



Jernbane-
direktoratet

Kunnskapsrapport klimatilpasning

Fase 2: Økonomiske rammer for klimatilpasning

Dokument nr: Multiconsult rapport 10252516-02-TVF-RAP-001

Dato: 18. mai 2026

Utarbeidet av Inger Lise Tyholt Kaj Halvorsen Rune Bratlie	Saksnummer 2024/2219
Godkjent av Rune Bratlie	Journalpostnummer 2024/2219-10
Dato 18. mai 2026	Versjon 01 Endelig utgave
Endringslogg: 19. desember 2025	00 Kommentarutgave til Jernbanedirektoratet

Innhold

Sammendrag	5
1 Innledning	6
2 Formål og virkeområde	9
3 Datagrunnlag	10
3.1 Analysegrunnlaget fra fase én	10
3.2 FRAM.....	10
3.3 Rapporter og utredninger fra Bane NOR	11
4 Metode	12
4.1 Beregning av årlig sannsynlighet for driftsstans og nedetid i dagens klima.....	12
4.2 Beregning av enkeltstående nedetidssannsynlighet ved driftsstans i dagens klima	14
4.3 Beregning av sannsynlighet for driftsstans og nedetid i fremtidens klima.....	14
4.4 Beregning av økonomisk ramme for klimatilpasning.....	14
4.5 Beregning av samlede kostnader ved 1-årig driftsavbrudd	15
4.5.1 Godstransportkostnader	16
4.5.2 Persontransportkostnader	17
4.6 Utvalgte caser	20
4.6.1 Østfoldbanen – uspesifisert hendelse sør for Sarpsborg stasjon	21
4.6.2 Østfoldbanen – uspesifisert hendelse nord for Sarpsborg stasjon, vestre linje	22
4.6.3 Kongsvingerbanen – vegetasjonsbrann ved Aulifeltet nord for Rånåsfoss.....	23
4.6.4 Sørlandsbanen – vegetasjonsbrann eller skredhendelse øst for Nelaug.....	24
4.6.5 Bergensbanen – skredhendelse vest for Myrdal stasjon	25
4.6.6 Dovrebanen – skredhendelse mellom Tretten og Fåvang.....	26
4.6.7 Dovrebanen – flomhendelse nord for Støren	27
4.6.8 Nordlandsbanen – skredhendelse mellom Trofors og Mosjøen	28
4.6.9 Ofotbanen – skredhendelse ved Rombaken øst for Narvik.....	29
4.6.10 Ofotbanen – vegetasjonsbrann sørøst for Kiruna (Sverige).....	30
5 Resultater	31
5.1 Årlig driftsstans og nedetid i dagens klima	31
5.2 Enkeltstående nedetid ved klimahendelser i dagens klima	33
5.3 Fremtidige frekvenser for klimahendelser	34
5.4 Forhold som påvirker hendelsessannsynligheten	35
5.4.1 Nesvatnet.....	35
5.4.2 Randklev bru	35
5.4.3 Otta bru	36
5.4.4 Bjerka	36
5.4.5 Verma stasjon	37
5.4.6 Alternativ metode for fastsettelse av langvarig nedetidssannsynlighet	37
5.4.7 Oppsummering	38
5.5 Kostnader ved brudd på jernbanen for utvalgte caser	39
5.5.1 Ettårig driftsavbrudd.....	39
5.5.2 Tremåneders driftsavbrudd	44
5.5.3 Kostnadsramme for tiltak	45
5.5.4 Følsomhetsberegning.....	46
5.5.5 Oppsummering av resultater	47

6	Anbefalinger	49
6.1	Felles klimatilpasningsstrategi – samordnet ansvarsdeling.....	49
6.2	Forventede årlige kostnader som grunnlag for prioritering	49
6.3	Godsrettet eller persontogrettet klimatilpasningsstrategi?	50
6.4	Beredskap	51
6.5	Prioritering av risikoutsatte delstrekninger	52
7	Referanser	53
8	Vedlegg	54
8.1	Endring i samfunnsøkonomisk nytte ved brudd	54

Sammen drag

Samfunnets kostnader ved langvarig nedstengning av jernbanen som følge av klimapåkjenninger varierer mye mellom jernbanestrekningene. Ved nedstengning med ett års varighet skiller Ofotbanen (10 mrd. kr), Kongsvingerbanen (2,4 mrd.kr), Bergensbanen (2 mrd. kr) og Dovrebanen (2,0 mrd. kr) seg ut med høye samfunnskostnader.

Vi har beregnet årlige sannsynligheter for driftsstans med varigheter inntil én time, seks timer, to døgn, syv døgn og én måned aktuarisk. Overskridelsessannsynligheter er i tillegg beregnet for én og tre måneders varighet ved hjelp av en skaléringsmetode utviklet i dette oppdraget. Årlige sannsynligheter for langvarig driftsstans forårsaket av klimapåkjenninger er størst for Dovrebanen (1 %), Østfoldbanen (0,9 %) og Nordlandsbanen (0,46 %). Dovrebanen skiller seg ut ved å ha høy sannsynlighet for langvarig nedstengning og høye samfunnskostnader ved nedstengning. Vi gjør imidlertid oppmerksom på at datagrunnlaget for langvarige nedstengninger er tynt. Konservativ vurdering er derfor benyttet gjennomgående i disse beregningene.

Samfunnsøkonomisk ramme for klimatilpasning er beregnet ved å summere årlige forventede godsrelaterte og persontogrelaterte kostnader ved langvarig driftsstans. Godsrelaterte kostnader omfatter NGM-beregnete merkostnader for samfunnet og kompensasjonskostnader til togoperatør. Persontogrelaterte kostnader omfatter buss-for-tog-kostnader, passasjerulemper og kompensasjonskostnader til togoperatør. Kostnader som oppstår av selve klimahendelsen i form av tap, skade og reparasjon av rullende og fast materiell inngår ikke. Ei heller inngår verdien av tapt liv og skattefinansieringskostnader. Beregnet samfunnsøkonomisk ramme må derfor betraktes som konservativ.

Gitt den konservative profilen i våre beregninger, anbefaler vi å videreføre Bane NOR's investeringer i klimaforebyggende tiltak på minimum samme kjøpekraftnivå som siste to år.

For samfunnskritiske banestrekninger med risikosoner, anbefaler vi å prioritere proaktivt vedlikehold og oppgradering av de objektene i sonen som gir størst sannsynlighet for langvarig nedstengning av banen.

For ikke samfunnskritiske banestrekninger med risikosoner, anbefaler vi å prioritere vedlikehold og oppgradering av de objektene i sonen som gir hyppigst nedstengning av banen.

Andre trusler enn klimapåkjenninger kan gi skader på jernbanen der klimarisikoen er lav. I slike tilfeller bør hensynet til samfunnskritikalitet vektet høyere enn klimarisikoområder.

1 Innledning

Jernbanens sårbarhet for naturpåkjenninger øker

Multiconsult har på vegne av Jernbanedirektoratet fremskrevet historiske flom- og skredhendelser langs det norske jernbanenettet ved hjelp av nedskalerte klimamodeller (Multiconsult, 2024). Fremskrivningen er utført i et rutenett på 10*10 kilometer som er drapert over jernbanenettet. For hver rute er fremtidige årlige frekvenser beregnet for fire kategorier naturpåkjenninger:

- Flom og skredhendelser som sannsynligvis er utløst av styrtregn
- Skredhendelser som sannsynligvis ikke er utløst av styrtregn
- Flom i hovedvassdrag (vassdragsflom jf. TEK17 § 7-2)
- Vegetasjonsbrann

Studien avdekker en pågående trend hvor antall årlige naturhendelser øker gjennom perioden 1960 – 2023. For hendelser utløst av styrtregn, viser de historiske dataene at jernbanens nedetid øker raskere enn den samtidige økningen i antall hendelser som utløser nedetid. Uten avbøtende tiltak må det derfor forventes økende nedetider på deler av jernbanenettet som følge av styrtregnutløste naturhendelser i årene som kommer.

Med utgangspunkt i samme rapport lar det seg gjøre å beregne årlige frekvensendringer for de fire naturpåkjenningene på vilkårlig geografisk skala 10 km – hele landet, og innenfor tidsrommet år 2023 – 2100.

Kartanalyser viser at jernbanenettet blir ulikt eksponert for årlig forekomst av de fire kategoriene naturpåkjenninger i årene som kommer. Kombinerer vi denne kunnskapen med erfart nedetid på de ulike jernbanestrekningene under hendelser som for eksempel ekstremværet 'Hans' august 2023, ser det ut til at samme klimatilpasningsstrategi vil gi ulik samfunnsøkonomisk nytte for de forskjellige jernbanestrekningene.

Den bakenforliggende trenden ser ut til å være økende nedetid ved hendelser kombinert med økende hendelsesfrekvens. Følgelig vil vi måtte forvente at behovet for å opprettholde jernbanens pålitelighet innenfor akseptable grenser for ressursbruk og restrisiko vil øke. Med pålitelighet mener vi her *'et [jernbane] systems evne til å levere krevd funksjon under gitte miljømessige og operative forhold og for en gitt periode.'*¹

Kort om klimatilpasningsstrategier

Jernbanesystemet er langstrakt, og krysser alle landets topografiske, geologiske og klimatiske gradienter. Flat og konsekvent klimatilpasning basert på dagens preaksepterte ytelser i byggt teknisk forskrift (TEK17), vil derfor kunne føre til overinvesteringer noen steder, og underinvesteringer andre steder. Dersom underinvesteringen gjøres på steder hvor den samfunnsøkonomiske virkningen av banebrudd er betydelig, oppstår mistilpasning. Faren for mistilpasning er høyst tilstedeværende innenfor dagens prosessorienterte regelverk.

Klimautløste naturpåkjenninger inntreffer med dobbeltkrumme sannsynlighetsfordelinger². Med dette menes at når en hendelse inntreffer, for eksempel en styrtregnhendelse, er det mer

¹ Oversatt til norsk fra ISO 8402 (Rausand & Høyland, 2004).

² Egentlig trippelkrumme, ettersom sannsynligheten for uønskede hendelser øker med tiltakets geografiske utstrekning. Vi gjør her en forenkling.

sannsynlig at regnintensiteten blir liten enn at den blir stor, og mer sannsynlig at regnhendelsen varer kort enn at den varer lenge.

Ettersom en velfungerende jernbane er viktig for samfunnet, vil jernbanesektoren søke å reparere skader som oppstår raskt. Det er derfor mer sannsynlig at skader på skinnegangen repareres raskt enn at de repareres sakte. Dess viktigere en jernbanestrekning er for transport av gods og personell, dess mer sannsynlig er det at den vil repareres raskt.

I vår første rapport påpekte vi et generelt bilde hvor antall årlige klimahendelser og årlig nedetid som følge av klimahendelser ser ut til å øke gjennom perioden 1960 – 2023. Den tilsynelatende økende klimasårbarheten vil kunne imøtegås gjennom både sannsynlighetsdempende og konsekvensdempende tiltak. Det er ikke uten videre gitt hvilke av disse tilnærmingene som vil være best egnet for jernbanesektoren.

Typiske sannsynlighetsdempende tiltak vil være å heve jernbanen opp til et mer flomsikkert nivå og bygge sterkere barrierer mot laster fra overvann, skred, snø og eventuelt vind. Formålet er å sikre baneinfrastrukturen mot hendelser som inntreffer sjeldnere, og som dermed har større skadepotensiale. Jernbanens pålitelighet vil dermed øke ettersom baneinfrastrukturen tåler sjeldnere (sterkere) klimapåkjenninger før den går til brudd.

Konsekvensreducerende tiltak er mer rettet mot å begrense de sekundære virkningene av klimapåkjenninger. Dette kan gjøres gjennom varsling og beredskap, slik at jernbanen stenges så lenge hendelsen pågår og gjenopprettes raskt når hendelsen er overstått.³

På overordnet nivå vil aktuelle klimatilpasningsstrategier være:

1. Proaktiv – aktivt forebygge klimapåkjenninger
2. Reaktiv – respondere raskt på klimapåkjenninger gjennom overvåkning, varsling og beredskap og reparasjon

Slik de er formulert, er begge strategiene aktive i den forstand at de krever systematisk planlegging og gjennomføring.

Kort om valg av klimatilpasningsstrategier

Strategi 1 omfatter først og fremst sannsynlighetsdempende tiltak, og retter seg mot tiltak på baneinfrastrukturen. Proaktive strategier vil i prinsippet kunne bygge jernbanen opp til et hvilket som helst nivå av systempålitelighet så lenge investeringsviljen understøtter dette. Strategien bidrar til økt systempålitelighet, men i praksis vil vi måtte dimensjonere jernbanen for et predefinert risikoakseptnivå innenfor hva som er økonomisk forsvarlig. En mulig ulempe med strategien kan være at det kan gå med store ressurser til å forebygge naturpåkjenninger på steder hvor påkjenninger sjelden inntreffer. Dermed trekker investeringen renter til 'evig tid' samtidig som investeringen kunne ført til bedre total pålitelighet for jernbanen ved å ha blitt gjennomført på en alternativ måte.

Strategi 2 reduserer ikke sannsynligheten for at uønskede klimapåkjenninger skal oppstå, men virkningene av dem. Ved varsel om mulig hendelse stenges banen ned, og det hentes ressurser fra beredskapslagre for å reparere jernbanen så fort hendelsen er over. Reaktive strategier krever lavere investeringer i selve baneinfrastrukturen, og reduserer dermed risikoen for 'feilinvesteringer' som kan oppstå under strategi 1. Til gjengjeld vil vi måtte forvente at jernbanens systempålitelighet vil avta over tid i tråd med økende forekomst av klimapåkjenninger

³ Slike tiltak går også under navnet 'organisatoriske sikringstiltak', og er strengt tatt ikke tillatt for naturfarene som er omtalt i TEK17 §§ 7-2 og 7-3.

i årene som kommer. De langsiktige kostnadene ved redusert systempålitelighet er heller ikke uten betydning, og kan ta ulike former i tider med fred og ufred.

Den samfunnsøkonomiske nytten til en gitt klimatilpasningsstrategi er med andre ord sterkt knyttet til hendelsens forventede frekvens og konsekvens. Isolert for systempålitelighet alene, vil det kanskje være samfunnsøkonomisk mer lønnsomt å legge ressurser i banestrekninger med hyppige småhendelser som raskt lar seg rydde, fremfor banestrekninger hvor kun deler av banen blir ødelagt svært sjelden. Dersom denne store og sjeldne hendelsen derimot inntreffer langs en nasjonal godstransportstrekning uten alternative transportmuligheter, vil det kanskje være mer lønnsomt å legge ressurser i å forebygge skade her. I ufredstider vil kanskje alle tilgjengelige ressurser måtte omdirigeres for å opprettholde transportkapasitet på bare én eller noen få strekninger. For samfunnsøkonomisk likeverdige klimatilpasningstiltak, kan det være lurt å ta utgangspunkt i den strategien som gir størst mulig styrbarhet for jernbanens systempålitelighet i ufredstider.

Klimatilpasning virker

Under ekstremværet 'Hans' fikk vi dokumentert innenfor flere sektorer at investeringer i klimatilpasning faktisk nytter. Fra Bane NOR har vi mottatt følgende eksempel på de positive virkningene av å oppgradere dreneringsanleggene langs jernbanen, se Tabell 1-1:

Tabell 1-1 Eksempel på virkningene av flomforebyggende tiltak

Hendelse	Kulminerende flomverdi	Antall skadesteder	Antall stoppende feil
Flommen på Østlandet 2013	2 360 m ³ /s	200	70
Ekstremværet 'Hans' 2023	2 750 m ³ /s	14	7

2 Formål og virkeområde

Rapporten bygger videre på funnene fra oppdragets fase én (Multiconsult, 2024). Formålet med oppdraget er å etablere et kunnskapsgrunnlag som:

- a. identifiserer økonomiske rammer for klimatilpasning
- b. som diskuterer de økonomiske rammene mot graden av styrbarhet
- c. som klassifiserer strekningene mht. samfunnsøkonomisk best begrunnet klimatilpasningsstrategi

Virkeområdet er det norske jernbanenettet på strekning/korridornivå.

Multiconsult vil rette en særskilt takk til Jernbanedirektoratet for den tillit som er vist, samt for et konstruktivt og godt samarbeid gjennom hele prosjektperioden. Oppdragsgivers faglige innspill, engasjement og tilgjengelighet har vært av stor betydning for prosjektets gjennomføring og kvalitet.

3 Datagrunnlag

3.1 Analysegrunnlaget fra fase én

I fase én ble det etablert et kalkulasjonsgrid som vist i Figur 3-1. For dette kalkulasjonsgridet ble følgende fire datasett etablert:

Vegetasjonsbrann beskriver modellert forekomst av branner i skog, lyng og gressvegetasjon i landets fylker. Kartegenskapene er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060. Datasettet baserer seg på Copernicus Fire Weather Index, som igjen bygger på klimamodeller.

