


Nytt Dobbeltspor Sandbukta - Moss - Såstad

Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingprosjekt

<input checked="" type="checkbox"/>	Akseptert
<input type="checkbox"/>	Akseptert m/kommentarer
<input type="checkbox"/>	Ikke akseptert (kommentert) Revider og send inn på nytt
<input type="checkbox"/>	Kun for informasjon
Sign:	

			Øystein Skogvang	Digitally signed by Øystein Skogvang DN: cn=Øystein Skogvang, o=Bane NOR	Document signed by: B. Ims	Arnestein Skogset
01E	Oppdatert utgivelse	16.02.2023	Ø. Skogvang	B. Ims	A. Skogset	
00E	Første utgivelse	15.02.2022	Ø. Skogvang	S. Haugen	A. Skogset	
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. Av	Godkj. av	
Tittel: Nytt Dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad		Antall sider:	Entrepriise: SMS 2A			
Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse		95	Safetec Nordic			
		Produsent:				
		Prod.dok.nr.:	ST-16413-1	Rev.	4.0	
		Erstatning for:				
		Erstattet av:				
Prosjektnavn: Sandbukta-Moss-Såstad Prosjektnr: 960168		Dokument-/tegningsnummer:			Revisjon:	
		SMS-20-Q-00061			01E	
		FDV-dokument-/tegningsnummer:			FDV-rev.:	

Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS- Utbyggingsprosjekt

Bane NOR
Hovedrapport

Type dokument:

Hovedrapport

Rapport tittel:

Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-
utbyggingsprosjekt

Kunde:

Bane NOR

Dokument nr.

ST-16413-1 / SMS-20-Q-00061

Forfattere

Ø. Skogvang, S. B. Stangeland, J. Hardangen

Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.

Rev.	Dato	Versjon	Kontrollert	Godkjent
1.0	17.01.2022	Utkast	S. B. Stangeland	A. Skogset
2.0	27.01.2022	Oppdatert rapport	S. Haugen	A. Skogset
3.0	15.02.2022	Oppdatert rapport	S. Haugen	A. Skogset
4.0	16.02.2023	Oppdatert rapport	B. Ims	A. Skogset



SAMMENDRAG

Denne rapporten oppsummerer og presenterer resultatene fra en geoteknisk risikovurdering relatert til etableringen av områdestabilitetstiltak sammen med tilhørende arbeider pågående parallelt i faresonen Moss Havn, knyttet til bygging av nytt dobbeltspor for jernbanestrekningen Sandbukta–Moss–Såstad. Risikovurderingen tar også for seg risiko overfor eksisterende spor som ble ibruktatt juni 2019, og iboende risiko (som er analysert i en egen rapport utarbeidet av NGI, ref. 12). Bane NOR besluttet å gjennomføre risikovurderingen på bakgrunn av nye opplysninger om områdestabiliteten i det aktuelle anleggsområdet. Formålet med rapporten er å danne en del av beslutningsgrunnlaget for Bane NORs prosjektledelse med tanke på videre gjennomføring av prosjektet.

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. Beste praksis i slike tilfeller er å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko, men også for kvantifisering. Spesielt viktig for den relevante problemstillingen er involvering av geoteknisk ekspertise. Risikoanalysen ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt av fageksperter fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter. Risikoen som er analysert er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko. Risikoevalueringen er utført av Bane NOR og Safetec.

Kvalitativ identifisering og kartlegging av farer er gjennomført i to heldags arbeidsmøter, etterfulgt av sju arbeidsmøter hvor formålet var å kvantifisere sannsynligheten for utløsning av et stort kvikkleireskred med potensiale for tap av liv.

Risikovurderingen dekker følgende framtidige aktiviteter:

- Jetpeling
- Støttekonstruksjon Fjordveien øst
- Spunt Rockwool
- Omlegging VA og eks. ledningsnett
- Motfylling inkludert vertikaldren og omlegging av eksisterende veier
- Grunnstabilisering
- Tunnelpåhugg

Risikovurderingen har medført økt kunnskap om risikoen for at det framtidige anleggsarbeidet kan utløse kvikkleireskred, og derigjennom gitt prosjektet og Bane NOR et bedre grunnlag for å vurdere tiltak for å kunne kontrollere risikoen. Basert på den økte kunnskapen denne risikovurderingen har frembragt, og forutsatt at foreslåtte risikoreduserende tiltak gjennomføres, er det vurdert at risikoen er mulig å kontrollere på et akseptabelt nivå, både for naboer (tredjeperson), togreisende (førsteperson) og ansatte i jernbanerelatert virksomhet (andreperson, herunder også anleggsarbeidere). De områdestabiliserende tiltakene som er planlagt utført i 2023 vil trolig ha en effekt på skredsannsynligheten tidligere enn ved utgangen av året¹.

Fra et samfunnsperspektiv vil gjennomføring av de risikoreduserende tiltakene gi en stor gevinst. Det vil være en økt risiko sammenlignet med dagens situasjon i første del av den perioden tiltakene gjennomføres, men etter ferdigstillelse vil risikoen være vesentlig lavere enn i dag. Det vil derfor være en betydelig risikoreduksjon for samfunnet dersom man vurderer dette over den perioden tiltakene vil ha effekt.

¹ Fremdriftsplanen som ligger til grunn for risikovurderingen tilsier at oppstart for arbeidene omfattet av analysen er i februar 2023. Resultatene av analysen er gyldige også om fremdriftsplanen endres, men da forskyves naturligvis risikoen tilsvarende i tid.



Som for enhver risikovurdering er det også i dette tilfellet en usikkerhet i analysen relatert både til sannsynligheten for og mulig konsekvens av en uønsket hendelse. Gjennom omfattende bruk av svært erfarne geoteknikere er imidlertid denne analyseusikkerheten redusert så langt som praktisk mulig.

Det er i dag en risiko for skred i faresonen Moss Havn, og uten tiltak kan risikoen forverres/økes over tid, for eksempel pga. erosjon eller menneskelig påvirkning. Utførelsen av stabiliserende tiltak medfører at risikoen reduseres betydelig over tid, og dermed gi stor risikoreduksjon og vesentlig samfunnsnytte inn i framtiden.



