stenginger, som vi har tatt for oss her, kan tenkes å ha effekter på reiseetterspørsel. Noen vil trolig velge å ta fly eller buss, ev. la være å gjennomføre reisen, dersom skredhendelse medfører lange stenginger og buss for tog. Disse effektene er imidlertid svært usikre og vanskelige å tallfeste. Vi har derfor ikke hensyn til dem i analysen.¹⁵

¹⁵ Den samme vurderingen ble gjort i analysen av Lågheller-Mjølfjell.

Vedlegg

Tabell 6: Reisende Arna–Stanghelle fordelt på reisehensikt

År	Under 70 km.		Mellom 70 og 200 km.		Over 200 km.		Nattog (over 200 km.)	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Arbeid	408	447	794	881	118	125	15	16
Fritid	234	257	781	860	1 665	1 748	209	230
Forretning	36	39	123	135	247	260	31	34
Totalt	677	743	1 698	1 876	2 031	2 133	255	281

Tabell 7: Reisetider ved omkjøring 1 - via Fv7/Fv48/Fv552/ferge Venjanaset–Hattvik/E39

	Reisetid buss Inkl. kø & ferge	Lengde	Reisetid tog	Tidstap buss
Stanghelle-Bergen busstasjon	3 t 2 min	108 km.	36 min	2 t 26 min
Vaksdal-Bergen busstasjon	2 t 56 min	100 km.	27 min	2 t 29 min
Tregereid-Bergen busstasjon	2 t 47 min	89 km.	18 min	2 t 29 min
Gjennomsnittlig reisetid	2 t 55 min		27 min	2 t 28 min

Tabell 8: Reisetider ved omkjøring 2 - via E16 (tilbake til Voss)/Rv13/Fv7/E16

	Reisetid buss Inkl. kø	Lengde	Reisetid tog	Tidstap buss
Stanghelle-Bergen busstasjon	3 t 50 min	199 km	36 min	3 t 14 min
Vaksdal-Bergen busstasjon	3 t 58 min	208 km	27 min	3 t 31 min
Tregereid-Bergen busstasjon	4 t 12 min	220 km	18 min	3 t 54 min
Gjennomsnittlig reisetid	4 t		27 min	3 t 33 min

Tabell 9: Reisetider ved omkjøring 3 - E16/E39

	Reisetid buss	Lengde	Reisetid tog	Tidstap buss
Stanghelle-Bergen busstasjon	50 min	55 km	36 min	14 min
Vaksdal-Bergen busstasjon	41 min	45 km	27 min	14 min
Tregereid-Bergen busstasjon	35 min	35 km	18 min	17 min
Arna-Bergen busstasjon	24 min	24 km	8 min	16 min
Gjennomsnittlig reisetid	38 min		22 min	15 min