Styrtregnflomskred beskriver registrerte forekomster og varslede flom- og skredhendelser som normalt blir utløst av styrtregn eller kraftig overflateavrenning grunnet snøsmelting i kombinasjon med høy temperatur og/eller regn. Fremskrevne forekomster er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

Vassdragsflom beskriver registrerte forekomster og varslede saktevoksende flommer i større vassdrag, ref. virkeområdet til TEK17 § 7-2. Fremskrevne forekomster er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

Skred beskriver registrerte forekomster av skredhendelser som normalt ikke utløses av styrtregn eller kraftig overflateavrenning grunnet snøsmelting i kombinasjon med høy temperatur og/eller regn. Datasettet inneholder også opplysninger om publiserte jordskredvarsler. Jordskred vil kunne utløses både som følge av langvarig regn og styrtregn. Grensegangen mot skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning vil derfor være noe skjønnsmessig. Steinsprang og skred med sprøbruddegenskaper faller inn under denne kategorien. Datasettet omfatter også ekstraordinære snømengder på jernbanelinjen som følge av skred eller snøfokk. Fremskrevne forekomster er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

BanenettverkNTP er et uttrekk fra FKB Banenettverk tilrettelagt med opplysninger om NTP transportkorridorer som er benyttet i denne rapporten. Brukes til statistikkproduksjon for banestrekningene.

3.2 FRAM

FRAM inneholder passasjertall for lokal- og regionalnettet fra togoperatørene fra 2013 - 2024. I tillegg inneholder databasen passasjertall for fjerntogstrekningene 2025. Framdata er brutt ned på stasjonsnivå. Framdata er lastet ned fra Jernbanedirektoratets innsynsportal, og tilrettelagt som skreddersydde OD-matriser⁴ for hver banestrekning til dette oppdraget.



Figur 3-1 Kalkulasjonsgridet som ble utviklet i fase 1.

⁴ Opphav-Destinasjon-matrise.

3.3 Rapporter og utredninger fra Bane NOR

Avsporing på Sørlandsbanen – Samfunnsøkonomiske konsekvenser (Bane NOR, 2024 a). Brudd i en aksling førte til stengning av Sørlandsbanen i 13 døgn. Hendelsen førte til buss for tog langs strekningen Kristiansand – Gjerstad og full stopp i godstrafikken mellom Stavanger og Oslo (40 godstog).

Samfunnsøkonomisk analyse av kollapsen av Randklev bru – en evaluering (Bane NOR, 2024 b). Brukkollaps førte til store konsekvenser for gods- og persontransporten på Dovrebanen, Nordlandsbanen og Rørosbanen. Banestrekningen ble stengt 287 døgn.

Samfunnsøkonomisk analyse av stengning på Roa-Hønefosslinjen (Bane NOR, 2024 c). En utglidning førte til stengning av jernbanen over en periode på 17 døgn. Hendelsen fikk betydning for kombi-togene som trafikkerer mellom Oslo og Bergen mellom Roa-Hønefoss. Analysen viser at nedstengning av jernbanen har betydelig høyere samfunnsøkonomisk kostnad enn omkjøring.

Konsekvenser av klimaendringer (Regneark fra Bane NOR). Inneholder en grovmasket oversikt over investeringer i forebygging av klimahendelser i perioden 2020-2025. Inneholder også estimer over investeringsbehov for en noen konkrete nøkkelprosjekter som vil kunne aggregeres til hele infrastrukturen. Deler av tallmaterialet er utarbeidet av rådgivningsfirma.

4 Metode

4.1 Beregning av årlig sannsynlighet for driftsstans og nedetid i dagens klima

Ved beregning av samfunnsøkonomisk ramme for ulike klimatilpasningsstrategier, er det behov for kunnskap om hvor sannsynlig det er at banestrekning x år y blir:

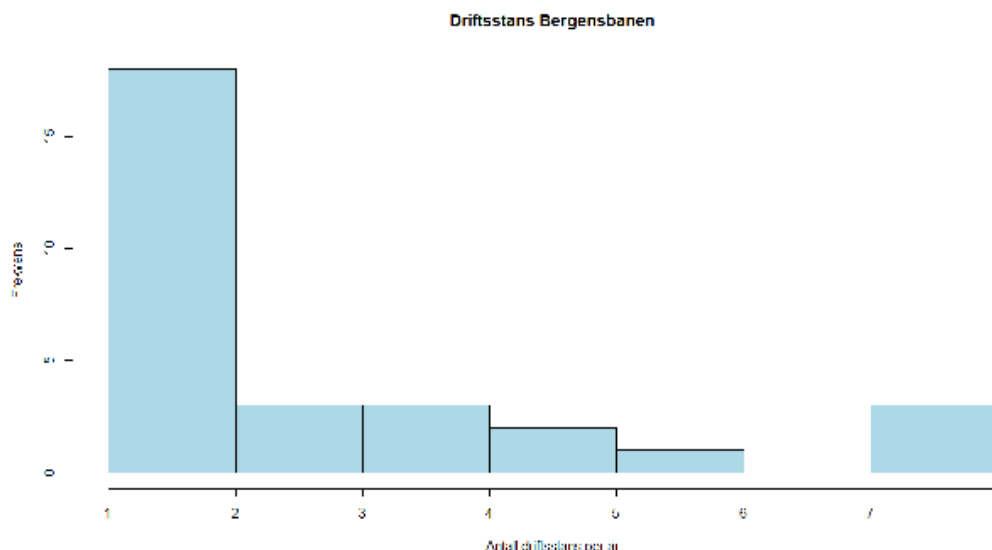
- stengt $\geq n$ ganger
- stengt $\geq t$ timer

For å svare på disse spørsmålene har vi valgt å legge til grunn det samme kategoriserte uttrekket fra Banedata som i fase 1 (Multiconsult, 2024). Uttrekket er oppdatert med siste to års hendelser. Noen større hendelser som ikke er registrert i Banedata er i tillegg lagt til manuelt.

Følgende hendelseskriterier er lagt til grunn for analysen:

- hendelsesår ≥ 1960
- hendelsen er kategorisert som én av de fire klimapåkjeningene i avsnitt 3.1
- hendelsen har ført til driftsstans
- driftsstansens varighet er kjent

Som nevnt innledningsvis, er det sannsynlighetsovervekt for at uønskede hendelser *både* har lav intensitet og har kort varighet. Når vi regner på årlig sannsynlighet for driftsstans på en banestrekning, må vi derfor forvente høyreskjeve sannsynlighetsfordelinger. Årsaken til dette er at det ikke kan være færre enn ingen driftsstans et gitt år. En driftsstans må også ha en positiv varighet. Disse antagelsene bekreftes i datasettet ved å beregne histogrammer for de ulike banestrekningene, som eksemplifisert i Figur 4-1



Figur 4-1 Eksempel på histogram som viser årlig fordeling av driftsstans forårsaket av klimapåkjenninger langs Bergensbanen i perioden 1960 - 2023.

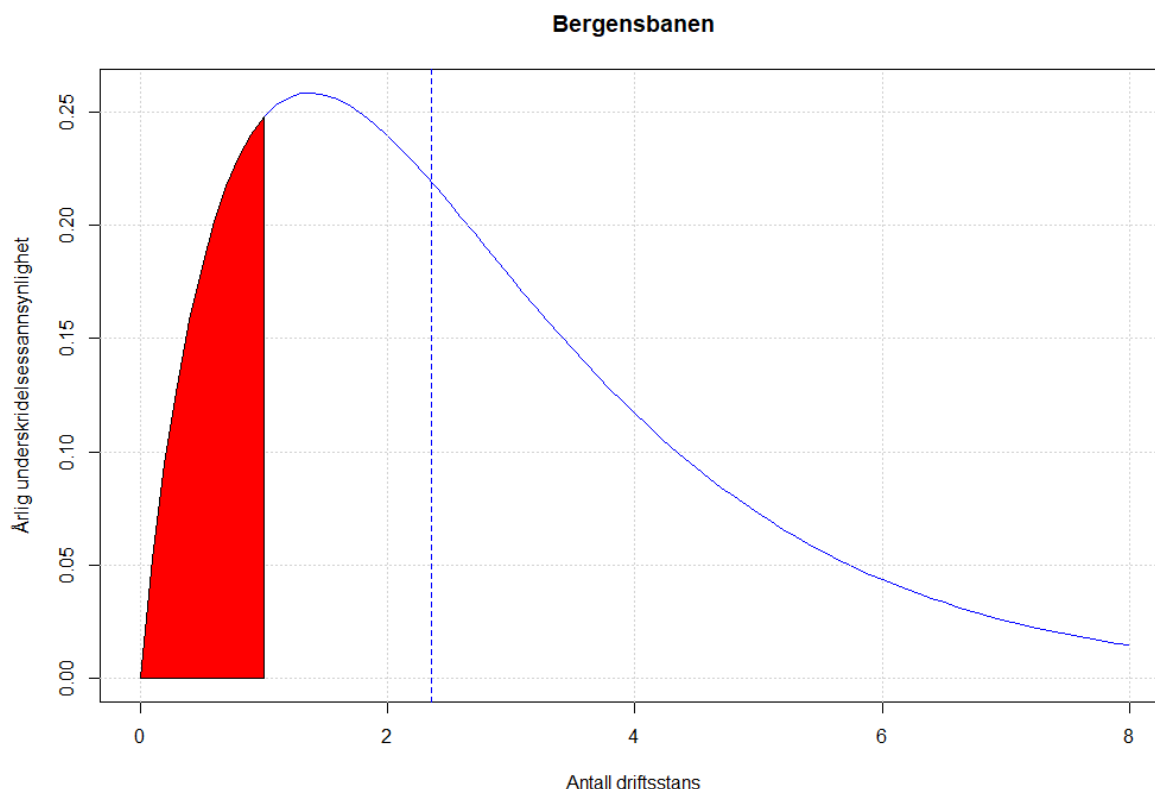
For å kunne regne på sannsynligheter for driftsstans og nedetid, er det dermed nødvendig å parametrisere datasettene ved hjelp av en funksjonstype som tillater høyreskjeve fordelinger som per definisjon går mot null. Gammafordelingen støtter disse kravene.

For hver banestrekning som er omtalt i avsnitt 4.4, er antall driftsstans per år og sum nedetid per år aggregert for perioden. De to årsverdiene er deretter gammaparametrisert ved hjelp av en maximum-likelihood-algoritme i verktøyet Rstudio. Sannsynlighetsfordelingenes romlige gyldighetsområde vil dermed være *banestrekning*, mens temporalt gyldighetsnivå vil være *hele år* (12 måneder).

Figur 4-2 viser et eksempel på hvordan årlig sannsynlighet for driftsstans fordeler seg på Bergensbanen slik dataene foreligger i Banedata per nå.

Sannsynlighetsområdet for at Bergensbanen *ikke* skal oppleve driftsstans gjennom et år, det vil si færre enn én driftsstans, er markert med rød farge. Den røde flaten utgjør kun 16 % av arealet under den blå kurven. Årlig sannsynlighet for at det skal inntreffe minimum én driftsstans på Bergensbanen er dermed $(1-16/100) * 100 = 84 \%$. Dette tilsvarer det hvite arealet under den blå kurven.

Beregnet P50 er 2,3 driftsstans, markert med stiplet loddrett strek. Halvparten av arealet under den blå kurven ligger på hver side for 2,3. Dette betyr at det er like stor sannsynlighet for at det vil bli både færre og flere stengninger enn 2,3 som følge av klimahendelser på Bergensbanen i løpet av et helt år. Det oppstår, sagt på en annen måte, i gjennomsnitt 2,3 jernbanestengninger hvert år langs denne jernbanestrekningen som følge av klimapåkjenninger.



Figur 4-2 Eksempel på beregnet sannsynlighetsfordeling for årlig driftsstans på Bergensbanen forårsaket av naturpåkjenninger i perioden 1960 - 2023. Blå kurve viser beregnet sannsynlighetstetthet. Stiplet loddrett linje viser beregnet P50. Rød flate viser sannsynlighetsområdet for at driftsstans ikke skal inntreffe et gitt år.

Det store avviket i antall årlige hendelser fra fase 1, skyldes at vi i denne rapporten utelater hendelser med ukjent varighet. Banedata har en god del underrapportering av driftsstans. Vi ser blant annet at det er registrert en rekke hendelser hvor jernbanen har vært stengt, men hvor det mangler opplysninger om banens nedetid. Dette påvirker parametriseringen mye for banestrekninger hvor det eksisterer få registreringer. Manglende registreringer er forsøkt korrigert ved hjelp av ulike statistiske metoder uten at dette har økt troverdigheten til de beregnede sannsynlighetsverdiene. Vi har derfor valgt å benytte registreringene slik de foreligger i Banedata uten annen korreksjon enn innlegging av ikke-registrerte hendelser med kjent nedetid.

4.2 Beregning av enkeltstående nedetidssannsynlighet ved driftsstans i dagens klima

Sannsynlighetsberegningene i avsnitt 4.1 er aggregert på hele år. Metoden gir dermed svar på spørsmål av typen «hvor sannsynlig er det at jernbanen skal være stengt mer enn t timer sammenlagt i løpet av et år i nær fremtid?» Spørsmålet er relevant når vi skal regne på samfunnsøkonomiske kostnader ved hjelp av Nasjonal Godstransportmodell (NGM). Årsaken til dette er at NGM beregner transportkostnader nettopp for hele år.

Når vi skal diskutere styrbarheten ved ulike typer klimatilpasningstiltak, er det minst like viktig å svare på spørsmål av typen «hvor sannsynlig er det at en vilkårlig driftsstans på Dovrebanen skal vare lengre enn t timer i nær fremtid?» For å gi svar på dette spørsmålet, er sannsynlighetsfordelinger for enkelthendelser beregnet på samme vis som i avsnitt 4.1, men uten forutgående aggregering på hele år.

4.3 Beregning av sannsynlighet for driftsstans og nedetid i fremtidens klima

I fase 1 beregnet vi fremtidige frekvensfaktorer for klimapåkjenninger langs hele det norske jernbanenettet. For fremtidige enkeltår vil frekvensfaktorer kunne interpoleres lineært innenfor perioden 2023 - 2100 som beskrevet i avsnitt 4.4.4 i (Multiconsult, 2024). Interpolerte verdier for enkeltårene 2030, 2050 og 2100 er vist i Tabell 5-4 nedenfor.

Fremtidige forekomster av driftsstans og nedetid vil dermed kunne beregnes ved å multiplisere disse frekvensfaktorene med beregnede verdier for hendelser og nedetid i kapittel 5.

4.4 Beregning av økonomisk ramme for klimatilpasning

Klimatiltak vil ha en virkningsgrad og en levetid. Disse forutsetningene betyr mye for den økonomiske rammen.

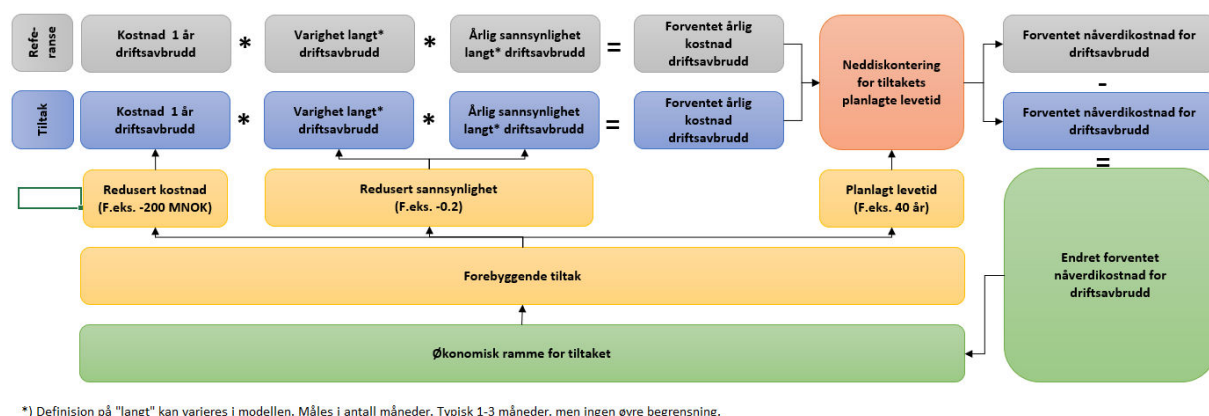
I og med at flertallet av forebyggende klimatiltak knytter seg til teknisk underbygning, så legger vi til grunn at tiltakene har like lang levetid som selve underbygningen – dvs. 100 år. Dette kan justeres.

Virkningsgraden til tiltakene sier noe om restrisiko etter at tiltaket er gjennomført. Bane NOR har gjort omfattende tiltak på en rekke banestrekninger. For eksempel har Dovrebanen lyktes godt med sin strategi om å bygge dreosanlegg. Bane NORs tiltak har redusert antall togstoppende hendelser fra 70 under østlandsflommen 2013 til kun 7 under ekstremværet 'Hans' ti år senere. Dette gir en virkningsgrad på om lag 90 prosent. I analysene har vi satt virkningsgraden til 80 prosent. Ved denne virkningsgraden vil en sannsynlighet for langvarig driftsstans på 10 prosent, reduseres til 2 prosent etter et tiltak.

Økonomisk ramme for klimatilpasningstiltak for en banestrekning lar seg beregne som differansen mellom neddiskonterte referansevirksomheter og tiltaksvirkninger som vist i Figur 4-3.

Boksene for årlige kostnader for driftsavbrudd til venstre i figuren beregnes ved hjelp av kostnadsmodellen i Figur 4-4. Årsakene til driftsavbrudd, og virkningene av dem, er beskrevet i oversikten over utvalgte caser i kapittel 4.6.