INNHOOLD

1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål og arbeidsomfang	7
1.3	Avgrensninger.....	8
1.4	Forklaring av begreper og forkortelser	8
2	SYSTEMBESKRIVELSE	10
2.1	Prosjektbeskrivelse (for aktuell del av prosjektet).....	10
2.2	Beskrivelse av aktivitetene	11
2.3	Beskrivelse av fasene.....	12
3	METODISK RAMMEVERK	13
3.1	Beskrivelse av og begrunnelse for valgt metodikk.....	13
3.2	Identifisering av farer og usikkerheter	13
3.3	Grunnlag for kvantifisering av sannsynlighet	14
3.4	Kvantifisering av sannsynlighet med hendelsestremetodikk.....	15
4	RISIKOAKSEPTKRITERIER.....	18
5	ARBEIDSMØTER OG DELTAKELSE	19
6	FORUTSETNINGER OG ANTAKELSER.....	23
6.1	Generelle forutsetninger og antakelser	23
6.2	Iboende risiko og forutsetninger i lokalmiljøet	26
6.3	Planlegging av geotekniske tiltak og kontrollregime for prosjektering.....	27
6.4	Kontrollregime for utførelse/bygging.....	27
6.5	Jetpeling	28
6.6	Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst	29
6.7	Spunt Rockwool.....	30
6.8	Omlegging VA og eksisterende ledningsnett	30
6.9	Motfylling inkludert vertikaldren og omlegging av eksisterende veier	31
6.10	Grunnstabilisering	33
6.11	Tunnelpåhugg.....	33
6.12	Oppsummering av sannsynligheter for stort skred.....	34
7	RESULTATER	36
7.1	Identifisering av farer og usikkerheter	36
7.2	Risikoestimering	37
7.3	Resultater for naboer/tredjepart	40
7.4	Resultater for passasjerer og ansatte.....	40



8	USIKKERHETER.....	42
8.1	Usikkerhet knyttet til kvalitativ risikoanalyse	42
8.2	Usikkerhet knyttet til kvantitativ risikoanalyse (estimering av sannsynlighet).....	42
9	DISKUSJON.....	43
9.1	Oppnåelse av akseptkriteriene og ALARP-vurdering	43
9.2	Andre forhold	44
10	KONKLUSJON	46
11	REFERANSER.....	47

Vedlegg A: Analyselogg (kvalitativ analyse), identifisering av farer og usikkerheter.

Vedlegg B: Hendelsestrær



1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Bane NOR er byggherre for bygging av nytt dobbeltspor Sandbukta-Moss-Såstad – IC SMS-prosjektet. Ny vurdering av områdestabilitet for faresonen Moss havn viser at faregraden for et omfattende kvikkleireskred er økt fra lav til middels². Dette har blant annet resultert i flere nye stabilitetsforbedrende tiltak som er identifisert og anbefalt av Norges Geotekniske Institutt (NGI). Tiltakene er beskrevet i oppdatert rapport for områdestabilitet (Ref. 1). Bane NOR planlegger å iverksette de anbefalte tiltakene, gjennom aktivitetene som er analysert i denne risikovurderingen, slik at sikkerhetsfaktorene og stabiliteten i grunnen i Moss er tilstrekkelig forbedret i forkant av byggingen av det nye dobbeltsporet med tilhørende infrastruktur.

De områdestabiliserende tiltakene er planlagt gjennomført for å etablere en tilfredsstillende 0-situasjon før hovedarbeidene igangsettes. Det man har oppnådd med de områdestabiliserende tiltakene skal ikke forverres i senere faser.

Den helhetlige geotekniske risikovurderingen som er dokumentert i denne rapporten omfatter den første fasen av prosjektet når det starter opp igjen. Det er i den fasen prosjektet primært skal løse utfordringene knyttet til fare for kvikkleireskred, og en viktig målsetting med arbeidet er at risikoen for de resterende fasene i prosjektet skal være kontrollert og på et akseptabelt lavt nivå.

Som en del av arbeidet er det også gjort en egen analyse av hvor stor andel av risikoen som gjelder for personer eksponert ved eksisterende trafikkert spor.

For å verifisere om det er mulig å nå dette målet har Bane NOR besluttet å gjennomføre en helhetlig geoteknisk risikovurdering relatert til planlagte arbeider i området ved Moss stasjon, i og i nærheten av kvikkleiresonen Moss Havn. Denne rapporten dokumenterer arbeidet som er gjort.

Gjennom 2022 har NGI gjennomført en analyse på iboende risiko for å identifisere og kvantifisere alle mulige kjente triggermekanismer for skred som ligger utenfor Bane NORs kontrollsfære. Den nye kunnskapen det har gitt er primærårsaken for den siste revisjonen av denne rapporten. Se kap 6.2 for mer detaljer.

1.2 Formål og arbeidsomfang

Formålet med risikovurderingen er å danne en del av beslutningsgrunnlaget for Bane NORs prosjektledelse med tanke på videre gjennomføring av prosjektet for bygging av nytt dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad.

Den helhetlige geotekniske risikovurderingen identifiserer og vurderer de forhold og farer som direkte eller indirekte kan føre til utløsning av et kvikkleireskred knyttet til de planlagte stabiliserende arbeidene i dagsone Moss.

² Økningen er ikke stor, fra faregrad med score 17 (akkurat innenfor «lav») til score 18 (akkurat over grensen til «middels»). Utover dette er den største forskjellen på områdestabilitetsvurderingene at NGI har utført betydelig flere stabilitetsberegninger enn det som var gjort tidligere, og dermed avdekket at den beregningsmessige stabiliteten var dårligere enn det som var beregnet av Rambøll/Sweco i 2016. Dette har ført til behov for mange flere stabilitetsforbedrende tiltak enn det som opprinnelig var skissert i 2016.



For å kunne gjøre en vurdering av den identifiserte risikoen opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier er fareidentifiseringen fulgt opp av et omfattende arbeid med kvantifisering av sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred kan inntreffe.

For fareidentifisering, kvantifisering av sannsynlighet og risikoanalyse er det etablert to grupper som har vært involvert i arbeidet, en arbeidsgruppe for fareidentifisering, og en ekspertgruppe for kvantifisering av risiko. Kvalitativ og kvantitativ analyse er foretatt av de som har vært involvert i arbeidsgruppen og ekspertgruppen, mens prosessen har blitt fasilitert og dokumentert av Safetec.

Risikoevaluering, altså sammenfatting av risikobildet og vurdering opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier, er utført av Safetec og Bane NOR, og dokumentert av Safetec.

1.3 Avgrensninger

Analysen omhandler grunnforhold, og tilhørende skredfare, geografisk avgrenset til kvikkleire faresonen Moss Havn. Områder andre steder i Moss eller langs jernbanen utenfor den aktuelle faresonen Moss Havn er ikke omfattet av analysen.

Andre uønskede hendelser enn kvikkleireskred er ikke analysert.

Utbredelsen av en flodbølge som etterfølger et skred er ikke vurdert nærmere i denne risikovurderingen, men er vurdert i en egen rapport utarbeidet av NGI høsten 2021 (ref. 2).

1.4 Forklaring av begreper og forkortelser

I denne rapporten benyttes noen faguttrykk som det kan være nyttig å forklare for å sikre riktig og entydig forståelse av teksten. Disse faguttrykkene er forklart i Tabell 1-1.

Tabell 1-1 Forklaring av faguttrykk

Begrep	Forklaring
ALARP-prinsippet	As Low As Reasonably Practicable, det vil si at risiko som oppnås etter tiltak skal være så lav som praktisk mulig.
Akseptkriterier for risiko	Med dette menes Bane NORs akseptkriterier for risiko for følgende kategorier av personer (Ref. 3): 1. person forstås her som reisende 2. person er ansatte i tilknytning til jernbanen/togframføringen 3. person er naboer og andre som bor/jobber/ferdes i området.
Faregrad	Faregrad et kvalitativt uttrykk for sannsynligheten for område-skred i en identifisert, avgrenset faresone. Sonens faregradsklasse (høy, middels eller lav) bestemmes i henhold til gjeldende metodikk (ref. 5)
Lokalstabilitet	Betegnelsen på en lokalt avgrenset stabilitetstilstand med mulighet for brudd (utglidning) i grunnen. Bruddet begrenses til det lokale påvirkningsområdet for spenningsendringen som har oppstått i skråningen. Typiske eksempler er lokalt grunnbrudd under fylling eller fundament, lokal utglidning ved graving i skråning i bygge-grop eller i skjæring (stabilitetsbrudd), eller lokal utglidning i naturlig skråning som følge av poretrykksendring eller erosjon (ref. 4)
Områdeskred og kvikkleireskred	Områdeskred brukes som samlebegrep for skred i kvikkleire (kvikkleireskred) og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Det som kjennetegner områdeskred er at en relativt liten hendelse, som f.eks. en liten utglidning langs en bekk eller utfylling i en skråning, kan utvikle seg til et skred som omfatter et stort område. Områdeskred kan bli svært omfattende dersom skredmassene får fritt utløp. Et områdeskred kan utvikle seg både sideveis, bakover og framover fra der overbelastningen skjer (Ref. 5). Kvikkleireskred er et typisk områdeskred, hvor det er kvikkleire i grunnen.



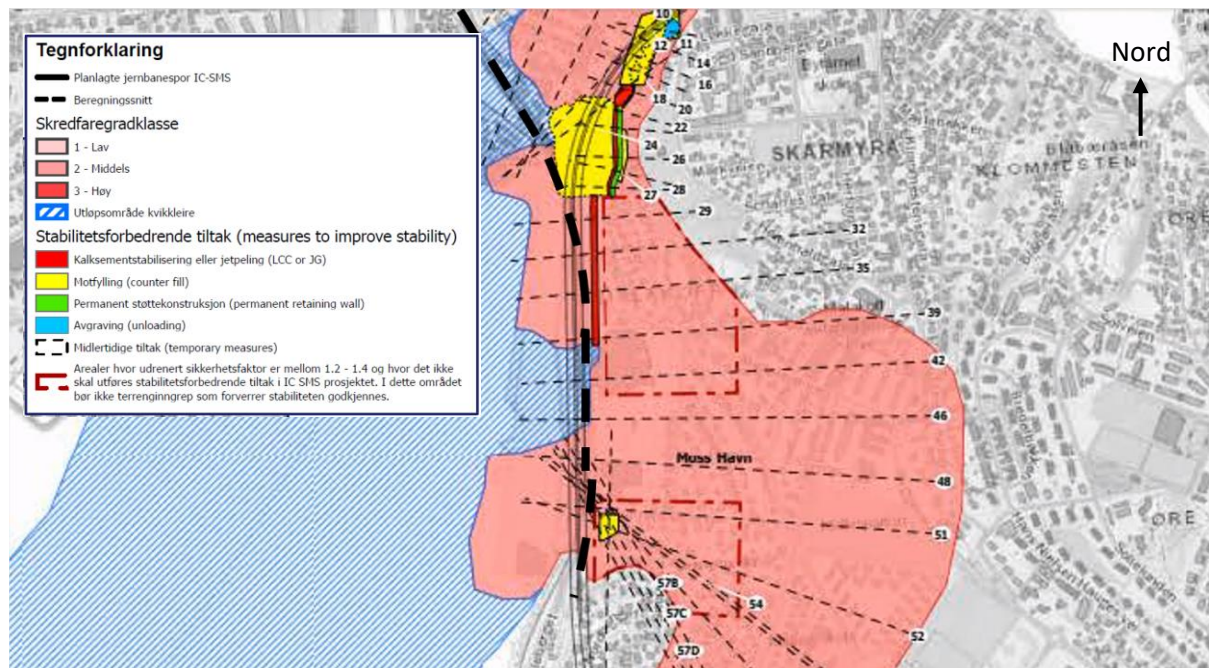
Begrep	Forklaring
Områdestabilitet	En stabilitetstilstand der et initielt brudd kan igangsette en progressiv frem- eller bakoverrettet bruddutvikling i tilstøtende sprøbruddmaterialer, slik som er typisk for kvikkleire. Vurdering av områdestabilitet brukes om vurderinger av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred. Dette gjøres i henhold til prosedyre i kap. 3.2 (i NVE-veileder, ref. 5).
Risiko	Usikkerhet knyttet til om en uønsket hendelse vil inntreffe og hvilke konsekvenser den kan få. Usikkerheten kan uttrykkes gjennom sannsynlighet (ref. 8). I denne rapporten bruker vi gjennomgående forenklingen: Risiko er lik sannsynlighet multiplisert med konsekvens.
Sikkerhetsfaktor (SF)	En beregnet verdi som angir sikkerhet mot utglidning/skred, hvor $F < 1,0$ tilsier brudd. Sikkerhetsfaktoren angir forholdet mellom stabiliserende krefter og drivende krefter langs en potensiell glideflate. Beregnet sikkerhetsfaktor påvirkes av usikkerhet i verdier for jordas mekaniske egenskaper, romvekt og poretrykksforhold, samt usikkerhet i selve terrengmodellen og beregningsmodeller (ref. 4).



2 SYSTEMBESKRIVELSE

2.1 Prosjektbeskrivelse (for aktuell del av prosjektet)

Bane NOR skal bygge nytt dobbeltspor i Moss, og det er utfordrende grunnforhold i deler av planområdet (Ref. 1). Den delen av prosjektet Dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad³ som er omfattet av denne risikovurderingen strekker seg fra der dagens og ny jernbanetrasé kommer inn i kvikkleiresonen Moss Havn fra sør, til den forlater sonen nord i Kransen, som vist i Figur 2-1 og Figur 2-2.