'Varighet langt driftsavbrudd' er i basisberegningen satt til tre måneder. 'Årlig sannsynlighet langt driftsavbrudd' er hentet fra beregningene som er gjengitt i Tabell 5-1, Tabell 5-2 og Tabell 5-6 for tre måneders driftsstans. For enkeltåret 2050 er forventet antall lange driftsavbrudd og varighet beregnet ved å multiplisere verdiene i disse tabellene med fremtidige frekvensfaktorer fra Tabell 5-4.



Figur 4-3 Modell for beregning av økonomisk ramme for klimatilpasning.

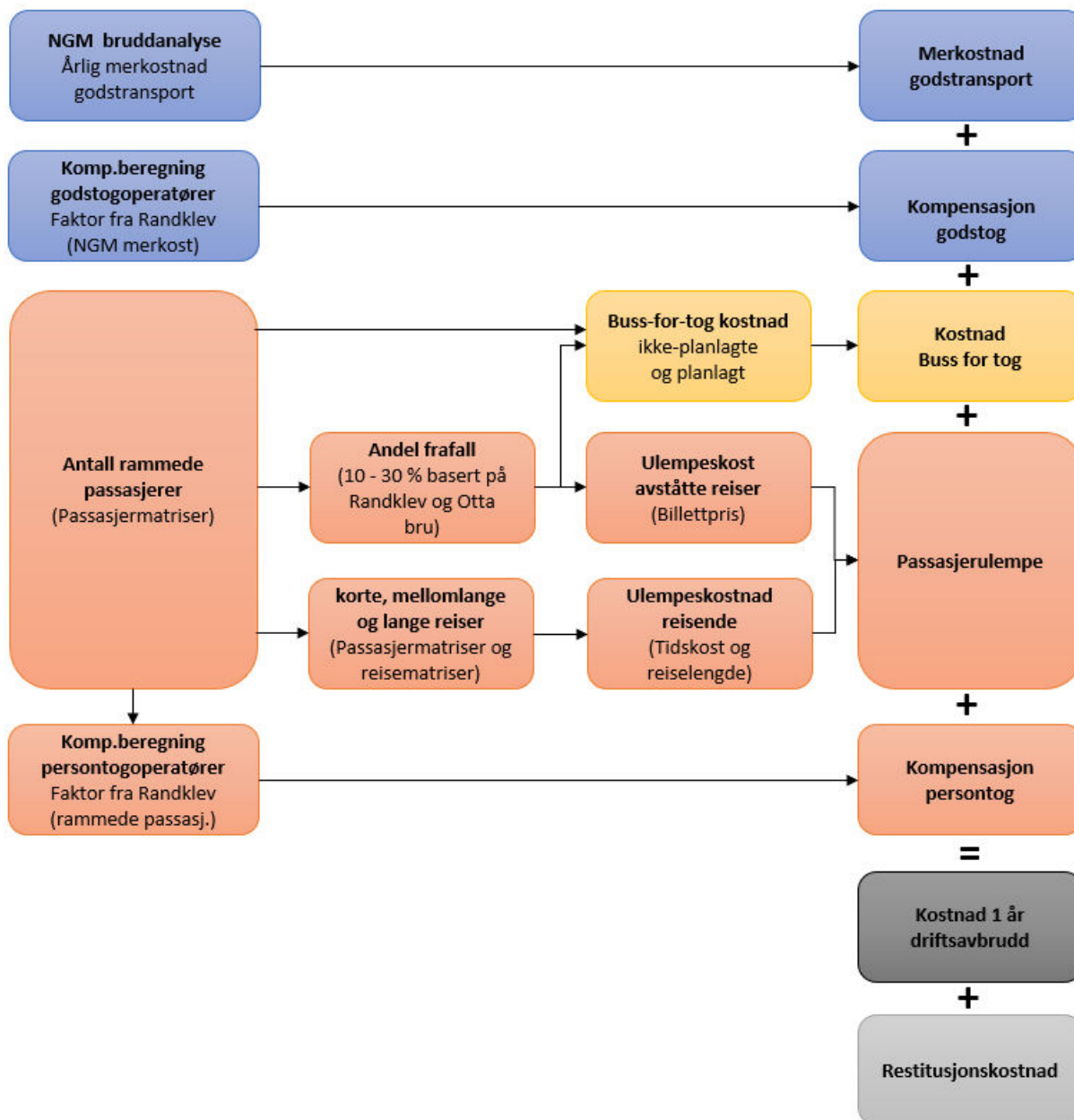
4.5 Beregning av samlede kostnader ved 1-årig driftsavbrudd

Å beregne kostnaden for et driftsavbrudd omfatter flere kostnadsberegninger. En skjematisk oversikt er gitt i Figur 4-4. Kostnader beregnes for en hendelse som varer i et år. Dette danner grunnlag for å beregne kostnader for en driftsstans av kortere varighet. Alternativt kunne man for eksempel valgt å beregne kostnader for brudd av en måneds varighet. Fordelen med å velge et års varighet er at man da får et mer nyansert bilde på buss-for-tog-kostnader samt at NGM-kostnadene er oppgitt som årlige kostnader.

Kostnadsberegningene som inngår i de totale kostnadene for et langvarig driftsavbrudd kan deles i godsrelaterte og persontogrelaterte kostnader på denne måten:

1. Godsrelaterte
 - a) NGM-beregnete merkostnader for samfunnet av driftsstans
 - b) Kompensasjonskostnader til togoperatører – beregnet med utgangspunkt i merkostnaden i a)
2. Persontogrelaterte
 - a) Buss-for-tog-kostnader
 - b) Passasjerulemper (togreisende og kansellerte togreiser)
 - c) Kompensasjonskostnader til togoperatører – beregnet med utgangspunkt i antall berørte passasjerer

Summen av alle kostnadene utgjør kostnaden for samfunnet av at en strekning er stengt i et helt år. Kostnader som oppstår under selve klimahendelsen (for eksempel tap av liv) er ikke inkludert. Heller ikke kostnader knyttet til å reparere skadene som oppsto som følge av klimahendelsene og som forårsaket driftsavbruddet.



Figur 4-4 Beregningsmodell for forventede årlige kostnader ved driftsavbrudd, jf. Figur 4-3.

4.5.1 Godstransportkostnader

Når en godsstrekning stenges, er det vanlig at det ikke kjøres godstog på den i det hele tatt. Alt gods blir overført til andre transportmidler, som oftest lastebil, men også til skip eller fly. Noe gods blir rett og slett ikke transportert. Godstogoperatørene mister omsetning, men samtidig sparer de utgifter til togtransport. Dette nettotapet kan de søke Jernbanedirektoratet om kompensasjon for. Vareeier, som opprinnelig valgte godstog som transportmiddel, får derimot

merkostnader ved å måtte finne alternative transportmidler til varene sine. Samfunnet påføres ekstrakostnader i form av eksterne virkninger som økt antall ulykker, økt veislitasje, økte utslipp og støy. Verken vareeier eller samfunnet ellers mottar noen kompensasjon for sine merkostnader.

Merkostnadsberegning

Vi beregner merkostnadene for samfunnet ved at gods ikke kommer frem på jernbanen ved hjelp av Nasjonal godstransportmodell (NGM) med basis oppsett for NTP. NGM er et verktøy som beregner og analyserer varestrømmer, kostnader og transportvalg i Norge. Modellen består av basismatriser over vareflyt, en nettverksmodell med informasjon om transportkjedene, og en kostnadsmodell. NGM omfatter alle transportformer - vei, bane, sjø og fly.

Modellen omfatter totalt 39 varetyper, som igjen kan aggregeres til fire varegrupper:

- Bulk (våt og tørr)
- Industrivarer
- Kombigods (termovarer, stykkgoods og fisk)
- Tømmer

I NGM beregnes kostnader som årlige kostnader. For denne analysen er beregningsåret 2050 benyttet.

Det legges inn brudd på jernbanelenken med aktuelt bruddsted for hver strekning, jf. avsnitt 4.6, hvorpå NGM kjøres på nytt for å analysere sannsynlige endringer i transportstrømmer som følge av det simulerte bruddet. Resultatene importeres til SAGA (v. 2.9.4), som blant annet beregner eksterne virkninger. Det er benyttet en modul i Excel, som kalles Godsnytteverktøyet, til å hente ut resultater fra NGM. Dette er en tilleggsmodul som er utviklet av Jernbanedirektoratet slik at resultatene kan legges rett inn i Jernbanedirektoratets nytte-kostnadsverktøy SAGA.

Kompensasjonsberegning

Vi legger til grunn at merkostnader for samfunnet, beregnet med NGM/SAGA, ikke overlapper med utbetalt kompensasjon til togoperatørene. Dermed kan de to ulike kostnadene summeres til total godsrelatert kostnad ved driftsstans.

Randklev bru er valgt for å kunne kalibrere de øvrige casene. Randklev bru er det eneste caset som har funnet sted i virkeligheten (2023/24). Bane NOR har innhentet og beregnet alle kostnader knyttet til hendelsen. Kompensasjon til godstogoperatør for de 9 1/2 månedene Randklev bru var stengt utgjør 215 millioner kroner. Skaléres vi opp denne verdien til 12 måneder, blir kompensasjonen 272 millioner kroner. I tillegg vet vi at refusjonsordningen kun dekker 95 prosent av tapet. Ved å legge til ytterligere 5 prosent, får vi en kompensasjon på 282 millioner kroner for en 12 måneder lang driftsstans ved Randklev bru.

Det er behov for å beregne antatte kompensasjonskostnader også for de øvrige banestrekningene. Vi antar at forholdet mellom våre beregnede merkostnader for samfunnet fra NGM/SAGA vil ha samme forholdstall til kompensasjonsutbetalinger som for Randklev bru.

For Dovrebanen, der caset simulerer svikt ved Randklev bru, viser resultatene fra NGM/SAGA en årlig samfunnskostnad på 195 millioner kroner. Forholdet mellom 195 millioner kroner og 282 millioner kroner er 1,95. Vi runder av til et forholdstall på 2. For alle andre banestrekninger er kompensasjonskostnaden dermed beregnet ved å multiplisere beregnede NGM/SAGA-kostnadene med faktor 2.

4.5.2 Persontransportkostnader

Beregning av personrelaterte kostnadene er inndelt i:

- Buss for tog kostnader (Jernbanedirektoratet/Offentlige)
- Ulempe for reisende med toget (Reisende)
- Ulempe for reisende som velger å avstå fra sin togreise (Reisende)
- Kompensasjon til persontogoperatører (Jernbanedirektoratet/Offentlige)

Buss for tog kostnader

Det er gjort skjønnsmessige antagelser om buss-for-tog-strekninger ved brudd på jernbanen. Buss-for-tog-strekningen vil ikke alltid være den korteste strekningen mellom stasjonene på hver side av bruddstedet. Det er tatt hensyn til veisystemet, stasjonenes plassering i forhold til dette og hensyn til andre ulemper for passasjerene⁵.

Med utgangspunkt i stasjonene som er utpekt som endepunkter for buss-for-tog-tilbudet, har vi beregnet antall kilometer langs vei mellom de to stasjonene. Kostnaden per setekm er beregnet fra et datagrunnlag mottatt fra Jernbanedirektoratet over faktiske buss for tog kostnader i 2023 og 2024. Datasettet gir grunnlag for å beregne kostnader per bussavgang, per busskm og per setekm. Vi har valgt å benytte kostnad per setekm som kostnadsformat.

Datagrunnlaget viser at det er vesentlig forskjell på om bussbestillingen er planlagt i god tid eller ikke. For planlagte bussbestillinger ligger prisen i størrelsesorden 2 kroner per setekm, mens tilsvarende pris for ikke-planlagte bestillinger ligger rundt 7,50 kroner.

Jernbanedirektoratet oppgir at gode priser oppnås dersom bestillingen gjøres 2 - 4 måneder i forveien. Vi har lagt til grunn ikke-planlagt pris de første 3 månedene av en driftsstans. Ved beregning av buss-for-tog-kostnader skiller det derfor mellom de første tre månedene og påfølgende måneder.

Det er krevende å bestille riktig volum av busser. I samråd med Jernbanedirektoratet legger vi til grunn at 2/3 av bussens setekapasitet fylles opp. I samråd med Jernbanedirektoratet legges det til grunn en gjennomsnittlig fyllingsgrad på om lag to tredeler av bussens setekapasitet. Dette innebærer at kostnadene beregnes med utgangspunkt i et behov for om lag 50 prosent flere seter enn antall berørte passasjerer.

Ulempekostnad for reisende med toget

Beregningen av ulempekostnad for passasjerer tar utgangspunkt i passasjermatrisene for hver enkelt strekning. Disse viser antall reisende i hver retning mellom alle OD⁶-par i matrisen.

Vi legger til grunn at buss-for-tog skaper reiseforsinkelser på 30 - 60 minutter. Denne kostnaden multipliseres med reisetidskostnaden for de reisende. Reisetidskostnaden tar hensyn til hvor lang reise passasjerene på hver enkelt OD-relasjon er på. Det er kun de passasjerene som er på en reise som berøres av buss-for-tog som det regnes en ulempe for. Passasjerer som antas å avstå fra å reise er heller ikke inkludert i denne ulempeberegningen.

Ulempekostnad for reisende som velger å avstå fra sin togreise (avvisningskostnad)

Passasjerdata fra Randklev bru og andre hendelser viser at 10 - 30 prosent av passasjerene forsvinner når det kjøres buss-for-tog på strekningen. Andelen antas å variere med hvor belastende buss-for-tog strekningen oppfattes. Så lengde det ble kjørt buss-for-tog på den korte strekningen Fåvang - Ringebu etter 'Hans', var passasjerbortfallet om lag 10 prosent. Da det derimot ble kjørt buss for tog Lillehammer - Dombås var frafallet om lag 30 prosent. Det

⁵ Jernbanedirektoratet har fagressurser med inngående kjennskap til buss-for-tog-operasjoner. Av ressursmessige hensyn har disse ikke blitt konsultert om mest sannsynlige buss-for-tog-strekning for hvert enkelt av casene. De antatte buss-for-tog-strekningene kan derfor avvike noe fra hva som ville vært Jernbanedirektoratets reelle strategi i hver case.

⁶ Opphav-destinasjon (OD) – påstigningsstasjon og avstigningsstasjon

tilgjengelige datagrunnlaget gir ikke informasjon om togpassasjerene som 'forsvant', og hvorvidt de valgte et annet transportmiddel eller avsto helt fra å reise.

Ulempen for passasjerer som avstår fra å reise med tog bør ideelt sett beregnes ved bruk av en persontransportmodell som beskriver konsumentoverskuddet. Dette er ikke gjort i denne studien. Det er heller ikke gått dypt inn i analyser av generaliserte reisekostnader (GK) eller vurderinger rundt antall reisende med ekspressbuss, egen bil eller fly. Som en svært forenklet antakelse er det lagt til grunn at når passasjerer avstår fra å reise, så er ulempen minst så stor som den betalbare billett-kostnaden de velger å ikke kjøpe.

Det er lagt til grunn at en gjennomsnittlig togbillett på de aktuelle togstrekninger koster 500 kroner, og dette kronebeløpet er benyttet som ulempe-sats for alle passasjerer som uteblir fra toget.

Andelen ikke-togreisende er satt skjønnsmessig mellom 10 og 30 prosent basert på en vurdering av buss-for-tog-belastningen.

Kompensasjon til persontogoperatører

På samme vis som for gods, benyttes data om utbetalinger av kompensasjon i forbindelse med Randklev bru-hendelsen til å kalibrere case-analysene. I tilfellet Randklev bru 2023 - 2024 ble det utbetalt 280 millioner kroner til persontogoperatører. Etter justering for 12 måneder og 5 prosent påslag, blir kompensasjonen 372 millioner kroner.

I motsetning til gods-beregningene foreligger ingen modellberegnet kostnad å regne forholdet opp mot. I denne analysen er det valgt å beregne et forholdstall mellom reell kompensasjon til persontogoperatører og antall passasjerer i passasjer-matrisene som berøres av Randklev bru-hendelsen i caset. Beregningene viser at det ble utbetalt om lag 650 kroner per berørt passasjer. Dette forholdstallet på 650 kroner er anvendt på alle de andre strekningene til å beregne antatt kompensasjonskostnad for det offentlige til persontogoperatørene.

4.6 Utvalgte caser

I denne studien har vi valgt å kostnadsberegne 10 caser hvor det er realistisk at klimapåkjenninger vil kunne føre til brudd på banestrekningen. Casene er, med noen få unntak, valgt ut ved hjelp av frekvenskartene som ble utviklet til fase én (Multiconsult, 2024). Det er valgt caser langs følgende jernbanestrekninger:

- Østfoldbanen (NTP korridor 1)
 - Uspesifisert klimautløst hendelse sør for Sarpsborg stasjon
 - Flomhendelse nord for Sarpsborg stasjon
- Kongsvingerbanen (NTP korridor 2)
 - Vegetasjonsbrann ved Aulifeltet nord for Rånåsfoss
- Sørlandsbanen (NTP korridor 3)
 - Vegetasjonsbrann eller skredhendelse øst for Nelaug
- Bergensbanen (NTP korridor 5)
 - Skredhendelse vest for Myrdal stasjon
- Dovrebanen (NTP korridor 6)
 - Skredhendelse mellom Tretten og Fåvang
 - Flomhendelse nord for Støren
- Nordlandsbanen (NTP korridor 7)
 - Skredhendelse mellom Trofors og Mosjøen
- Ofotbanen (NTP korridor 8)
 - Skredhendelse ved Rombaken øst for Narvik
 - Vegetasjonsbrann sørøst for Kiruna (Sverige)

Bruddpunktene er dermed stort sett lagt til steder hvor hendelser med stor sannsynlighet vil kunne inntreffe. Hendelsene er også valgt slik at samtlige NTP transportkorridorer med jernbane er representert. NTP transportkorridor 4 er derfor ikke med i listen. Det er videre tatt hensyn til at de økonomiske virkningene i transportnettet skal være realistiske. Nedenfor er det redegjort nærmere for valg av hvert enkelt bruddpunkt.