Figur 2-1 Kart som viser området i Moss; dagens spor er den stiplede linjen.



Figur 2-2 Kart som viser området i Moss; ny trasé øverst, dagens spor nederst.

³ <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/sandbukta-moss-sastad/>

2.2 Beskrivelse av aktivitetene

Prosjektaktivitetene som er analysert som en del av denne risikovurderingen er kort presentert under. Det aktuelle området er i og ved kvikkleiresonen Moss Havn, som vist på Figur 2-1 og Figur 2-2. NGI har utført en områdestabilitetsvurdering for Bane NOR og vurdert at det er nødvendig å utføre en rekke tiltak for å ivareta områdestabiliteten. NGI har bidratt med beskrivelsene i dette delkapittelet.

Jetpeling:

For å forbedre områdestabiliteten er det planlagt å etablere jetpeleribber i dagsone Moss (Ref. 1). Jetpeleribbene skal installeres i skråninger eller ved foten av skråninger som i dag har lav geoteknisk stabilitet. Jetpelene skal bidra til økt sikkerhet i skråningene, men kan gi midlertidig svekkelse av grunnen under utførelsen. På grunn av usikkerhet knyttet til omfanget av en slik svekkelse, er det i perioden 11. august til 9. september 2021 utført et fullskala feltforsøk med jetpeler øst på Stasjonsområdet (Ref. 6). Hensikten med forsøksfeltet var å kvantifisere mulige negative effekter i forbindelse med installasjon av jetpeler i en kvikkleireskråning, samt verifisere hvilken styrke og stivhet jetpelene kunne oppnå. Feltforsøket viste at det er mulig å begrense de negative installasjonseffektene til et minimum dersom utførelse av jetpelene utføres etter gitte prosedyrer.

Grunnprinsippene for jetpelmetoden er at man anvender en roterende høytrykks væskestråle som eroderer ned den opprinnelige jordstrukturen. Størrelsen på jetpelene avhenger av hvilken metode som anvendes, anvendt trykk, optrekshastighet, rotasjonshastighet og jordas opprinnelige egen-skaper. Blokkering av returmasse ansees som et av de største faremomentene i installasjonsprosessen.

Det er planlagt installasjon av jetpeler som tiltak for å forbedre områdestabiliteten både i Kransen og på Stasjonsområdet.

Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst:

Stabilitetsberegninger viser at skråningene som ligger øst for Kransen har lav sikkerhet (forstås her som lav sikkerhetsfaktor). Etter bygging vil jernbanen i dette området gå i en lukket betongtunnel, og området over tunnelen vil bli fylt opp. Eventuell utglidning av ustabil sideterreng i øst vil da i liten grad berøre jernbanen når IC SMS-prosjektet er ferdig, men kritiske bruddflater vil berøre IC SMS-prosjektet i byggefasen, samt berøre Fjordveien. For å forbedre stabiliteten er det planlagt etablering av en permanent støttekonstruksjon langs Fjordveien. Støttekonstruksjonen vil trolig bli utført som en bakforankret rørsputtvegg av stål eller rørpelevegg av betong. I denne analysen er det forutsatt bakforankret rørsputtvegg eller rørpelevegg. Boring av rør og installasjon av stag kan føre til negative installasjonseffekter og midlertidig svekkelse av stabiliteten i området. Av den grunn er det planlagt å etablere en midlertidig motfylling i området for å forbedre stabiliteten før bygging av støttekonstruksjonen starter.

Spunt Rockwool:

For å muliggjøre utgraving for byggegrop og VA på stasjonsområdet er det behov for en midlertidig støttekonstruksjon, altså et tiltak for å ivareta lokalstabiliteten og ikke områdestabiliteten. Den midlertidige støttekonstruksjonen er planlagt utført som en bakforankret stålsputt. Installasjon av spunt, fotbolter og stag kan gi en midlertidig svekkelse av grunnen i området. Dette er en byggegropssputt som er planlagt etablert i fremkant av Rockwool, og vil være en forlengelse av en rørvegg som er planlagt etablert nord på Stasjonsområdet.



Omlegging VA og eksisterende ledningsnett:

For å kunne gjennomføre byggingen av jernbaneanlegget i dagsone Moss er det behov for relativt omfattende omlegging av eksisterende ledningsnett (både midlertidig og permanent). Omlegging av ledningsnettet vil innebære graving i områder som i dag har lav sikkerhetsfaktor.

Motfylling inkludert vertikaldren og omlegging av eksisterende veier:

Det er planlagt å forbedre sikkerheten i Kransen ved hjelp av motfyllinger. Både midlertidige og permanente motfyllinger er planlagt. Under motfyllingen i Kransen sør vil det bli installert vertikaldren i forkant av oppfyllingsarbeidene. Det vil bli satt strenge rekkefølgekrav for å sikre at fyllingene ikke forverrer stabiliteten under utlegging. Motfyllingene er tiltak for å forbedre både lokalstabiliteten og områdestabiliteten.

Grunnstabilisering:

Grunnstabilisering henviser i denne sammenhengen til kalksementstabilisering og jetpeling som er planlagt installert for å forbedre lokalstabiliteten i byggegropen. Grunnstabiliseringen er altså ikke for å forbedre områdestabiliteten. Grunnstabilisering gjøres i områder som under installasjonen har høyere sikkerhetsfaktor enn i de områdene hvor det skal utføres tiltak for områdestabilitet.

Tunnelpåhugg:

Samtidig som det utføres arbeider for å forbedre områdestabiliteten vil det også blir utført arbeider ved tunnelpåhugget på Kleberget. I første omgang gjelder dette primært arbeider knyttet til sprengning og injeksjon i berg. Disse arbeidene skal utføres i et område hvor sideterrenget har lav sikkerhetsfaktor.

Spunting og grunnstabilisering er dekket av andre hendelsestrær og omhandles ikke i hendelsestreet for tunnelpåhugg.

Det vil også bli etablert et tunnelpåhugg i Kransen nord, men dette er ikke hensyntatt i denne vurderingen, fordi dette vil bli etablert senere, og håndteres i en egen risikovurderingsprosess.

2.3 Beskrivelse av fasene

Både i denne risikovurderingen, og i analysen om iboende risiko (NGI, ref. 12), benyttes følgende faseinndeling:

- Fase 0: Før Bane NOR startet arbeidene i Moss (2020 og tidligere)
- Fase 1: Etter at instrumentering og overvåkning er på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området, men før områdestabilitetstiltakene har startet. (2021–2024)
- Fase 2: Etter at deler av områdetiltakene⁴ er på plass (2025)
- Fase 3: Etter at alle områdetiltak er på plass (2026 og senere)

⁴ For delområdene Moss havn og Kleberget er ingen tiltak planlagt. For Stasjonsområdet er jetpeleribber inkludert i fase 2. For delområdet Kransen er følgende tiltak inkludert i fase 2: avgraving og motfylling i Kransen nord, kalksement- og jetpeleribber i Kransen øst, midlertidig motfylling med underliggende jetpeleribber i Kransen sør, samt plastring på østsiden av Fjordveien.



3 METODISK RAMMEVERK

Metode for denne risikovurderingen baserer seg i utgangspunktet på prinsipper, rammeverk og prosess for risikostyring ref. ISO 31000:2018 (ref. 7), sammen med NS 5814:2021 – Krav til risikovurderinger (ref. 8).

Identifiserte farer er relatert til hovedaktivitetene som er definert av prosjektet og beskrevet i kapittel 2.2.

3.1 Beskrivelse av og begrunnelse for valgt metodikk

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. I slike tilfeller er beste praksis å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko og hvilke forhold som påvirker risikoen, og også for kvantifisering.

Spesielt viktig for kvikkleirerisikoen som skal vurderes i dette tilfellet er involvering av geoteknisk ekspertise. Identifisering, kartlegging og analyse av risiko ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt av fageksperter fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter.

Som i enhver risikovurdering foreligger det modellforenklinger som innebærer usikkerhet, og det vil være svært utfordrende, om i det hele tatt mulig, å utelukke usikkerhet knyttet til dette i enhver analyse av komplekse systemer og aktiviteter. Dette er uavhengig av bransje/teknologi/system og hva som skal analyseres.

Usikkerhet knyttet til analysegruppens arbeid anses som liten i denne analysen. Bruken av ekspertgrupper til å estimere sannsynlighet er anerkjent, og er det beste verktøyet for å kunne vurdere sannsynligheten av sjeldne hendelser med komplekse årsakskjeder. I dette prosjektet har det vært en langvarig prosess uten korte tidsfrister, noe som har gitt mulighet for bred kvalitetssikring. I arbeidet er det benyttet grupper med bredt sammensatt kompetanse, både interne og eksterne deltagere, uavhengige eksperter og anerkjente geoteknikere.

Resultatet av risikovurderingen er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko.

3.2 Identifisering av farer og usikkerheter

Arbeidsgruppen for fareidentifisering bidro med kvalitative vurderinger i de to første arbeidsmøtene (se kap. 5), mens ekspertgruppen gjennomførte kvalitativ og kvantitativ risikovurdering i resterende møter høsten 2021. Hvert av de strukturerte arbeidsmøtene hadde klare definert formål og innhold. Det ble totalt gjennomført 17 arbeidsmøter, som beskrevet i kapittel 5.

Risikoen til hver enkelt fare/usikkerhet ble klassifisert som enten rød, gul eller grønn. Kriterier for valg av fargekode ses nedenfor i forbindelse med illustrasjon av metode. Vurdering og klassifisering (fargekode) av den enkelte fare eller usikkerhet uttrykker konsekvensen hvis faren faktisk inntreffer – hvor *trolig* er det at dette direkte eller indirekte kan utløse et kvikkleireskred.

Det ble i løpet av de to arbeidsmøtene med arbeidsgruppen anvendt bruk av såkalte ledeord. Dette er utvalgte ord som har til hensikt å hjelpe møtedeltakerne til å identifisere mulige farer og tilhørende usikkerheter.



Tabell 3-1: Analyselogg

Prioritet (pri): A-anbefaling, O - observasjon

Fare- beskrivelse	Årsak	Konse- kvens	Risiko	Eksisterende risikoredu- serende tiltak	Risikoreduere nde tiltak fra 12.feb.	Nye anbefalte sannsynlighets- reduserende tiltak	Rest- risiko	Kommen- tarer	Pri	Ansvarlig
			Høy							
			Moderat							
			Lav							

Risikokategorier:

- HØY** - uakseptabel risiko hvor ytterligere forebyggende tiltak *må* iverksettes
- MODERAT** - akseptabel risiko, men nye forebyggende tiltak *bør* vurderes i forhold til kost/nytte
- LAV** - akseptabel risiko, nye forebyggende *kan* iverksettes dersom hensiktsmessig

3.3 Grunnlag for kvantifisering av sannsynlighet

Til å kvantifisere sannsynlighet for utløsning av et stort kvikkleireskred besluttet Safetec i samråd med Bane NOR å benytte hendelsestremetodikk. Et hendelsestre er et logisk diagram som viser mulige hendelseskjeder som følger etter en initierende kritisk hendelse (topphendelse). Metoden kan brukes både kvalitativt (for å illustrere sammenhenger) og kvantitativt (for å tallfeste sannsynligheter knyttet til komplekse hendelseskjeder).

Ekspertgruppen har systematisk analysert relevante hendelser og hendelseskjeder, og fastsatt tilhørende sannsynligheter til bruk i risikoanalysen. For alvorlige hendelser som store kvikkleireskred er det svært lav frekvens, noe som tilsier at en rendyrket matematisk/frekventistisk tilnærming ikke er formålstjenlig for denne analysen. Dette kan også bidra til økt usikkerhet fordi tallene i resultatene kan fremstå som mer nøyaktige og presise enn det er grunnlag for.

Sannsynlighetskategorier for den kvantitative analysen er vist i Tabell 3-1 (Ref. 9). Dette er en tabell som viser koblingen mellom kvalitative beskrivelser og kvantifisering av sannsynlighet, en kategorisering som har vært benyttet av arbeidsgruppen som har vært involvert i arbeidet med kvantifiseringen av sannsynlighet i risikovurderingen. Den er utarbeidet og benyttet av IPCC⁵.

⁵ IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change); for eksempel som beskrevet i tabell 1 her: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf



Tabell 3-1 Beskrivelse av sannsynlighets kategorier benyttet i hendelsestreanalysen, fra IPCC.

Probability (sannsynlighet)	Verbal description	Beskrivelse (norsk)
~0.0 – 0.5% (mean: 0.1%)	Virtually impossible, due to known physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten umulig
0.5 – 2% (mean: 1%)	Very unlikely, although the possibility cannot be ruled out on the basis of physical or other reasons	Veldig usannsynlig
2 – 33% (mean: 10%)	Unlikely, but it could happen	Usannsynlig
33 – 67% (mean: 50%)	As likely as not (unknown) with no reason to believe that one possibility is more or less likely than the other	Usikker
67 – 98% (mean: 90%)	Likely, but it may not happen	Sannsynlig
98 – 99.5% (mean: 99%)	Very likely, but not completely certain	Veldig sannsynlig
99.5 – ~100% (mean: 99.9%)	Virtually certain, due to know physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten sikker

3.4 Kvantifisering av sannsynlighet med hendelsestremetodikk

Et utvalg av planlagte aktiviteter som har potensiale til å utløse kvikkleireskred dannet utgangspunkt for arbeidsmøtene og for hendelsestreanalysen. Aktiviteter skal i dette tilfellet forstås som fysisk utførelse av planlagte områdestabilitetsforbedrende tiltak, samt arbeider som utføres samtidig som de stabilitetsforbedrende tiltakene utføres. Den enkelte aktivitet er styrt av Bane NOR som byggherre.