4.6.1 Østfoldbanen – uspesifisert hendelse sør for Sarpsborg stasjon

På Østfoldbanen er det valgt et bruddpunkt sør for Sarpsborg stasjon. Sannsynligheten for klimautløste naturhendelser er generelt lav i området, med unntak for vegetasjonsbrann.

Et brudd sør for Sarpsborg stasjon vil føre til buss for tog Sarpsborg - Halden. Et brudd nord for Sarpsborg vil føre til buss for tog mellom Fredrikstad og Sarpsborg. Med tanke på tømmergods ligger to store mottakere av tømmergods på norsk side, langs Østfoldbanen: Borregård i Sarpsborg og Norske Skog Saugbruk i Halden.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001145 Bnode- 8001147



Figur 4-5 Bruddpunkt forårsaket av uspesifisert klimahendelse sør for Sarpsborg stasjon.

4.6.2 Østfoldbanen – uspesifisert hendelse nord for Sarpsborg stasjon, vestre linje

Det er valgt et bruddpunkt nord for Sarpsborg stasjon på vestre linje øst for Rolvsøy. Dette er ikke et område hvor det er stor fare for klimahendelser, men det er likevel nyttig å kunne fastslå hvilke konsekvenser en langvarig nedstengning vil få for jernbanen. Hendelsesstedet ligger i en bratt skjæring, hvor styrtregnutløste steinsprang eller utglidninger muligens vil kunne forekomme ved ekstreme værhendelser.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001472 Bnode- 8001144



Figur 4-6 Bruddpunkt forårsaket av uspesifisert klimahendelse sør for Sarpsborg stasjon.

4.6.3 Kongsvingerbanen – vegetasjonsbrann ved Aulifeltet nord for Rånåsfoss

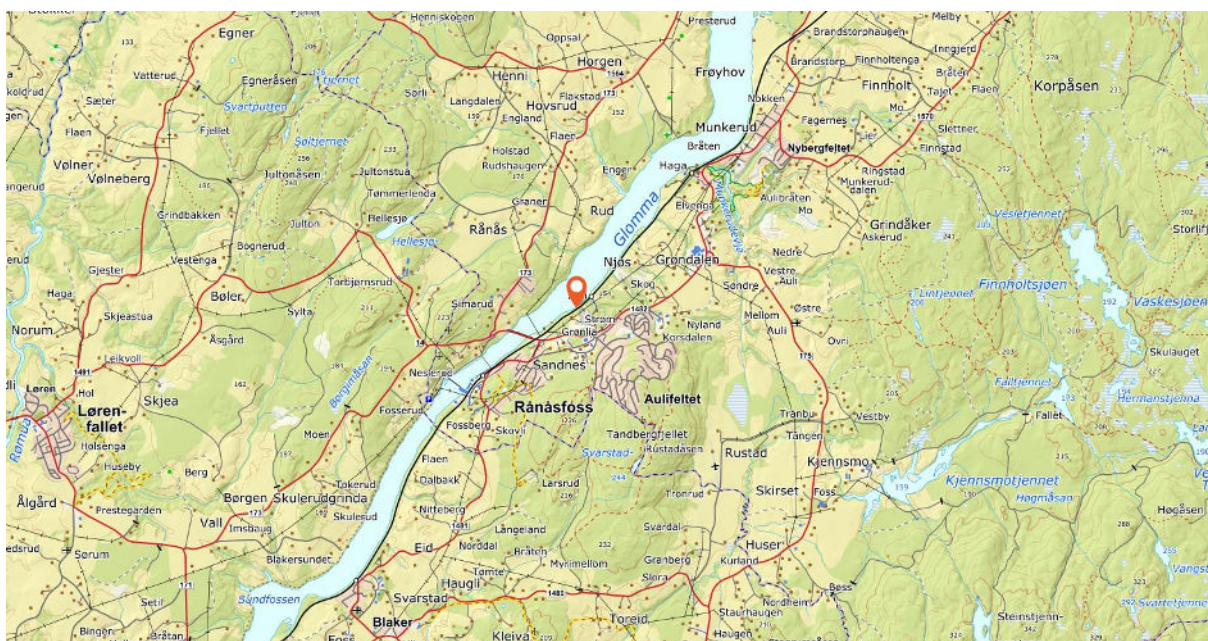
Det er valgt et bruddpunkt ved Aulifeltet like nord for Rånåsfoss. Jernbanen følger her langs et skogparti med en del dødt virke som vil kunne ta fyr ved skinnesliping eller lynnedslag kombinert med langvarig tørke.

Jernbanen ligger også tett på 200-års flomsonen i et leirholdig ravinelandskap. Utglidninger forårsaket av storflom vil derfor også kunne være mulig årsak til langvarig brudd.

Buss for tog Lillestrøm – Skarnes.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001203 Bnode- 8001204



Figur 4-7 Bruddpunkt forårsaket av vegetasjonsbrann ved Aulifeltet nord for Rånåsfoss.

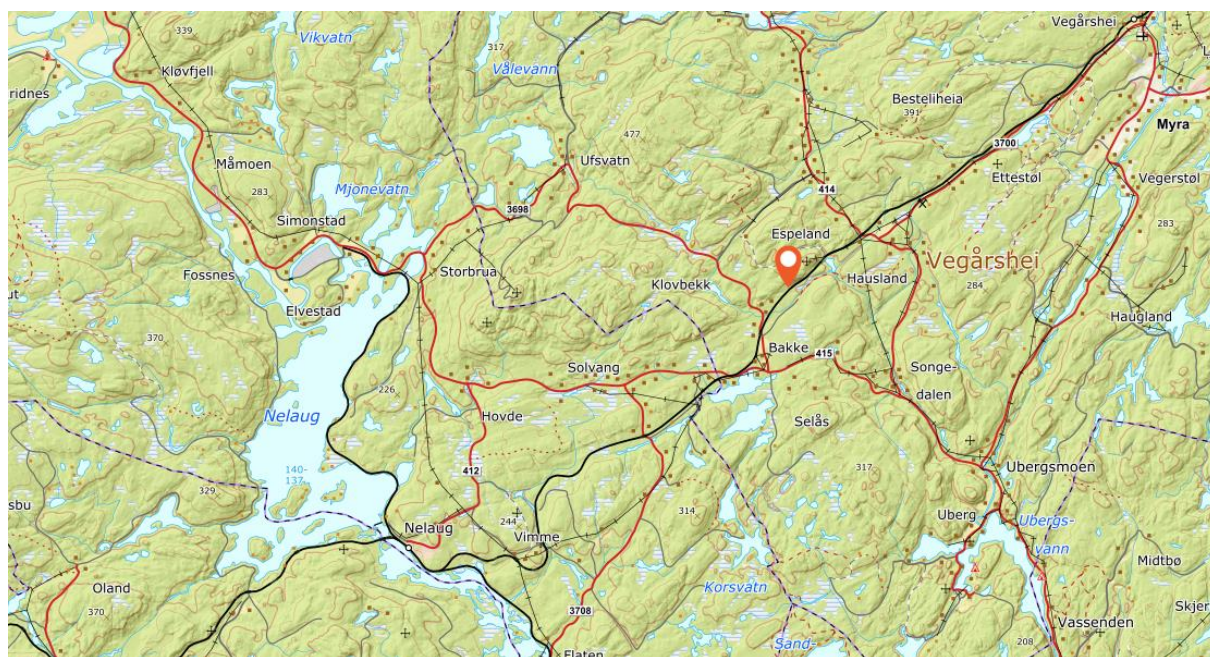
4.6.4 Sørlandsbanen – vegetasjonsbrann eller skredhendelse øst for Nelaug

Det er valgt et bruddpunkt mellom Vegårshei og Nelaug hvor Arendalsbanen og Sørlandsbanen møtes. Et brudd her vil ha effekt på begge banestrekningene. Gjennomgående person- og godstransport vil måtte omdirigeres til E18 Kristiansand.

Buss for tog mellom Kristiansand og Gjerstad.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001171 Bnode- 8001172



Figur 4-8 Bruddpunkt forårsaket av vegetasjonsbrann eller skredhendelse øst for Nelaug stasjon.

4.6.5 Bergensbanen – skredhendelse vest for Myrdal stasjon

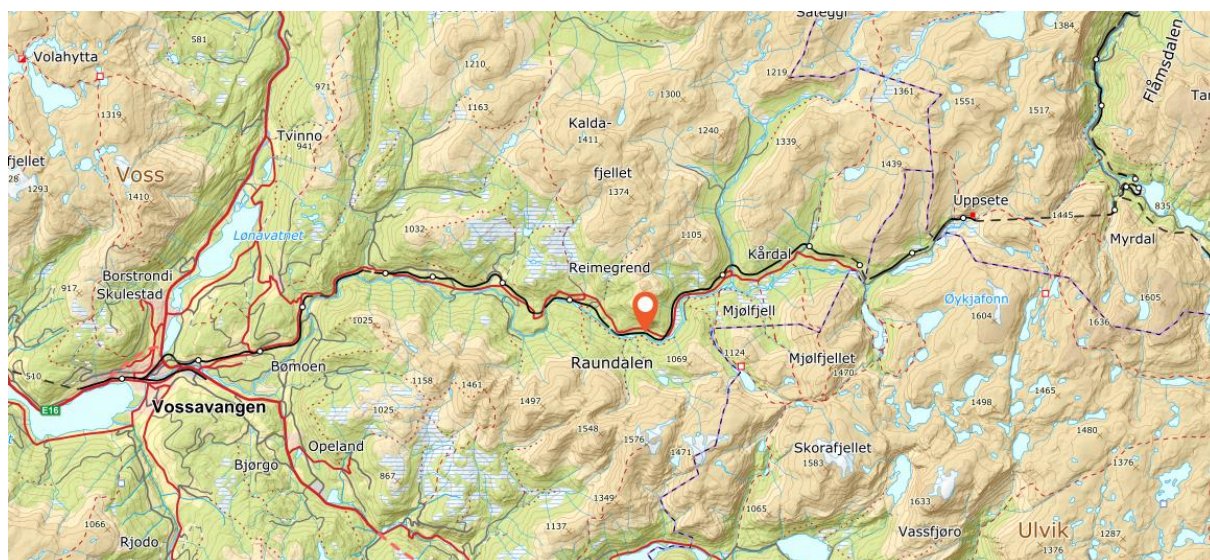
Langs denne banestrekningen er det valgt et bruddpunkt ved Reimegrend mellom Voss og Myrdal stasjon. Bruddpunktet ligger i et område med høy skredfaresannsynlighet.

Ved brudd her, må person- og gods omdirigeres via RV 7 Hardangervidda, E16 Filefjell, RV52 Hemsedal og FV50 Hol-Aurland, og eventuelt E134 Røldal.

Buss for tog mellom Voss og Gol.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001171 Bnode- 8001172



Figur 4-9 Bruddpunkt forårsaket av skred ved Reimegrend vest for Myrdal stasjon.

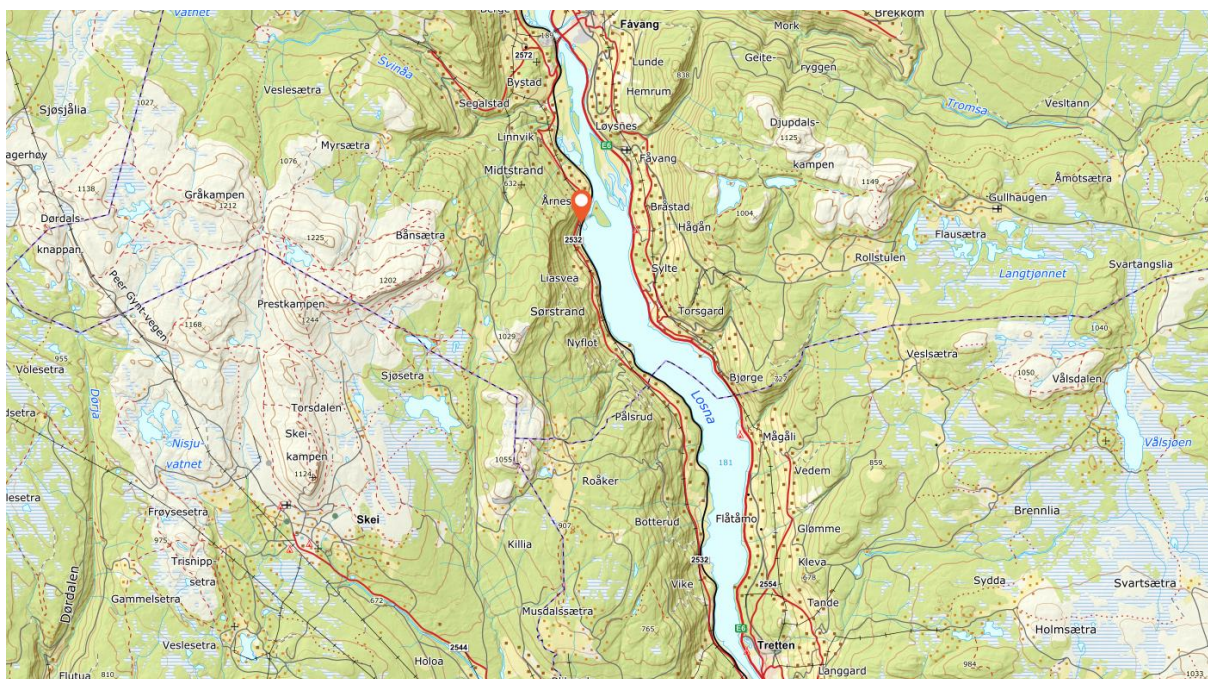
4.6.6 Dovrebanen – skredhendelse mellom Tretten og Fåvang

På Dovrebanen er det valgt et bruddpunkt mellom Tretten og Fåvang. Bruddpunktet er valgt for å simulere effektene av den langvarige hendelsen ved Randkleiv bru under ekstremværet 'Hans' august 2023. Bruddpunktet ligger i et område med forhøyet skredfare.

Ved brudd må gjennomgående person- og godstransport overføres til E6 gjennom Gudbrandsdalen, alternativt til Rørosbanen og RV3 gjennom Østerdalen mellom Hamar og Støren (bane) eller Ulsberg (veg). Vi antar det vil bli satt opp buss for tog mellom Lillehammer og Ringebu slik det ble gjort i en lengre periode under Randklev bru, før Fåvang stasjon ble tilrettelagt for omstigning buss-tog.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001288 Bnode- 8001289



Figur 4-10 Bruddpunkt forårsaket av skred mellom Tretten og Fåvang i Gudbrandsdalen.

4.6.7 Dovrebanen – flomhendelse nord for Støren

Det er her valgt et bruddpunkt på Dovrebanen nord for Støren hvor jernbanen ligger i flomsone for 200-årsflom og tett på Gaula-vassdraget. Ved storflom er det derfor sannsynlig at det vil kunne oppstå skader på jernbanen eller at flommen fører til svikt i omkringliggende leirmasser. Området er ellers lite belastet med naturhendelser.

Buss for tog mellom Støren og Trondheim.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 800131 Bnode- 8001318



Figur 4-11 Bruddpunkt forårsaket av flom.

4.6.8 Nordlandsbanen – skredhendelse mellom Trofors og Mosjøen

Den 24. oktober 2024 sporet et tog av på Nordlandsbanen etter å ha kjørt inn i et steinras i Hemnes ved Finnefjord mellom Bjerka og Mo i Rana. Ulykken førte til stengning av både E6 og Nordlandsbanen. Toget ble fjernet 5. november og E6 åpnet for trafikk dagen etter. Nordlandsbanen ble åpnet for godstrafikk den 30. november 2024 og passasjertogene begynte å gå 2. desember.

På banestrekningen er det valgt et bruddpunkt sør for Mosjøen. Bruddpunktet ligger i et område med forhøyet sannsynlighet for skred og hendelser utløst av styrtregn. Bruddpunktet er valgt for å få med effekten av gods til/fra Mosjøen og Mo i Rana.

Buss for tog fra Trofors til Mosjøen.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001417 Bnode- 8001418



Figur 4-12 Bruddpunkt forårsaket av styrtregnutløst skredhendelse mellom Trofors og Mosjøen.

4.6.9 Ofotbanen – skredhendelse ved Rombaken øst for Narvik

På Ofotbanen er det valgt et bruddpunkt ved Rombaken hvor det erfaringsmessig forekommer hyppige skredhendelser. Området er også utsatt for styrtregnutløste hendelser.