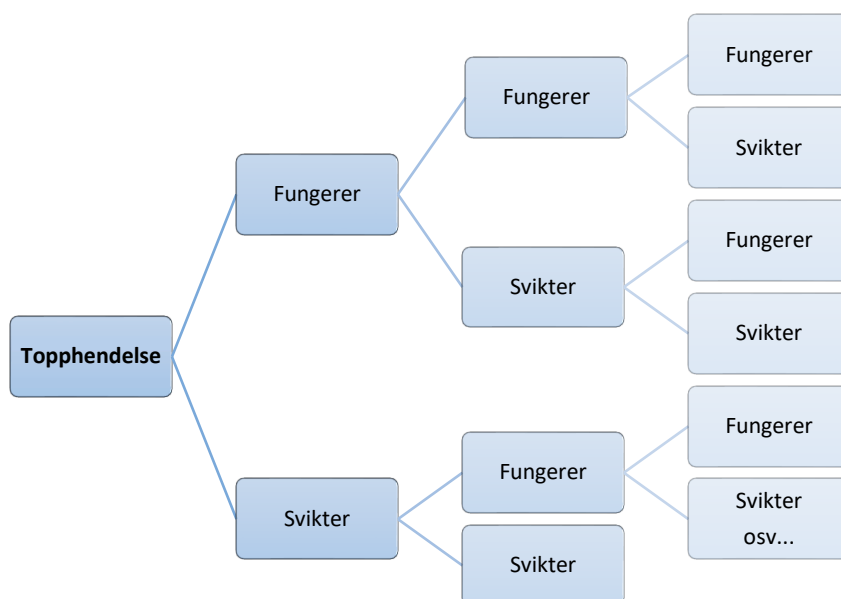
Valg av aktiviteter (som kan utløse et stort skred) ble gjort basert på en kritikalitetsvurdering utført av ekspertgruppen. Aktivitetene vil etter at de er ferdigstilt føre til en betydelig redusert sannsynlighet for kvikkleireskred i Moss. Likevel er det en liten sannsynlighet, mens de er under utførelse, for at de kan være utløsende årsak for et kvikkleireskred, på grunn av eventuelle sammenfallende uheldige omstendigheter eller feil som inntreffer underveis i arbeidet.

Strukturen i et hendelsestre er vist i Figur 3-1, og illustrerer mulige utfall en uønsket hendelse kan gi, betinget av hvilke barrierer som eksisterer og påliteligheten til dem.

Følgende aktiviteter ble analysert med hver sine hendelsestrær. For alle aktivitetene er det utarbeidet ett hendelsestre gjeldende for sikkerhetsfaktor (SF) under 1,15, og ett for sikkerhetsfaktor mellom 1,15 og 1,6:

- Jetpeling
- Støttekonstruksjon Fjordveien øst
- Spunt Rockwool
- Omlegging VA og eksisterende ledningsnett
- Motfylling inkl. vertikaldren og omlegging av eksisterende veier
- Grunnstabilisering
- Tunnelpåhugg





Figur 3-1: Prinsipp for hendelsestreanalyse, tallene til høyre er kun eksempler for illustrasjon.

Sannsynligheten for en hendelseskjede, det vil si en spesifikk forgreining i hendelsestreet, fås ved å multiplisere alle sannsynlighetene langs forgreiningen. Sannsynligheten for at et skred oppstår, $P(f\text{-skred})$, er summen av sannsynligheter fra hver aktivitet og matematisk beskrevet som følger:

$$P(f\text{-skred}) = P(f\text{-iboende}) + P(f\text{-jetpeling}) + P(f\text{-støttekonstr.}) + P(f\text{-spunt}) + P(f\text{-VA}) + P(f\text{-motfylling}) + P(f\text{-grunnstab}) + P(f\text{-tunnel})$$

Her er $P(f\text{-iboende})$ sannsynligheten for at et skred oppstår av naturlige årsaker og av menneskeskapte aktiviteter utenfor prosjektets kontrollsfære, og de andre ($P(f\text{-xxxx})$) er relatert til aktivitetene beskrevet ovenfor og i kap. 2.2, dvs. innenfor Bane NORs kontrollsfære.

Hendelsestrærne munner ut i en lang rekke slutthendelser. For de slutthendelsene som medfører tap av liv, er det gjort en videre vurdering, og det er slutthendelse med tap av liv som konsekvens som inngår i beregningen av individrisiko for mest eksponerte individ. Slutthendelsene som antas å ikke gi dødsfallskonsekvenser (altså *ikke skred og mindre utgliding*) er ikke analysert videre, som vist i utdraget fra hendelsestreet⁶ under (Figur 3-2):

⁶ Alle hendelsestrærne er lagt ved rapporten i vedlegg B.



Eksempel/utdrag av vurdering av sannsynlighet for skred			Sum for stort skred
			2,05E-4
...	Ikke skred		<i>Ikke analysert videre</i>
	Mindre utglidning		
0,001	Stort skred	4,06E-06	4,06E-06
	Ikke skred		<i>Ikke analysert videre</i>
	Mindre utglidning		
0,01	Stort skred	4,06E-05	4,06E-05
			...OSV...

Figur 3-2 Utdrag fra et av hendelsestrærne, eksempel på oppsett.

Hendelsestrærne er vist i vedlegg B.

4 RISIKOAKSEPTKRITERIER

Bane NORs risikoakseptkriterier skal benyttes som beslutningskriterier for aksept av risiko. Hvilke av kriteriene som kommer til anvendelse vurderes for hver enkelt risikovurdering og avhenger av hva som vurderes.