Det vil ikke kunne gå godstog på strekningen Narvik- Kiruna. Ettersom strekningen betjenes av SJ AB, har vi ikke hatt tilgang til passasjerdata på strekningen og derfor ikke hensyntatt.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8001341 Bnode- 8001342



Figur 4-13 Bruddpunkt forårsaket av skred eller styrtregnhendelse ved Rombaken øst for Narvik.

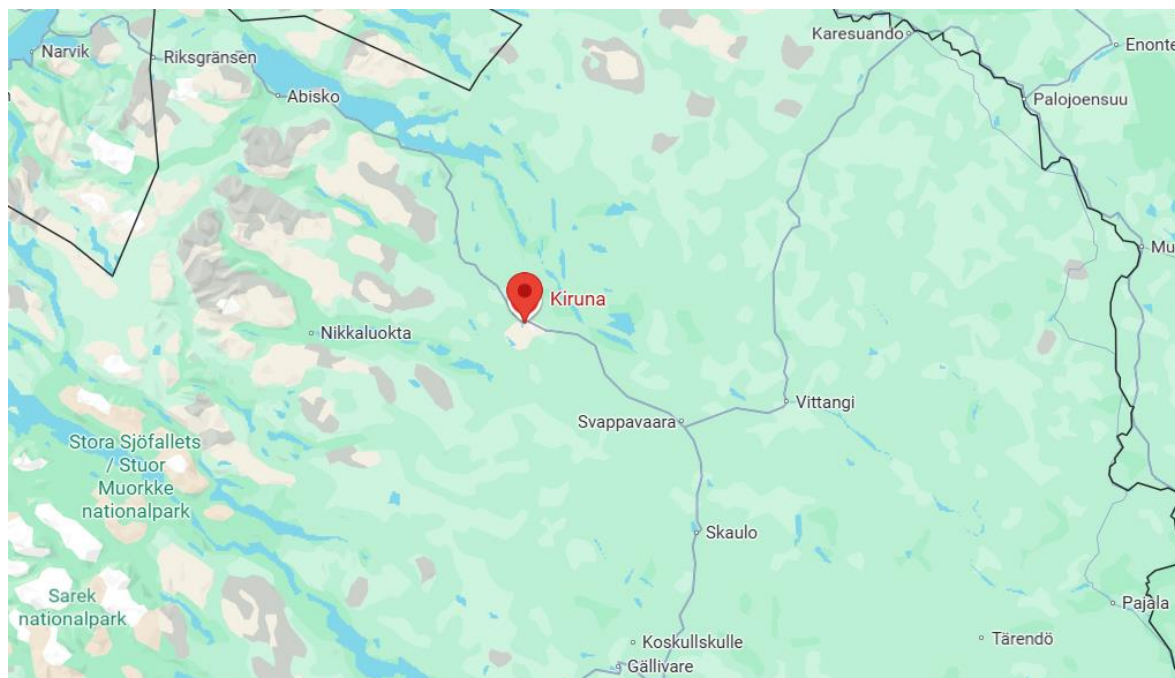
4.6.10 Ofofbanen – vegetasjonsbrann sørøst for Kiruna (Sverige)

Det er lagt inn et bruddpunkt sørøst for Kiruna i Sverige. Jernbanen går gjennom store områder med skog som vil kunne antennes av gnister fra jernbanen eller lyn ved langvarig tørke.

Selv om sannsynligheten for en slik hendelse er lav, vil de ha generell interesse å se nærmere på hvordan en slik hendelse vil hindre godsvarestrømmen med tog mellom Sør- og Nord-Norge.

Det er i godsnettverket lagt inn brudd på lenke (Hnr):

Anode- 8000016 Bnode- 8000017



Figur 4-14 Bruddpunkt forårsaket av vegetasjonsbrann.

5 Resultater

5.1 Årlig driftsstans og nedetid i dagens klima

Tabell 5-1 viser årlig sannsynlighet for driftsstans forårsaket av klimapåkjenninger på jernbanenettet i dag og i nær fremtid.

Dersom tabellverdiene ønskes uttrykt for eksempel per dag, må verdiene divideres med 365 dager i et år. For Bergensbanen skal tabellen forstås slik:

- Det er 84 % sannsynlig at driftsstans vil oppstå i løpet av et år
- Det er 10 % sikkert at det vil være færre enn 0,73 driftsstans i løpet av et år
- Det er 50 % sikkert at det vil være færre enn 2,36 driftsstans i løpet av et år
- Det er 90 % sikkert at det vil være færre enn 5,55 driftsstans i løpet av et år

Tabell 5-1 Årlig sannsynlighet for driftsstans forårsaket av klimapåkjenninger i perioden 1960 - 2023.

Bane	Pdriftsstans %	P10 antall	P50 antall	P90 antall
Bergensbanen	83,66	0,73	2,36	5,55
Dovrebanen	71,56	0,13	3,24	18,18
Nordlandsbanen	87,21	0,88	2,42	5,21
Sørlandsbanen	82,4	0,78	1,77	3,38
Østfoldbanen østre linje	76,09	0,80	1,28	1,93
Østfoldbanen vestre linje	*	*	*	*
Kongsvingerbanen	*	*	*	*
Ofotbanen	81,08	0,58	2,67	7,52
Raumabanen	*	*	*	*

* Datasettet inneholder få registreringer.

Tabell 5-2 viser årlig nedetidssannsynlighet forårsaket av klimapåkjenninger på jernbanenettet i dag og i nær fremtid. Tabellen viser sannsynlighet for årlig driftsstans for noen utvalgte varigheter som blir mye benyttet i jernbanesektoren.

For Bergensbanen er det kun 13,88 % sannsynlig at sammenlagt driftsstans som følge av klimahendelser vil være mindre enn 1 time gjennom et helt år i nær fremtid. Sannsynligheten øker ganske markant i varighetsområdet seks timer – to døgn, Vi må derfor forvente at jernbanen stenges ca. to døgn per år i gjennomsnitt i nær fremtid.

Det vil forekomme enkeltår hvor Bergensbanen stenges inntil en hel uke (168 timer). Det er derimot statistisk usannsynlig at Bergensbanen skal være stengt så lenge som en hel måned (730 timer) sammenlagt gjennom et helt år i nær fremtid. Se avsnitt 5.4 for en nærmere diskusjon rundt sannsynligheten for slike hendelser.

Tabell 5-2 Årlig beregnet nedetidssannsynlighet ved driftsavbrudd forårsaket av klimapåkjenninger i perioden 1960 - 2023.

Bane	P driftsstans				
	≤ 1 time	≤ 6 timer	≤ 2 døgn (48 timer)	≤ 7 døgn (168 timer)	≤ 1 måned (730 timer)
Bergensbanen	13,88	34,24	80,39	98,55	**
Dovrebanen	2,5	7,51	26,14	51,63	89,24
Nordlandsbanen	14,6	34,09	77,86	97,68	**
Sørlandsbanen	8,86	42,02	98,63	*	**
Østfoldbanen østre linje	0,32	2,27	20,03	57,57	98,17
Østfoldbanen vestre linje	*	*	*	*	**
Kongsvingerbanen	*	*	*	*	**
Ofotbanen	12,57	63,32	99,99	*	**
Raumabanen	*	*	*	*	**

* Datasettet inneholder få registreringer.

** Datasettet inneholder for få registreringer over langvarige nedstengninger. Se avsnitt 5.4.

5.2 Enkeltstående nedetid ved klimahendelser i dagens klima

Tabell 5-2 beskriver klimautløste nedetidssannsynligheter for *hele år* som kan forventes i nær fremtid. Det er minst like verdifullt å regne på hvor lenge jernbanen vil bli stengt når en *enkelthendelse* oppstår. Tabell 5-3 viser dette. Når klimapåkjenninger fører til driftsstans på Bergensbanen, er det for eksempel ~77 % sannsynlig at banen vil være oppe å gå innen 48 timer.

Tabell 5-3 Beregnet nedetidssannsynlighet ved enkeltstående driftsavbrudd forårsaket av klimapåkjenninger i perioden 1960 - 2023.

Bane	P driftsstans				
	≤ 1 time	≤ 6 timer	≤ 2 døgn (48 timer)	≤ 7 døgn (168 timer)	≤ 1 måned (730 timer)
Bergensbanen	10,65	29,21	76,8	98,05	**
Dovrebanen	7,23	31,63	92,93	99,99	**
Nordlandsbanen	11,57	26,37	63,19	89,97	99,92
Sørlandsbanen	9,59	32,36	88,19	99,85	**
Østfoldbanen østre linje	0,0	0,07	4,78	36,94	98,09
Østfoldbanen vestre linje	*	*	*	*	**
Kongsvingerbanen	*	*	*	*	**
Ofofbanen	5,56	29,03	93,54	99,99	**
Raumabanen	*	*	*	*	**

* Datasettet inneholder få registreringer.

** Datasettet inneholder for få registreringer over langvarige nedstengninger. Se avsnitt 5.4.

5.3 Fremtidige frekvenser for klimahendelser

Tabell 5-4 viser interpolerte frekvensendringer for ulike klimahendelser i fremtidig klima. Verdiene er fra fase 1 (Multiconsult, 2024). Eksempelvis ventes antall årlige klimahendelser å øke med 3 % i NTP-korridor 1 år 2030, sammenliknet med 2023.

Tabell 5-4 Forventede frekvensendringer for klimahendelser i fremtidig klima. Referanseåret er 2023. Banestrekninger i henhold til vedlegg 10.1 i (Multiconsult, 2024).

NTP-korridor	Banestrekninger	Klimafaktor						
		2030	2050	2100				
		Alle	Alle	Flom	Styrtregn	Skred	Brann	Alle
1	Østfoldbanen	1,03	1,09	1,16	1,36	1,12	1,49	1,28
2	Kongsvingerbanen	1,01	1,05	1,19	1,36	1,16	0,81	1,13
3	Arendalbanen, Bratsbergbanen, Brevikbanen, Drammenbanen, Numedalsbanen, Sørlandsbanen, Tinnosbanen, Vestfoldbanen,	1,03	1,10	1,26	1,37	1,14	1,43	1,30
5	Bergensbanen, Flåmsbanen, Godssporet Bergen – Minde, Randsfjordbanen, Roa- Hønefossbanen	1,02	1,08	1,18	1,36	1,15	1,26	1,24
6	Dovrebanen, Gardermobanen, Gjøvikbanen, Hovedbanen, Raumabanen, Rørosbanen, Solørbanen, Stavne- Leangbanen	1,01	1,04	1,10	1,36	1,18	0,77	1,10
7	Meråkerbanen, Namsosbanen, Nordlandsbanen	1,02	1,08	1,25	1,43	1,16	1,13	1,24
8	Ofofbanen	1,02	1,09	1,13	1,50	1,14	1,32	1,27

5.4 Forhold som påvirker hendelsessannsynligheten

Forskning på risikopersepsjon viser at vi notorisk feilbedømmer risiko forbundet med hendelser som både er ekstremt sjeldne⁷ og som har store konsekvenser. Begrepet «sort svane» blir ofte brukt om slike hendelser. I denne studien berører vi flere hendelser som nærmer seg denne kategorien:

- Kvikkleireskred ved Nesvatnet i Levanger 30.8.2025. Banen antatt stengt 10 ½ måned, frem til medio juli 2026. Ikke registrert i Banedata.
- Flomskade på Randklev bru 14.8.2023 - 20.5.2024. Banen stengt 9 ½ måned. Ikke registrert i Banedata.
- Isskade på Otta bru 21.1.2025 - 7.4.2025. Banen stengt 2 ½ måned. Ikke registrert i Banedata.
- Skred ved Bjerka, 24.10.2024 - 30.11.2024 (gods 37 dager) og 2.12.2024 (person 39 dager). Registrert i Banedata.
- Jordskred Raumabanen, jordras ved Verma stasjon 19.7.2025 - 31.10.2025. Banen stengt 3 ½ måned. Registrert i Banedata.

Dette er alle hendelser med store konsekvenser som stenger jernbanen i lang tid. I følge Tabell 5-1 og Tabell 5-2, er den beregnede statistiske sannsynligheten for så langvarige hendelser stort sett lik null. Likevel inntreffer hendelser som dette fra tid til annen, og tilsynelatende oftere nå enn tidligere. Så hva kan være årsaker til at det er så vanskelig å forutsi dem, og hva er den reelle sannsynligheten for at hendelser som dette likevel skal kunne inntreffe?

5.4.1 Nesvatnet

For kvikkleire har vi frem til nå antatt at den største driveren for skredhendelser er menneskelig aktivitet. Nytt kunnskapsgrunnlag om klimaendringer antyder at sannsynligheten for kvikkleireskred *kanskje* vil kunne øke noe som følge av økt nedbør, men at årsaks-virkningsforholdet er uklart. For kvikkleireskredet ved Nesvatnet kan vi antagelig se bort fra slik klimapåvirkning. Det var verken vind eller sterk nedbør da skredet inntraff. Det ble derimot gjennomført grunnstabiliserende arbeider på jernbanen som *kan* ha utløst denne hendelsen. Det er rimelig å anta at sannsynligheten for tilsvarende hendelser er mye sterkere knyttet til forekomst av kvikkleire og grunnarbeider enn til forekomst av kvikkleire og klimapåkjenninger. Sannsynligheten for slike hendelser lar seg ikke beregne aktuarisk med dagens kunnskap.

5.4.2 Randklev bru

Skadene på Randklev bru under ekstremværet 'Hans' skyldes undergraving av brufundamentene som følge av flom. Etter dagens regelverk skal det gjennomføres hovedkontroll på hele brukonstruksjonen inkludert fundamentene hvert sjette år. I tillegg skal det gjennomføres kontrollmålinger med målevogn minimum to ganger i året for å avdekke eventuelle setningsskader. Ifølge Bane NOR og Jernbanedirektoratet er det lite som tyder på at manglende vedlikehold på brufundamentene bidro til hendelsen. Sannsynligheten for at en slik hendelse skal inntreffe vil dermed være tilnærmet lik flomsannsynligheten som brukonstruksjonen er dimensjonert for å tåle. Basert på vannføringsdata ved Losna målestasjon, kan det se ut til at flommen forbi Ringebu august 2023 har vært i området 200 - 500-årshendelse (NVE, 2025). Den

⁷ Med ekstremt menes her statistisk ekstremt – det vil si hendelser som er så sjeldne at de ligger utenfor hva vi kan påvise gjennom historisk erfaring.

nye brua er dimensjonert for å tåle 200-årsflom. Vi kan dermed anta at årlig gjentakssannsynlighet for en tilsvarende brukollaps vil være 1/200.

5.4.3 Otta bru

Otta bru ble skadet av høy vannføring kombinert med stor isgang januar 2025. Kombinasjonen høy flomvannføring og kraftig isdannelse samvarierer ganske mye i vassdraget. I utgangspunktet kan vi dermed sette hendelsessannsynligheten for isskade lik flomsannsynligheten. Vi har gjennomført en flomfrekvensanalyse for ulike vintersesonger for å finne gjentakintervallet til denne hendelsen. Flomverdiene for januar 2025 representerer maksimalt 20-årshendelse. Det er verd å merke seg at Bane NOR etter ekstremværet 'Hans' erosjonssikret brupilarene på en måte som gjør brua utsatt for isgang. Det er også indikasjoner på at tiltaket kan ha ført til økt virveldannelse og erosjon (Gudbrandsdølen Dagningen, 2025). Det kan dermed se ut til at forsøk på å sikre brua kan ha økt sannsynligheten for uønskede hendelser under flom. NVE oppgir at dagens bru har uakseptabel sikkerhet jf. TEK17, og at dagens brukonstruksjon kun tilbyr akseptabel sikkerhet gjennom organisatoriske sikringstiltak. Det er lite sannsynlig at dagens bru vil kunne tåle en ny påkjenning tilsvarende ekstremværet 'Hans'.

5.4.4 Bjerka

Skredet ved Bjerka oktober 2024 var et steinskred. Værtypen var ikke ekstrem på noen måte, med normalt regn og temperatur i området 0 – 5 grader (Banedata). Hendelsen førte til tap av liv. Fra kartvedleggene til fase 1, ser vi at skredet befinner seg i et område hvor det er registrert et betydelig antall skredhendelser opp gjennom årene. Sannsynligheten for at en slik hendelse skal inntreffe kan dermed fastsettes ved å telle opp antall historiske hendelser som har ført til nedetid på jernbanen samme sted.

I perioden 1960 – 2025 er det oppstått 24 driftsstans av ulik varighet ved Bjerka som er forårsaket av naturhendelser. Dette gir en årlig hendelsessannsynlighet på 37 %, som forventes å øke med ytterligere 20 % frem mot år 2100. Men hva er sannsynligheten for at enkeltstående hendelser som dette ved Bjerka skal stenge jernbanen så lenge som 39 dager?

Sannsynligheten for enkeltstående nedstengninger av ulik varighet langs banedelstrekningen Drevvatn – Bjerka - Mo i Rana er vist i Tabell 5-5. Sannsynligheten for at banen vil være stengt kortere enn 39 dager (936 timer) er 99.98 %. Det er tilsvarende 0.02 % sannsynlig at en vilkårlig hendelse vil stenge jernbanen lengre enn 39 dager.

Tabell 5-5 Beregnet nedetidssannsynlighet ved enkeltstående driftsavbrudd ved Bjerka på Nordlandsbanen i perioden 1960 - 2023.