Bane NORs risikoakseptkriterier er som følger (Ref. 10):

1. Samfunnsrisikoen skal gjennom bygging av ny infrastruktur og endringer av varig art reduseres i forhold til eksisterende risikonivå, målt mot aktivitetsnivå.
2. Et hvert mulig risikoreduserende tiltak skal gjennomføres med mindre tiltaket vil medføre urimelige store forsinkelser, komplikasjoner, gjennomføringsvansker og/eller kostnader sammenlignet med potensiell risikoreduksjon (ALARP⁷-prinsippet).
3. For egne ansatte, ansatte i andre jernbaneselskaper samt leverandørers ansatte gjelder følgende risikoakseptkriterier, for utbygging så vel som for drift:
 - a. For enhver mulig hendelse som kan gi alvorlige skader skal det finnes to uavhengige forebyggende barrierer, eller
 - b. Det skal finnes en beste praksis, ivarettatt ved sertifisering eller skriftlig prosedyre, for å sikre at risikoen ved aktiviteten er så lav som praktisk mulig, eller
 - c. Det skal kunne demonstreres at risikoen for mest utsatte individ ikke overstiger en dødsrisiko på 1×10^{-3} pr år.
4. For eksisterende strekninger samt for nye skal risikoen for mest utsatte individ (passasjer eller tredjepart) ikke overstige en dødsrisiko på 1×10^{-4} pr år.
5. Samfunnsrisikoen for nye strekninger skal ikke overstige 0,15 døde pr million togkilometer. Hvis det er stor usikkerhet om man er innenfor grensen, skal beslutning om risikoaksept tas av Bane NORs konsernsjef.

For denne risikovurderingen er det følgende kriterier som er aktuelle:

- For ansatte dekket av punkt 3 over gjelder kriterium 3c om en dødsrisiko som ikke skal overstige 1×10^{-3} pr år for den mest utsatte av de ansatte.
- For passasjerer gjelder punkt 4 om en dødsrisiko som ikke skal overstige 1×10^{-4} pr år for den mest utsatte av de reisende.
- For naboer/tredjepart gjelder punkt 2 (ALARP-prinsippet).

Øvrige kriterier er dekket av andre risikovurderinger i prosjektet eller er ikke aktuelle for denne risikovurderingen. Risikoakseptkriteriene som skal benyttes i risikovurderingen er besluttet av Bane NOR.

⁷ As low as reasonably practicable, dvs. så lavt som praktisk mulig.



5 ARBEIDSMØTER OG DELTAKELSE

Arbeidet har primært blitt utført gjennom en serie strukturerte arbeidsmøter som er blitt dokumentert av Safetec. Det er to arbeidsgrupper som har vært involvert i arbeidet. Den første arbeidsgruppen var involvert i fareidentifiseringen som ble gjennomført i det første møtet 12. februar 2021. Den andre arbeidsgruppen ble etablert høsten 2021. Det er ekspertene i den andre arbeidsgruppen som har hatt oppgaven med å gjennomføre den kvantitative analysen (fastsette sannsynligheter i hendelsestrærne), mens prosessen er fasilitert, sammenstilt og dokumentert av Safetec.

Utkast til analyselogg for fareidentifiseringen ble sendt til alle deltakerne etter arbeidsmøtet for kommentarer. Deretter ble kommentarene hensyntatt i rapporten. Mottatte kommentarer ble arkivert.

I de første to møtene, som omhandlet fareidentifisering og tilhørende usikkerheter, deltok representanter fra involverte parter i byggeprosjektet, fra Moss kommune og andre geotekniske fagpersoner.

I arbeidsmøtene som omhandlet kvantifisering av sannsynlighet for kvikkleireskred var det primært geoteknisk fagekspertise som deltok. Dette var interne eksperter fra aktuelt byggeprosjekt, samt ekstern ekspertise som kunne stille kritiske faglige spørsmål.

Gjennomførte arbeidsmøter er vist i Tabell 5-1. I Tabell 5-2 følger en liste over deltakere i de arbeidsmøtene som er gjennomført i 2021. Tabell 5-3 viser deltakere i de supplerende møtene i 2022.

Tabell 5-1: Utførte arbeidsmøter

Dato	Formål – møter i arbeidsgruppe (A) og ekspertgruppe (E)
12.02.2021	(A) Identifisere farer og usikkerheter, risikoanalyse og sannsynlighetsreducerende tiltak
21.09.2021	(A) Identifisere farer og usikkerheter, risikoanalyse og sannsynlighetsreducerende tiltak
30.09.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person (ved bruk av hendelsestrær)
06.10.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person (ved bruk av hendelsestrær)
30.09.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person
06.10.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person
20.10.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
08.11.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
09.11.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
09.12.2021	(E) Vurdere andel av risiko for mest eksponerte 1. og 2. person, ved dagens trafikkerte spor
	Supplerende møter:
11.01.2022	(E) Kvalitetssikre forutsetninger for hendelsestrærne
20.01.2022	Kvalitetssikring av resultater og konklusjon, kun med deltakere fra Bane NOR og Safetec
25.01.2022	Kvalitetssikring av metode og resultater med NGI
27.01.2022	Kvalitetssikring av metode og resultater med NGI
08.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen og Safetec)
09.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen og Safetec)
10.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter i hendelsestreet for motfylling (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen ⁸ og Safetec)

⁸ Nilsson, Julsen, L'Heureux, Nerland, Haugen og Skogvang.



Tabell 5-2: Deltakere i arbeidsmøtene. Deltakerne i ekspertgruppen er **uthevet**.

Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Arbeidsmøter							
			12.2.	21.9.	30.9.	06.10	20.10	08.11	09.11	09.12
Birger Steffensen	Bane NOR	Prosjektleder	X	-	-	-	-	-	-	-
Rune Julsen	Bane NOR	Prosjektleder	x	x	x	x	-	x	x	-
Peter L. Nilsson	Bane NOR	Leder RAMS⁹	x	x	x	x	x	x	x	x
Trygve S. Kvarme	Bane NOR	Prosjektleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Jan Nondal	Bane NOR	Prosjekteringsleder	x	-	-	-	-	-	-	x
Kjetil Brattlien	Bane NOR	Seksjonsleder geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Torunn Årset	Moss kommune	Direktør, plan, miljø og teknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Ragnar Reitan	MossIA	Prosjektleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Astri Eggen	Veidekke	Senioringeniør geoteknikk	x	x	-	x	-	-	-	-
George Moir	MossIA	Teknisk sjef	x	-	-	-	-	-	-	-
Albert Ølnes	Albert Ølnes AS	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	-	-	-	-
Anja F. Elind	Moss kommune	Enhetsleder, plan, miljø og teknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Vibeke Rosenlund	Moss kommune	Enhetsleder, samfunnsutvikling	x	-	-	-	-	-	-	-
Henning Kubberød	Moss kommune	Beredskapskoordinator	x	-	-	-	-	-	-	-
Carsten Rosskamp	MossIA	Prosjektstyringssjef	x	-	-	-	-	-	-	-
Anders Nyhus	MossIA		x	-	-	-	-	-	-	-
Michael Voigt	MossIA	Site Manager	x	x	-	-	-	-	-	-
Jan Astrup	MossIA		x	-	-	-	-	-	-	-
Torgeir Haugen	Innleid til Bane NOR	Geoteknisk ekspert	-	x	-	x	-	x	-	x
Ørjan Nerland	NGI	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	x	x	x	x
Gunvor Baardvik	NGI	Geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Thomas Sandene	NGI	Geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Jørgen B. Henriksen	Aas-Jakobsen	Prosjekteringsleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Lennart L. Larsen	MossIA	Seksjonsleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Vidar Gjelsvik	NGI	Geoteknisk ekspert	x	x	-	-	-	-	-	-
Jean-Sébastien L'Heureux	NGI	Geoteknisk ekspert	-	-	x	x	-	x	x	-
Torbjørn Johansen	Geovita	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	x	x	-	-
Tor Magne Langås	Bane NOR	SHA-rådgiver	x	x	-	-	-	-	-	-
Finn Roar Gundersen	Bane NOR	Sikkerhets- og kvalitetsrådgiver / Banesjef org.	-	-	-	-	-	-	-	x
Geir Svanø	Bane NOR	Senioringeniør	-	-	-	-	-	-	-	x
Lars Erik Lundteppen	Bane NOR	Senior prosjektleder/ banesjef org.	-	-	-	-	-	-	-	x