Banedelstrekning	P driftsstans				
	≤ 1 time	≤ 6 timer	≤ 2 døgn (48 timer)	≤ 7 døgn (168 timer)	≤ 1 måned (730 timer)
Drevvatn – Bjerka – Mo i Rana	16,59 %	32,86 %	67,91 %	91,24 %	99,92 %

Sammenliknet med nedetidssannsynlighetene i Tabell 5-3, kan det se ut til at påliteligheten til banedelstrekningen Drevvatn – Bjerka – Mo i Rana vil ha forholdsvis stor virkning på Nordlandsbanens totale pålitelighet i fremtidens klima.

5.4.5 Verma stasjon

Skadene ved Verma stasjon skyldes kraftig nedbør over flere dager, kombinert med høy temperatur. Det er ikke tidligere registrert slike skader på Verma stasjon, men strekningen Verma – Marstein er Raumabanens mest skredutsatte delstrekning. I perioden 1960 – 2025 er det registrert fem flom- og skredhendelser i dette området som har ført til nedstenginger av jernbanen. Dette gir en årlig hendelsessannsynlighet på minimum 7,5 %, som frem mot år 2100 forventes å øke med ytterligere 40 %.

Antall registrerte hendelser ved Verma er for få, og for skjevfordelt til at det lar seg gjøre å beregne nedetidssannsynligheter på samme vis som ved Bjerka. Døgnverdiene for nedbør samme døgn som hendelsen inntraff ser ut til å ligge rundt 2-årsregn (Åndalsnes). Skredet kan vel så gjerne ha blitt utløst av svært lokal nedbør med betydelig intensitet og kort varighet.

5.4.6 Alternativ metode for fastsettelse av langvarig nedetidssannsynlighet

Som det kommer frem, har vi de siste få årene erfart hendelser som stenger jernbanen i svært lang tid. Tabellene i kapittel 5.2 viser at vi ikke klarer å beregne sannsynligheten for svært langvarig nedstengning for alle banestrekninger aktuarisk. Det er dermed behov for en proxy⁸ som sannsynliggjør faren for langvarig driftsstans for de av banestrekningene som er merket med to stjerner i Tabell 5-2.

La oss anta at langvarig nedstengning kun skyldes ytre påvirkning. Fraværet av langvarig nedstengning på for eksempel Bergensbanen, skyldes dermed kun at den ytre påvirkningen som skal til for å utløse langvarig driftsstans foreløpig ikke er inntruffet. Dette er en meget grov forenkling av virkeligheten, men vi har ikke data som understøtter noen bedre tilnærming.

Tabell 5-6 nedenfor viser hvor mange unike hendelser som stenger jernbanen syv døgn og som fremdeles stenger jernbanen etter en måned og tre måneder. For Dovrebanen finner vi 48 stenginger med én ukes varighet, hvorav 2 fremdeles stenger banen etter en måned og hvorav igjen kun én fremdeles stenger banen etter tre måneder. Dersom Dovrebanen er stengt en uke, er det dermed 1/48 sannsynlighet for at den vil være stengt så lenge som tre måneder. For Nordlandsbanen er forholdet en god del større. Dersom Nordlandsbanen er stengt en uke, er det 4/10 sannsynlig at den vil være stengt om en måned og 1/10 sannsynlig at den fremdeles vil være stengt etter tre måneder.

Dersom vi legger til grunn at det samme forholdet mellom middels langvarig og langvarig nedstengning av jernbanen gjelder for andre banestrekninger, vil den årlige sannsynligheten for langvarig nedstengning utenom Dovrebanen og Nordlandsbanen antas å ligge i størrelsesområdet 0,03 %. For Bergensbanen er de to månedsverdiene beregnet slik:

$P_{stans \geq 1 \text{ mnd, Bergensbanen}}$

$$\begin{aligned} &= P_{stans \geq 1 \text{ uke, Bergensbanen}} * (\text{antall}_{stans \geq 1 \text{ mnd, Dovrebanen}} / \text{antall}_{stans \geq 1 \text{ uke, Dovrebanen}}) \\ &= (100 - 98,55) * 2 / 48) \\ &\approx 0,06 \end{aligned}$$

$P_{stans \geq 3 \text{ mnd, Bergensbanen}}$

⁸ Alternativ metode for tilfeller hvor opprinnelig metode ikke strekker til.

$$= P_{\text{stans} \geq 1 \text{ uke, Bergensbanen}} * (\text{antall stans} \geq 3 \text{ mnd, Dovrebanen} / \text{antall stans} \geq 1 \text{ uke, Dovrebanen})$$

$$= (100 - 98,55) * 1 / 48)$$

$$\approx 0,03$$

Sannsynlighetsverdiene for driftsstans over én uke er hentet fra Tabell 5-1 . Antall driftsstans er hentet fra venstre side i Tabell 5-6. Ved fravær av frekvensdata har vi benyttet Dovrebanen som referansejernbane. Nordlandsbanen er benyttet som referansebane for Ofotbanen. Årsaken til dette er at klimasituasjonen langs Nordlandsbanen antagelig ikke er representativ for jernbanestrekninger lenger sør i landet.

Vi gjør oppmerksom på at de beregnede nedetidssannsynlighetene for langvarig driftsstans bygger på en rekke antagelser som hver for seg kan stilles spørsmål ved. Blant annet kan vi slå fast at vedlikehold har stor innvirkning på jernbanens pålitelighet. Verdiene i Tabell 5-6 er laget for å sannsynliggjøre hendelser som vi ikke har tallgrunnlag for å beregne aktuarisk. Verdiene må derfor benyttes med et kritisk blikk.

Tabell 5-6 Årlig nedetidssannsynlighet for langvarig nedstengning basert på opptelling av samme hendelse ved ulike varigheter. Tallene i parentes er gjengitt fra Tabell 5-2.

Bane	Antall driftsstans			Årlig sannsynlighet for driftsstans	
	≥ 7 døgn (168 timer)	≥ 1 måned (730 timer)	≥ 3 måneder (2190 timer)	≥ 1 måned	≥ 3 måneder
Bergensbanen	1	0	0	0,06	0.03
Dovrebanen	48	2	1	2.02 (10,76)	1,01
Nordlandsbanen*	10	4	2	0,93	0,46
Sørlandsbanen	1	1	1	< 0,06	< 0,03
Østfoldbanen østre linje	1	0	0	1,77 (1,83)	0.89
Østfoldbanen vestre linje	0	0	0	(**)	(**)
Kongsvingerbanen	0	0	0	(**)	(**)
Ototbanen*	0	0	0	< 0,004	< 0,002
Raumabanen	1	1	1	(**)	(**)

* Måned- og tremånedersverdier beregnet fra driftsstansfrekvensene til Nordlandsbanen.

** For lite data. Sannsynligheten for langvarig nedstengning lar seg ikke beregne.

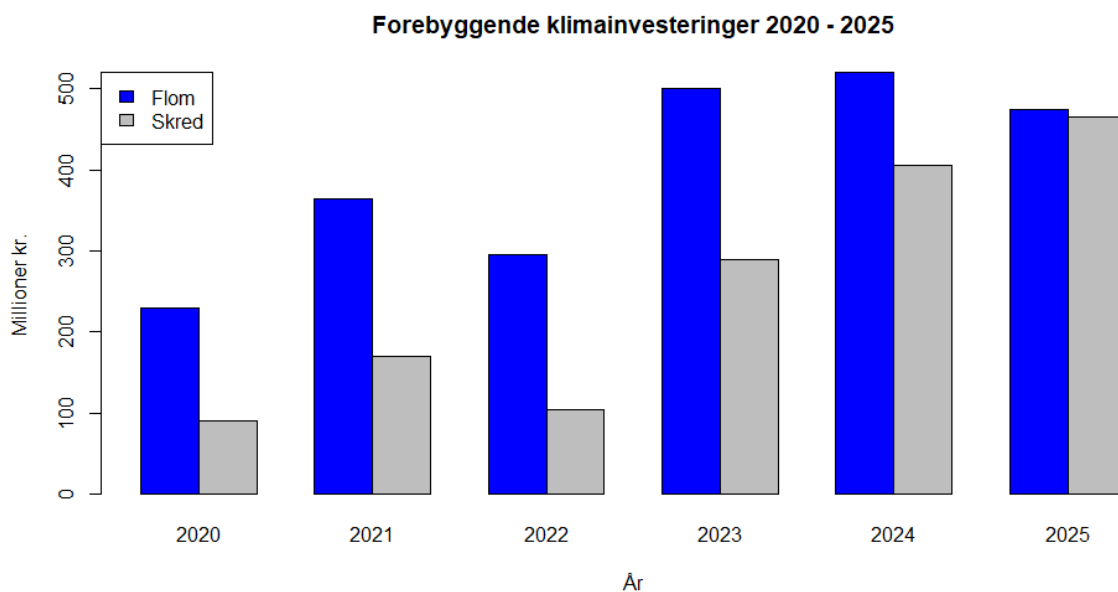
5.4.7 Oppsummering

Som det kommer frem, inntreffer sjeldne og alvorlige hendelser fra tid til annen som ikke uten videre lar seg sannsynlighetsberegne. Flere av hendelsene er rett og slett ikke registrert i Banedata. Dette vil kunne lede til feilvurderinger rundt slike hendelsers forekomst og varighet.

Til tross for manuell innlegging av manglende oppføringer, ser vi at beregnet sannsynlighet for langvarig driftsstans er svært lav. Når vi skal gjøre antagelser rundt sannsynligheten for langvarig driftsstans, må vi derfor av og til benytte oss av vurderinger som i avsnitt 5.4.1 - 5.4.6.

Vedlikehold påvirker i betydelig grad jernbanens pålitelighet. Vi gjør oppmerksom på at de beregnede sannsynlighetsverdiene i denne rapporten gjelder for det historiske vedlikeholdsregimet vi har hatt siden 1960. Dersom vi kun viderefører dette vedlikeholds nivået, vil vi måtte forvente lavere pålitelighet på jernbanen i årene som kommer.

På den annen side ser investeringene i forebyggende klimatiltak langs jernbanen ut til å øke. Fra Bane NOR har vi mottatt data som aggregert viser økende trend i klimaforebyggende investeringer siden 2020. Investeringene omfatter både flom- og skredforebyggende tiltak, som vist på Figur 5-1. Dette er en meget positiv utvikling som Bane NOR med fordel kunne høstet større anerkjennelse for. Vi vet at Bane NOR har lagt ned betydelig innsats i å kartlegge den hydrauliske kapasiteten til anslagsvis 16 000 stikkrenner. Det er et tankekors at når jernbanen må stenge fordi en stikkrenne går tett, melder de som reparerer skaden at kravet til oppetid tvinger dem til å legge ned rør etter hva de har tid og plass til der og da, i stedet for å ta seg tid til å gjøre en skikkelig jobb i tråd med det kunnskapsgrunnlaget Bane NOR faktisk sitter på. Pålitelig jernbanedrift handler dermed om mer enn budsjettmessige tildelinger.



Figur 5-1 Investeringer i forebyggende klimatiltak langs jernbanen siste fem år (Bane NOR).

5.5 Kostnader ved brudd på jernbanen for utvalgte caser

Med utgangspunkt i den beregningsmetodikken og de forutsetninger som er presentert i avsnitt 4.5, presenteres resultatene av kostnadsberegningen for hver banestrekning.

5.5.1 Ettårig driftsavbrudd

Årlig forventet kostnad er totalkostnaden ved et brudd, justert for sannsynligheten for at en slik hendelse skal inntreffe. Årlig forventet kostnad danner utgangspunktet for å se på virkningene av

tiltak som kan redusere denne årlige forventede kostnaden. Tiltak som reduserer sannsynligheten for et driftsavbrudd, vil dermed redusere den årlige forventede kostnaden.

Et tiltak som har en forventet levetid på 100 år, vil redusere den årlige forventede kostnaden i 100 år. Ved å neddiskontere denne årlige besparelsen over en periode på 100 år, får vi nåverdien for samfunnet av tiltaket. Dette kan anses som en økonomisk ramme for tiltaket. Hvis tiltaket koster mindre enn denne rammen, så vil det være lønnsomt for samfunnet å gjennomføre tiltaket. Koster tiltaket mer enn rammen, er det ikke lønnsomt ut ifra de prissatte virkningene som hensyntas i denne analysen.

Lønnsomhetsbetraktningen bør spenne videre enn de prissatte virkningene som er beregnet her. Tap av liv, tilliten til jernbanen og dens pålitelighet og kostnader til gjenoppbygging er alle hensyn som bør tas med i betraktning, i tillegg til de forventede årlige kostnadene som her er beregnet.

Sannsynligheten for langvarige driftsavbrudd, dvs. lengre enn 3 måneder, er hentet fra Tabell 5-6. Der det ikke er mulig å beregne en sannsynlighet, har vi benyttet 0,03 prosent som årlig sannsynlighet for langvarig driftsstans. Ettersom vi benytter enkeltåret 2050 som beregningsår, må sannsynlighetsverdiene i Tabell 5-6 korrigeres for forventede klimaendringer ved hjelp av frekvensfaktorene i Tabell 5-4.

Tabell 5-7 viser beregnede kostnader ved driftsavbrudd med ett års varighet fordelt på godsrelaterte kostnader og personrelaterte kostnader. I tillegg ligger tallene for restitusjons- og skattefinansieringskostnad fra Randklev bru i tabellen. Dette er tall vi har mottatt fra Jernbanedirektoratet.

For de øvrige banestrekningene har vi ikke tall for dette. Dersom disse kostnadene hadde vært inkludert ville vi fått en økning i kostnader det året banen stenges. Når det så justeres for årlig sannsynlighet, fører justeringen til økte forventede kostnader, som igjen fører til økt tiltaksramme.

Kostnadsanslaget inkluderer ikke skattefinansieringskostnad knyttet til utbetalt kompensasjonen til operatørene og buss-for-tog-kostnader.

Tabell 5-7 Kostnader ved driftsavbrudd med ett års varighet, inndelt i gods- og personrelaterte kostnader (mill. kroner).

	Bergensbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ostbanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Godsrelaterte kostnader										
Merkostnader for samfunnet*	86	91	98	2 046	75	49	80	172	63	121
Kompensasjon til godsoperatører	346	286	394	8 186	299	195	319	688	251	484
Sum godsrelaterte kostnader	432	377	492	10 232	374	244	399	860	314	605
Persontogrelaterte kostnader										
Buss for tog	668	138	32	-	411	52	148	30	46	-
Ulempekostnader for reisende	185	108	16	-	229	35	68	38	61	-

	Bergsbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Oftobanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Ulempekostnader for ikke-reisende passasjerer	163	57	8	-	239	18	54	20	32	-
Kompensasjon til togoperatører	646	372	108	-	1 266	236	233	263	415	-
Sum persontogrelaterte kostnader	1 663	675	164	-	2 145	341	504	352	554	-
Restitusjonskostnad (Ikke medtatt i sum)**	-	430	-	-	-	-	-	-	-	-
Skattefinansieringskost**	-	196	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum kostnad ved 1 års driftsavbrudd	2 095	1 052	656	10 232	2 519	585	902	1 212	868	605

*) Inkluderer endringer i avgifter og vedlikehold, samt eksterne virkninger (ulykker, utslipp, støy etc.)

***) Restitusjonskostnader og skattefinansieringskostnad er ikke inkludert i beregningene pga. stor usikkerhet og høy case-spesifikk variasjon. For Dovrebanen (case brudd ved Randklev bru) er reell restitusjonskostnad for Randklev bru synliggjort.

Tabellen viser at kostnadene for et driftsavbrudd som varer i et år, vil variere mellom 0,6 og 10 mrd. kroner.

5.5.1.1 Ofotbanen – brudd ved Rombaken

Denne banestrekningen frakter i hovedsak malm (97%) mellom Kiruna og Narvik, men også noe kombigods og industrivarer.

Dersom det oppstår brudd ved Rombaken, vil dette få store konsekvenser for malmtransporten mellom Kiruna og Narvik. Bruddet vil føre til store overføringer av gods til vei og sjø. Dette fører til høye godsrelaterte kostnader, beregnet til om lag 10 milliarder kroner etter metodikken i denne analysen. Det kan nevnes at den største godskunden på Ofotbanen, LKAB, oppgir et tap på om lag 100 millioner svenske kroner per dag, da Oftobanen var stengt i flere uker, vinteren 2023/24 (High North News, 2024).

Det finnes ikke tilgjengelige data for persontrafikk på Ofotbanen. Vi har derfor ikke beregnet persontogrelaterte kostnader knyttet til dette.

5.5.1.2 Kongsvingerbanen – brudd ved Auli

På Kongsvingerbanen fraktes det mye tømmer (78%), men også kombigods som stykkgoods (11%) og termovarer (3%), samt industrivarer (8%).

For godstrafikken vil et brudd ved Aulifeltet sør for Årnes øke transportarbeidet på vei og sjø. I tillegg vil transport med dieseltog (Nordlandsbanen) øke. På skip vil den største økningen være fra Moss og nordover. Det vil overføres gods til Østfoldbanen som går videre til Sverige.

Bruddet nord for Rånåsfoss stasjon antas å føre til buss for tog mellom Lillestrøm og Skarnes (ca. 56 km), hvor bussen antas å kjøre på motsatt side av Glomma i forhold til bruddstedet. Dette er en strekning hvor mange passasjerer vil bli rammet av en slik hendelse. Dette reflekteres i de persontogrelaterte kostnadene. Det er antatt at frafall av reisende vil være 20 prosent

Kostnadene ved brudd på Kongsvingerbanen ligger rundt 2,5 milliarder kroner, og domineres av persontogrelaterte kostnader. Det kan være litt overraskende at Kongsvingerbanen, en viktig del

av Oslo-Narvik godskorridor er såpass passasjerdrevet. Funnet bør sees i sammenheng med caset «Sør for Kiruna», som er valgt for å vise godsstrømmen Oslo-Narvik der den ikke overskygges av malmtrafikken Kiruna-Narvik.

5.5.1.3 Kiruna sørøst – brudd ved Gällivare

På denne banestrekningen i Sverige fraktes det mest kombigods (stykkgoods (39%), fisk (24%) og termovarer (9%)), men også industrivarer (28%).

Brudd på banestrekningen sørøst for Kiruna ved Gällivare vil gi en overføring av gods til vei, sjø og bane. På vei vil vi få en økning i transportarbeidet med tung lastebil og modulvogntog, hvor tung lastebil vil få den største økningen. Mens det til sjøs vil være en økning i transportarbeidet med skip på strekningen mellom Oslo og Narvik. På banen vil det være en økning i transportarbeidet med dieseltog (Nordlandsbanen).

Et brudd sør for Kiruna er beregnet til å koste det norske samfunnet ca. 600 millioner kroner (svenske kostnader kommer i tillegg og kan være betydelige). Årsaken er at Oslo-Narvik ifølge NGM kan betjenes ganske godt med blant annet sjøtransport, samt vei/bane på norsk side.

Vi har ikke tilgang på data for persontrafikk på denne strekningen. Det er derfor ikke beregnet persontogrelaterte kostnader knyttet til dette

5.5.1.4 Nordlandsbanen – brudd ved Trofors sør for Mosjøen

På Nordlandsbanen fraktes det kombigods (stykkgoods (35 %), fisk (14%), termovarer (28%), industrivarer (22%) og noe bulk.

Dersom der oppstår et brudd på banestrekningen rett sør for Mosjøen, vil godset overføres til vei og sjø. På vei øker særlig transportarbeidet med modulvogntog, men også med tung lastebil.

Vi antar at det vil være buss for tog mellom Trofors og Mosjøen (42 km) ved et slikt brudd. Dette er en av de bedre banestrekningene hvor det er lettere å få til en buss for tog løsning. Vi antar derfor et frafall av reisende på 10 prosent.

Dersom Nordlandsbanen stenges i et år på denne måten, angir NGM/SAGA-resultatene at dette vil koste i underkant av 650 millioner kroner. Det er viktig å påpeke, som Nesvatnhendelsen var et godt eksempel på, at Nordlandsbanen og E6 ikke bare går parallelt, men inntil hverandre. En hendelse som rammer den ene, kan dermed fort også ramme den andre. Dermed vil Nord-Norge bli mer eller mindre avskåret fra resten av landet via landbasert innenlands transport. Det understreker at alvorlighetsgraden ikke måles utelukkende i prissatte virkninger.

5.5.1.5 Dovrebanen – brudd mellom Tretten - Fåvang

Dovrebanen frakter mest kombigods i form av stykkgoods (37%), termovarer (14%) og fisk (6 %). Det fraktes også en del tømmer (14%), industrivarer (27%) og noe bulk.

Vi har sett på stenging av banestrekningen som følge av klimahendelse mellom Fåvang og Tretten. En slik hendelse vil ifølge NGM medføre at ca 70 prosent av kombigodset overføres til Rørosbanen, mens det øvrige overføres til sjø eller vei. Rørosbanen er i dag ikke åpen for annet gods enn tømmer, men under stengingen av Randklev bru ble den åpnet for kombigods. Opp mot 70-80 prosent av godset på Dovrebanen ble dermed overført til Rørosbanen. En overføring til Rørosbanen medfører merkostnader knyttet til blant annet dieseldrift og lokomotivbytte. Det er ikke lagt inn kostnader knyttet til redusert persontogtilbud på Rørosbanen for å øke godskapasiteten i bruddperioden. Det vil ikke gå noe gods på Raumabanen i en slik bruddsituasjon.

Det vil ved brudd på banestrekningen måtte settes inn buss for tog. Vi har her antatt at det vil være buss for tog på strekningen mellom Lillehammer og Ringebru (60 km), slik det ble kjørt før

man fikk gjort tilpasninger på Fåvang stasjon. Det vil være mange reisende som blir rammet av en slik hendelse. Vi har derfor antatt et frafall av reisende på 20 prosent. Disse vil enten velge en annen transportform eller la være å reise.

Et slikt brudd langs Dovrebanen med års varighet er beregnet å ha bruddkostnader rundt 1 milliard kroner, med en ganske balansert fordeling mellom gods- og passasjerrelaterte kostnader.

5.5.1.6 Dovrebanen – brudd nord for Støren

For å belyse betydningen av å kunne benytte Rørosbanen til godstransport er det i denne analysen også sett på et brudd på Dovrebanen plassert nord for Støren. Dette bruddstedet rammer både Dovrebanen og Rørosbanen. Alt gods må i et slikt tilfelle overføres til vei eller sjø.

Kostnadene knyttet til et slikt driftsavbrudd er beregnet til 1,2 milliarder kroner. Økningen på 200 millioner kroner, sammenliknet med bruddet der 70 prosent av godset overføres til Rørosbanen (jf. avsnitt 5.5.1.5). Årsaken til dette kan være at veitransport konkurrerer ganske godt med toget på strekningen Oslo-Trondheim og at merkostnaden for samfunnet ved overføring til veitransport derfor ikke er så stor.

5.5.1.7 Bergensbanen – brudd vest for Myrdal

Langs Bergensbanen fraktes det kombigods (stykkgoods (45%), industrivarer (42%), termovarer (2%) og fisk (10%)) og tørrbukk (1%) Det fraktes mest stykkgoods i retning Bergen, mens det i retning Oslo fraktes mest industrivarer.

Dersom det inntreffer et brudd på banestrekningen ved Myrdal, vil godset i hovedsak overføres til modulvogntog og skip. Det vil fortsatt bli fraktet tømmer og litt industrivarer med tog fra Nesbyen i retning Oslo.

Det er her antatt at et brudd på banestrekningen ved Myrdal vil medføre buss for tog på strekningen Voss til Gol. Dette er en forholdvis lang strekning (200 km) som egner seg dårlig til å få til en god buss for tog løsning. Dette reflekteres i personrelaterte kostnader ved et driftsavbrudd med varighet på ett år. Vi antar at frafall av reisende som følge av et slik stenging vil være på 20 prosent.

Kostnadene ved brudd på Bergensbanen antas å være om lag 2 milliarder kroner.

5.5.1.8 Sørlandsbanen – brudd øst for Nelaug

Det blir på denne banestrekningen fraktet kombigods (stykkgoods (30%) og termovarer (16%)), industrivarer (20 %), tømmer (25%) og våtbukk (7%).

Det blir i hovedsak overført gods til vei og sjø. For veitransport er det primært modulvogntog som utfører det økte transportarbeidet.

Det er antatt at det vil være buss for tog på strekningen mellom Kristiansand og Gjerstad (118 km). Dette er en relativt lang strekning hvor det er vanskelig å få til en god buss for tog løsning siden bussveien ligger langt fra jernbanen. Frafall av reisende er antatt å være 30 prosent.

Brudd på Sørlandsbanen vil koste samfunnet om lag 900 millioner kroner. Det er en overvekt av passasjerrelaterte kostnader. Det kan skyldes at godsstrekningen Oslo-Stavanger ifølge NGM kan betjenes ganske godt av både sjø- og veitransport i avvikssituasjoner.

5.5.1.9 Østfoldbanen – brudd sør for Sarpsborg

På Østfoldbanen fraktes det mye tømmer (59%), men også kombigods (stykkgoods (17%) og fisk (3%)) og industrivarer (20%). I tillegg noe tørrbukk.

Dersom det oppstår et brudd sør for Sarpsborg stasjon vil transportarbeidet som gjøres av toget på Østfoldbanen bli flyttet over til Kongsvingerbanen, eller til modulvogntog som benytter E6.

Det antas at det ved et brudd sør for Sarpsborg vil være buss for tog på strekningen mellom Sarpsborg og Halden (32 km). Dette er en kortere strekning og det ligger ingen stasjoner mellom disse to endepunktene. Frafall av reisende er antatt å være 10 prosent.

Et brudd med varighet på 12 måneder antas å påføre samfunnet en kostnad på til sammen 600 millioner kroner.

5.5.1.10 Østfoldbanen – brudd nord for Sarpsborg langs vestre linje

Med brudd nord for Sarpsborg rammes de samme varestrømmene som i caset over, men i tillegg rammes også tømmerstrømmen til industrien i Sarpsborg⁹.

Bruddet antas å gi buss for tog på strekning mellom Fredrikstad og Sarpsborg (16 km). Det er ingen stasjoner mellom disse endepunktene og antar derfor et frafall av reisende på 10 prosent.

Et brudd med varighet på 12 måneder antas å påføre samfunnet en kostnad på til sammen 870 millioner kroner.

5.5.2 Tremåneders driftsavbrudd

Kostnadene for et driftsavbrudd med varighet på 1 år er beregnet og vist her som et basisgrunnlag for beregning av kostnader for brudd med kortere varighet. Selv om det finnes ferske eksempler på driftsavbrudd med 9-10 måneders varighet (som Randklev bru og Nesvatnet) er den statistisk beregnede sannsynligheten for et så langvarig brudd så lave at de ikke gir grunnlag for videre beregninger. Nedenfor presenteres derfor beregninger som tar utgangspunkt i et tre måneder langt driftsavbrudd. Kostnadene for et driftsavbrudd av en slik varighet ligger litt over 3/12 av de årlige kostnadene. Årsaken er at de månedlige buss-for-tog-kostnadene antas å være høyere de tre første månedene, enn de etterfølgende månedene i et 12 måneder langt driftsavbrudd.

Tabell 5-8 Forventet viser sannsynlighet for driftsavbrudd med over tre måneders varighet og forventet samfunnskostnad ved et slikt driftsavbrudd for hver banestrekning. De høyeste sannsynlighetene finner vi på Dovrebanen og Nordlandsbanen, med henholdsvis 1,05 og 2,16 prosent. Det er derfor disse banestrekningene som har høyest årlig forventet samfunnskostnad. Den årlige forventede samfunnskostnaden fremkommer som produktet av kostnaden dersom et slikt driftsavbrudd inntreffer multiplisert ved den årlige sannsynligheten for at dette skal skje.

⁹ I NGM overføres ikke gods til Østre linje dersom Vestre linje stenges, noe man i realiteten kanskje kunne gjort.

Tabell 5-8 Forventet samfunnskostnad ved tre måneders driftsstans for hver banestrekning (mill. kroner).

	Bergensbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ofofbanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Kostnad ved driftsavbrudd med 3 mnd. varighet	728	305	174	2 558	755	162	271	312	231	151
Sannsynlighet for driftsavbrudd med 3 mnd. varighet	0,03 %	1,05 %	2,16 %	0,00 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Årlig forventet samfunnskostnad	0,24	3,21	3,75	0,06	0,25	0,05	0,09	0,10	0,08	0,05

Den årlig forventede samfunnskostnaden fra Tabell 5-8 Forventet er utgangspunktet for beregning av en kostnadsramme for et tiltak som skal redusere denne årlige forventet samfunnskostnaden.

5.5.3 Kostnadsramme for tiltak

Vi legger til grunn for beregningene av en kostnadsramme at det finnes tiltak med 100 års levetid som reduserer den årlig forventede samfunnskostnaden med 80 prosent. For Dovrebanen vil det si at årlig forventet samfunnskostnad reduseres fra 3,21 millioner kroner til 0,64 millioner kroner. Ved å legge til grunn en spart kostnad på 2,56 millioner kroner på Dovrebanen de neste 100 årene, får man en samlet neddiskontert besparelse (nytte) på 62,8 millioner kroner. Dette kan anses som en økonomisk ramme for et tiltak som forventes å gi denne økonomiske virkningen. En tilsvarende kostnadsramme er beregnet og vist for alle strekninger i Tabell 5-9.

Tabell 5-9 Kostnadsramme for klimatilpasningstiltak for hver banestrekning (mill. kroner).

	Bergensbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ofofbanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Årlig forventet samfunnskostnad	0,24	3,21	3,75	0,06	0,25	0,05	0,09	0,10	0,08	0,05
Årlig forventet samfunnskostnad etter tiltak	0,05	0,64	0,75	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Tiltakseffekt -reduksjon i årlig forventet kostnad	0,19	2,56	3,00	0,04	0,20	0,04	0,07	0,08	0,06	0,04
Kostnadsramme tiltak (levetid 100 år, effekt -80%) Nåverdi av brutto nytte tiltak	4,62	62,83	73,56	1,09	4,89	1,04	1,75	1,91	1,48	0,97

De beregnede kostnadsrammene har en begrenset størrelse. Årsaken ligger primært i de lave sannsynlighetene som er beregnet for at et driftsavbrudd på tre måneder eller mer skal inntreffe.

5.5.4 Følsomhetsberegning

Sannsynligheter for at en klimahendelse inntreffer er helt avgjørende for hvor stor kostnadsrammen for tiltaket vil bli. For klimahendelser er sannsynligheten for et driftsavbrudd med varighet lengre enn tre måneder vesentlig lavere enn sannsynligheten for driftsavbrudd med kortere varighet. Resultatene fra sannsynlighetsberegningen viser at sannsynlighetene for lange driftsavbrudd er forholdsvis små. Som omtalt, hefter det stor usikkerhet ved disse beregningene, og reelle hendelser de siste årene antyder at lange driftsavbrudd stadig vekk inntreffer.

For å vise hvilken betydning av hendelsessannsynlighet har for den beregnede kostnadsrammen, har vi gjennomført en følsomhetsberegning med høyere sannsynlighetsverdier. Det er benyttet årlig nedetidssannsynlighet på 5 prosent for Dovrebanen og Nordlandsbanen, mens det for de øvrige banestrekningene er benyttet 1 prosent. Siden vi benytter beregningsår 2050, må sannsynlighetsverdien korrigeres for forventede klimaendringer i 2050 ved hjelp av frekvensfaktorene i tabell 6-4.

Tabell 5-10 viser kostnadene ved et tre måneders langt driftsavbrudd hentet fra Tabell 5-8 Forventet. Med sannsynligheter, justert for klimaendringer, i størrelsesorden på 1% eller 5%, viser Tabell 5-10 en høyere årlig forventet samfunnskostnad.

Den nåverdiberegnete kostnadsrammen for klimatilpasningstiltak, Tabell 5-11, blir dermed også høyere enn i hovedberegningen.

Tabell 5-10 Sannsynlighet for driftsavbrudd med en måneds varighet og årlig forventet samfunnskostnad for hver banestrekning (mill. kroner).

	Bergensbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ofofbanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Kostnad ved driftsavbrudd med 1 mnd. varighet	728	305	174	2 558	755	162	271	312	231	151
Sannsynlighet for driftsavbrudd med 1 mnd. varighet	1,08 %	5,20 %	5,40 %	1,09 %	1,10 %	1,09 %	1,10 %	5,20 %	1,09 %	1,09 %
Årlig forventet samfunnskostnad	7,9	15,9	9,4	27,9	8,3	1,8	3,0	16,2	2,5	1,6

Tabellen viser at det fortsatt er Ofofbanen som har de høyeste forventede årlige kostnadene. Dovrebanens årlige kostnader øker til om lag 15 millioner kroner, mens de er beregnet til 8-9 millioner kr for Bergensbanen, Nordlandsbanen og Kongsvingerbanen.

Dette blir igjen utgangspunktet for beregning av en kostnadsramme for tiltak med 100 års varighet og 80 prosent reduksjon av forventet årlig kostnad, som vist i Tabell 5-11.

Tabell 5-11 Kostnadsramme for klimatilpasningstiltak for hver banestrekning ved én måneds driftsstans (mill. kroner).

	Bergensbanen Myrdal vest	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ofofbanen Rombaken	Kongsvingerbanen Auli	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Kiruna sørøst
Årlig forventet samfunnskostnad	7,9	15,9	9,4	27,9	8,3	1,8	3,0	16,2	2,5	1,6
Årlig forventet samfunnskostnad etter tiltak	1,57	3,17	1,88	5,58	1,66	0,35	0,60	3,25	0,50	0,33
Tiltakseffekt -reduksjon i årlig forventet kostnad	6,29	12,69	7,50	22,31	6,65	1,41	2,38	12,98	2,01	1,32
Nåverdi av brutto nytte tiltak	154	311	184	547	163	35	58	318	49	32

Tabellen over viser at en økning i sannsynlighet for tre måneder lange driftsavbrudd øker også kostnadsrammene relativt proporsjonalt. Med 5 prosent sannsynlighet for tre måneder lang driftsstans på Dovrebanen og Nordlandsbanen så vil det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å sette inn tiltak med en kostnadsramme på henholdsvis 311 og 184 millioner kroner, gitt en virkningsgrad på 80 prosent og levetid på 100 år. For Ofofbanen er tilsvarende tall 547 millioner kroner, og for Bergensbanen og Kongsvingerbanen om lag 150-160 millioner kroner.

5.5.5 Oppsummering av resultater

Hendelsesregister og klimafremskrivninger er benyttet til å beregne sannsynlighet for lengre driftsstans som følge av klimahendelser. Beregningene viser at sannsynlighetene er ganske lave for en driftsstans som varer en måned, tre måneder eller lengre, se Tabell 5-6.

En gjennomgang av fjerntog- og godsstrekningene viser at alle banene går igjennom områder med risiko for klimahendelser som styrtregn, flom, skred eller vegetasjonsbrann. For hver banestrekning er det valgt ut en sannsynlig klimahendelse, på et punkt der denne kan tenkes å inntreffe langs hver av banestrekningene, se avsnitt 4.6.

Med utgangspunkt de aktuelle bruddstedene er det ved hjelp av NGM gjort en analyse av forventede virkninger for godstransporten. Med utgangspunkt i passasjerdata er det beregnet virkninger for passasjerer og buss-for-tog-kostnader. Med utgangspunkt i erfaringsdata fra Randklev bru-hendelsen er det beregnet kompensasjon for togoperatørene. Virkningene er summert til en total kostnad for hver banestrekning, dersom den skulle bli stengt i et helt år. Beregningene viser at Ofofbanen vil være den banen som vil påføre samfunnet størst kostnader (10 mrd. kr) om den skulle bli stengt over lang tid. Dernest følger Kongsvingerbanen (2,5 mrd. kr), Bergensbanen (2 mrd. kr) og Dovrebanen (1,2 mrd. kr), jf. Tabell 5-7.

En sammenstilling av bruddkostnader og sannsynlighetene for at et brudd skal inntreffe brukes til å beregne en statistisk forventet årlig kostnad knyttet til klimahendelser pr banestrekning, jf. Tabell 5-8 Forventet.

Med utgangspunkt i et tiltak som vil redusere klimarisikoen med 80 prosent (over en levetid på 100 år) beregnes hvor store kostnader et slikt tiltak vil spare samfunnet for. Dette igjen benyttes til å beregne en samfunnsøkonomisk nytte, som en kostnadsramme for et slikt tiltak. Det er først og fremst Dovrebanen og Nordlandsbanen det fremkommer en kostnadsramme av en viss

størrelse, henholdsvis 63 og 74 millioner kroner. En økning i levetiden eller virkningsgraden på tiltaket vil øke kostnadsrammen, jf. Tabell 5-9.

I en følsomhetsanalyse der de beregnede sannsynlighetene for tre måneders driftsstans erstattes av en flatt antatt sannsynlighet på 1 prosent – eller 5 prosent for Dovrebanen og Nordlandsbanen – belyses hvor stor betydning sannsynlighetene har for beregningen av kostnadsrammen. I følsomhetsberegningen øker de beregnede kostnadsrammene til betydelig. Med 1 prosents sannsynlighet for tre måneders driftsstans på Ofotbanen vil det kunne forsvares å gjennomføre tiltak innenfor en kostnadsramme av over 500 millioner kroner, jf. Tabell 5-10 og Tabell 5-11.

6 anbefalinger

6.1 Felles klimatilpasningsstrategi – samordnet ansvarsdeling

Klimatilpasningsstrategien bør være en *felles* strategi for Jernbanedirektoratet og Bane NOR. Gitt dagens organisering av jernbanesektoren, vil vi anbefale følgende rolle- og ansvarsfordeling.

Samferdselsdepartementet utarbeider nasjonale klimatilpasningsmål

Strategien må være forankret i Samferdselsdepartementet. Årsaken til dette er at strategien vil kunne påvirke, og bli påvirket av, tilsvarende strategier innenfor andre samfunnssektorer. Det bør dermed være departementets ansvar å utarbeide nasjonale klimatilpasningsmål for jernbanesektoren, og se til at det er samsvar mellom mål og tildelte rammebetingelser til sektoren.

Jernbanedirektoratet eier og drifter jernbanesektorens klimatilpasningsstrategi

Strategi er veien vi går for å nå mål. Med dagens organisering, foreslår vi at Jernbanedirektoratet påtar seg pådriverrollen og eierskapet til jernbanesektorens klimatilpasningsstrategi. Det bør være Jernbanedirektoratets ansvar å sørge for at en slik strategi eksisterer, at den er oppdatert, og at den understøtter nasjonale mål for klimatilpasningsarbeidet.

Bane Nor konkretiserer strategien, og gjør den operasjonaliserbar

Vi anbefaler at Bane NOR gis ansvar for å konkretisere hvordan klimatilpasningsmålene som er satt av departementet skal operasjonaliseres. Bane NOR har i flere år jobbet med å øke jernbanens robusthet mot klimahendelser, med gode resultater. Det er Bane NOR som kjenner status på dette arbeidet, og best vet hvordan mål skal kunne nås innenfor tildelte rammer. Bane NOR har også god oversikt over hvor det eksisterer restrisiko, og hvor behovet for avbøtende tiltak er størst. Bane NOR har etter vårt syn best forutsetninger for valg av tiltak og prioriteringer mellom ulike banestrekninger.

6.2 Forventede årlige kostnader som grunnlag for prioritering

Beregningene i denne rapporten er ment å tilføre et kvantitativt grunnlag for fremtidige prioriteringer av klimatilpasningsstrategier. Beregningene viser kun kostnader knyttet til driftsstans. Kostnader til håndtering av selve hendelsen, materielle skader og reparasjoner inngår ikke.

Når godsstrømmer og passasjermengder legges til grunn for beregnede kostnader knyttet til langvarig driftsstans for hver av de viktige strekningene, får man nyttig informasjon om hvilke banestrekninger som er viktigst i et samfunnsøkonomiske perspektiv. Vi anbefaler at disse samfunnsøkonomiske kostnadene inkluderes i beslutningsgrunnlaget når midler til klimatilpasningstiltak skal prioriteres mellom banestrekninger.

Risikoen for langvarig driftsstans som følge av klimahendelser varierer mellom banestrekningene, som vist i kartgrunnlag fra fase 1. Vi anbefaler å legge til grunn årlig forventet kostnad (produktet av total kostnad og risiko) for prioriteringene. På denne måten sikrer man at klimatiltakene prioriteres til de strekningene som har høyest samfunnsnytte og høyest risiko for uønskede hendelser.

Den neddiskonterte forventede kostnaden over levetiden til klimatiltakene anbefales benyttet som en rettesnor for hvor stor kostnadsramme som skal settes av til klimatiltak. På den måten unngår vi å bruke vesentlig mer ressurser på et tiltak enn vi sparer i fremtidige klimahendelser. I

vurderingen må det i tillegg til de økonomiske rammene som er beregnet i denne rapporten også hensyntas virkningsgrad og levetid på tiltakene, driftskostnader knyttet til ulike tiltak, samt kostnader til reparasjon av forventede ødeleggelser.

6.3 Godsrettet eller persontogrettet klimatilpasningsstrategi?

Godstransporten og persontransporten vil kunne ha ulike preferanser når det kommer til klimatilpasningsstrategier og tiltak.

Persontransporten kan med buss for tog relativt raskt omgå en langvarig driftsstans. På denne måten opprettholdes et visst togtilbud for de reisende. Det vil antakelig bare være et fåtall dager der togreiser ikke er mulig mellom endepunktene, før et buss-for-tog-tilbud er etablert. Lengden på buss for tog løsningen vil påvirke både kostnaden for det offentlige, ulempen for de reisende og andelen passasjerer som velger andre løsninger. En persontogrettet klimatilpasningsstrategi bør vurdere tiltak på objekter langs jernbanestrekninger der en buss for tog løsning vil være særlig belastende. Et eksempel er Hardangervidda mellom Haugastøl og Voss. Skjer det en hendelse her, vil bussreisen fremstå som lite attraktiv, og føre til store ulemper for mange aktører.

For godstransporten er det i liten grad mulig eller aktuelt å omlaste mellom tog og vei underveis langs en strekning. Ved driftsavbrudd vil godset overføres til andre transportformer, som regel vei eller sjø, langs hele strekningen og gjennom hele driftsstansens varighet. Langvarig driftsstans er ikke gunstig for noen, men godstransporten er særlig sårbar for dette. En godsrettet klimatilpasningsstrategi bør derfor rette oppmerksomheten på maksimal akseptert restitusjonstid, og gjennomføre tiltak på alle objekter som antas å ha en restitusjonstid som overstiger denne.

Tallgrunnlaget i denne rapporten viser samfunnskostnader ved en driftsstans fordelt på person- og godsrelaterte kostnader. Vi anbefaler at denne kunnskapen inngår i beslutningsgrunnlaget dersom man må velge mellom persontogrettede eller godstogrettede klimatilpasningstiltak. Vurdert etter samfunnsøkonomiske kriterier alene, vil prioriteringene kunne se slik ut, i synkende prioritert rekkefølge:

Persontogrettet klimatilpasningsstrategi: Kongsvingerbanen, Bergensbanen, Dovrebanen, Østfoldbanen, Sørlandsbanen, Nordlandsbanen og Ofotbanen.

Godstogrettet klimatilpasningsstrategi: Ofotbanen, Dovrebanen, Østfoldbanen, Nordlandsbanen, Bergensbanen, Sørlandsbanen og Kongsvingerbanen.

Samfunnsøkonomisk rettet klimatilpasningsstrategi: Dovrebanen, Nordlandsbanen, Kongsvingerbanen, Bergensbanen, Østfoldbanen, Sørlandsbanen og Ofotbanen.

Beredskapsrettet klimatilpasningsstrategi: Ikke vurdert nærmere.

6.4 Beredskap

Klimatilpasning er kostbart. Større klimatilpasningstiltak, som utskiftning av baneunderbygninger, oppgradering av skredskjermer og voller og utskiftning av bruer tar dessuten lang tid.

Norsk Klimaservicesenter påpeker at spesielt styrtregnhendelser vil øke i forekomst og intensitet i årene som kommer. Det er stort sett godt kjent hvor flom og skred vil kunne oppstå. Supplert med samfunnsøkonomisk begrunnede investeringsrammer, vil det dermed være mulig å lage fornuftig begrunnede prioriteringslister over avbøtende tiltak.

I påvente av hendelser som tvinger frem oppgradering av jernbanen uansett, foreslår vi at eksisterende kunnskapsgrunnlag benyttes til å:

Oppgradere fremskutte lagre

Innkjøp og fremskutt lagring av tilstrekkelig dimensjonerte stikkrenner, betongfundamenter, inntakskonstruksjoner og materiell som erfaringsmessig går tapt ved flom og skred.

Førprosjektere avbøtende tiltak

I den grad det er mulig, foreslår vi å førprosjektere avbøtende tiltak for punkter og objekter som med stor sannsynlighet ikke vil tåle fremtidige klimapåkjenninger. Ved neste flom eller skredhendelse vil tiltaket dermed være ferdig prosjektert. Gjenoppbyggingen vil kunne starte umiddelbart, og total nedetid vil reduseres ettersom jernbanen uansett er stengt.

Førprosjektering bør standardiseres i så stor grad som mulig for ulike typetilfeller av objekter og hendelser.

Inngå beredskapsavtaler med entreprenør

Dersom avtaler med entreprenør ikke eksisterer fra før, vil vi sterkt anbefale å opprette standardiserte rammeavtaler for to tilfeller – for løpende, planlagt vedlikehold, og for gjenoppbygging ved hendelser.

Det er ikke sikkert samme entreprenør vil kunne levere på begge leveransemål. Den første entreprenørkategorien vil kunne planlegge sin ressursbruk, og tilpasse sitt arbeid gjennom året. Den siste kategorien må 'hive seg rundt', og bør derfor måtte kompenseres for å stille sine ressurser til disposisjon på kort varsel.

Planlegge for reduserte tekniske krav ved hendelser

Vi så etter ekstremværet 'Hans' at Rørosbanen ble åpnet for godstrafikk til erstatning for Dovrebanen. Vi foreslår at dagens kunnskapsgrunnlag benyttes til å lage hensiktsmessige beredskapsplaner for midlertidig omkjøring, redusert hastighet mv. ved hendelser.

6.5 Prioritering av risikoutsatte delstrekninger

Erfaringskartene fra fase 1 (Multiconsult, 2024) gir en pekepinn om hvor klimarisikoen er størst. Fremskrivningene som følger kartene bør benyttes som et viktig supplement til erfaringskartene.

Vi mener det er viktig å rette oppmerksomheten på risikosoner. På Dovrebanen er det benyttet mye ressurser på dreneringsløsninger som øker jernbanens pålitelighet ved styrtregn. Tiltakene viste god virkning under ekstremværhendelsen 'Hans'. Tiltakene hadde like fullt ingen virkning på Dovrebanens samlede nedetid ettersom denne ble definert av svikt på Randklev bru. Dreneringstiltakene vil heller ikke påvirke sannsynligheten for svikt på Otta bru ved neste storflom.

For samfunnskritiske banestrekninger med risikosoner, anbefaler vi å prioritere proaktivt vedlikehold og oppgradering av de objektene i sonen som gir størst sannsynlighet for langvarig nedstengning av banen.

For ikke samfunnskritiske banestrekninger med risikosoner, anbefaler vi å prioritere vedlikehold og oppgradering av de objektene i sonen som gir hyppigst nedstengning av banen.

Andre trusler enn klima kan gi skader på jernbanen der klimarisikoen er lav. I slike tilfeller bør hensynet til samfunnskritikalitet vektet høyere enn klimarisikoområder.

Vi anbefaler at Bane NOR involveres i arbeidet med å velge ut risikoområder og operasjonalisere avbøtende tiltak.

7 Referanser

- Bane NOR. (2024 a). *Avsporing på Sørlandsbanen - Samfunnsøkonomiske konsekvenser (Intern rapport)*. Avdelingen for samfunnsøkonomi og analyse.
- Bane NOR. (2024 b). *Samfunnsøkonomisk analyse av kollapsen av Randklev bru - en evaluering (Intern rapport)*. Avdeling for samfunnsøkonomi og analyse.
- Bane NOR. (2024 c). *Samfunnsøkonomisk analyse av stengning på Roa-Hønefosslinjen (Intern rapport)*. Samfunnsøkonomi & analyse.
- Gudbrandsdølen Dagningen. (2025). *Her graver elva ved jernbanebrua: – Strømmen i elva er endret*. Hentet fra <https://www.gd.no/her-graver-elva-ved-jernbanebrua-strommen-i-elva-er-endret/s/5-18-2193454>
- High North News. (2024, Feb 16). *Anslår konsekvenser på flere milliarder: – Avsporingen viser hvor ekstremt viktig Ofotbanen er*. Hentet fra High North News: <https://www.highnorthnews.com/politikk/anstar-konsekvenser-pa-flere-milliarder-avsporingen-viser-hvor-ekstremt-viktig-ofotbanen-er/189744>
- Multiconsult. (2024). *Kunnskapsrapport klimatilpasning: Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet*. Oslo: Multiconsult Norge AS.
- NVE. (2025). *Naturhendelser*. Hentet fra <https://naturhendelser.varsom.no/20230008/dokumentasjon>
- Rausand, M., & Høyland, A. (2004). *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

8 Vedlegg

8.1 Endring i samfunnsøkonomisk nytte ved brudd

Tabellen nedenfor viser resultater fra SAGA ved brudd på hver banestrekning. Den viser merkostnader for samfunnet ved at gods ikke kommer frem på jernbanen. Input har vært NGM-beregninger per banestrekning. Resultatene fra NGM er blitt hentet ut ved hjelp av verktøyet GodsNytte som er en tilleggsmodul til SAGA.

Tabell 8-1. Endring i samfunnsøkonomisk nytte-kostnader ved brudd på de ulike banestrekninger (endring sammenlignet med referansesituasjon. Mill. kroner).

Nåverdi	Østfoldbanen Sarpsborg sør	Sørlandsbanen Nelaug øst	Bergensbanen Myrdal vest	Kongsvingerbanen Auli	Dovrebanen Tretten - Fåvang	Nordlandsbanen Trofors - Mosjøen	Ofofbanen Rombaken	Dovrebanen Støren nord	Østfoldbanen Sarpsborg nord	Sørøst for Kiruna
Endring for trafikanter	-45	-68	-79	-82	-77	-78	-1867	-150	-58	-135
Andre transportmidler (bil, buss og fly)	0	-5	-6	-2	-2	-4	-9	-8	0	-5
Godskunder	-45	-63	-73	-80	-76	-74	-1858	-142	-58	-130
Endring for det offentlige	3	48	75	47	20	22	97	84	4	93
Endringer i avgifter (herunder bom og ferje)	1	38	56	27	18	13	66	58	3	55
Endring i vedlikehold av infrastruktur	2	10	19	21	2	9	31	27	1	38
Endring for samfunnet forøvrig	-6	-60	-82	-40	-33	-42	-276	-106	-8	-79
Endring i ulykker	0	-8	-9	-2	-3	-6	-13	-12	0	-5
Endring i støy	0	-11	-13	-2	-5	-10	-18	-18	0	-5
Endring i lokale utslipp	-1	-16	-24	-13	-8	-8	-33	-28	-1	-26
Endring i CO2-utslipp	-1	-7	-44	-25	-15	-14	-58	-52	-2	-50
Endring i skattefinansiering	-4	1	8	2	-3	-3	-154	4	-5	6
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi (merkostnader samfunnet)	-49	-80	-86	-75	-91	-98	-2046	-172	-63	-121