⁹ Nilsson har også vært oppdragsleder for risikovurderingen.



Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Arbeidsmøter								
			12.2.	21.9.	30.9.	06.10	20.10	08.11	09.11	09.12	
Gisle Paulsen	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	-	x	-	-	-	-	-	-	
Anders Aamodt	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	x	-	-	x	-	-	-	x	
Morten Slåtta	MossIA	Prosjektdirektør	x	-	-	-	-	-	-	-	
Ensar Ademci	MossIA	BIM koordinator	x	-	-	-	-	-	-	-	
Øystein Skogvang	Safetec	Referent/møteleder	x	x	x	x	x	x	x	x	
Stig B. Stangeland	Safetec	Møteleder/prosjektleder	x	x	x	x	-	-	-	x	

De kvantitative analysene er altså gjennomført av ekspertgruppen i møtene fra og med 30.09.2021.

Tabell 5-3: Deltakere i supplerende møter i januar og februar 2022.

Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Supplerende møter							
			11.01.	20.02	25.01.	27.01.	08.02.	09.02.	10.02.	
Rune Julsen	Bane NOR	Prosjektleder		x	x	x	x	x	x	
Peter L. Nilsson	Bane NOR	Leder RAMS	x	x	x	x	x	x	x	
Trygve S. Kvarme	Bane NOR	Prosjektleder	x				x			
Eirik Harding Hansen	Bane NOR	Prosjektdirektør		x	x					
Torgeir Haugen	Innleid til Bane NOR	Geoteknisk ekspert	x				x	x	x	
Ørjan Nerland	NGI	Geoteknisk ekspert	x		x		x	x	x	
Jean-Sébastien L'Heureux	NGI	Geoteknisk ekspert	x		x	x	x	x	x	
Torbjørn Johansen	Geovita	Geoteknisk ekspert	x							
Anders Aamodt	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	x		x		x			
Farrokh Nadim	NGI	Teknisk ekspert risikovurdering og skråningsstabilitet			x	x	x			
Suzanne Lacasse	NGI	Teknisk ekspert naturfare			x	x	x			
Magnus Rømoen	NGI	BIM strateg miljøgeoteknikk			x	x				
Stig Stangeland	Safetec	Prosjektleder	x	x						
Arnstein Skogset	Safetec	Avdelingsleder		x	x					
Stein Haugen	Safetec	Møteleder/fasilitator				x	x	x		
Øystein Skogvang	Safetec	Referent/møteleder	x	x	x	x	x	x	x	

Etter at den opprinnelige risikovurderingen ble ferdigstilt i februar 2022 er flere risikoreduserende tiltak gjennomført/besluttet gjennomført, og det er også gjennomført to analyser for å forbedre kunnskapsgrunnlaget om risiko og beslutninger som påvirker risikoen: ALARP-vurdering (ref. 11) og analyse av iboende risiko (ref. 12). 12. januar 2023 og 19. januar 2023 ble det derfor gjennomført supplerende arbeidsmøter for å oppdatere den helhetlige geotekniske risikovurderingen. Rapporten viser nå oppdatert risikobilde basert på oppdatert fremdriftsplan, resultatene fra rapportene med ALARP-vurdering og analyse av iboende risiko, samt at vertikaldren som en del av aktiviteten motfylling er hensyntatt.



Møtet 12. januar 2023 hadde følgende deltakere: Rune Julsen (Bane NOR), Anders Aamodt (Bane NOR), Peter Løken Nilsson (Bane NOR), Ørjan Nerland (NGI), Torgeir Haugen (innleid til Bane NOR), Jonas Hardangen (Safetec) og Øystein Skogvang (Safetec).

Møtet 19. januar 2023 hadde følgende deltakere: Rune Julsen (Bane NOR), Anders Aamodt (Bane NOR), Peter Løken Nilsson (Bane NOR), Ørjan Nerland, Jonas Hardangen (Safetec) og Øystein Skogvang (Safetec).



6 FORUTSETNINGER OG ANTAKELSER

6.1 Generelle forutsetninger og antakelser

For samtlige hendelsestrær gjelder følgende forutsetninger og antakelser:

- Fremdriftsplanen er beskrevet med fastsatte tidspunkter for aktiviteter i 2022–2025. Resultatene i risikovurderingen er gyldige selv om fremdriftsplanen forskyves, for eksempel ved senere oppstart, men da med tilsvarende forskyvning i resultatene for de ulike tidspunktene underveis i anleggsarbeidet.
- Det forutsettes at alle arbeider i anleggsområdet i faresonen Moss Havn skal foregå kompensert, det vil si at de i utgangspunktet ikke skal føre til forverring av stabilitet på noe som helst tidspunkt. Det innebærer at hvis man skal gjøre noe som isolert sett kan gi en forverring i stabilitet en kort periode, så må man først gjøre en tilstrekkelig stor forbedring av stabiliteten slik at man hele tiden har like god eller bedre stabilitet enn det man hadde i utgangspunktet.
- For aktivitet/arbeider utenfor anleggsområdet i faresonen Moss havn er det gjennomført en egen analyse om iboende risiko (fordi det er risikobidrag som kan ha betydning, men som ikke styres av Bane NOR og prosjektet, se kap. 6.2).
- Det er modellert to hendelsestrær for hver av aktivitetene, for henholdsvis sikkerhetsfaktor mellom 1,15 og 1,6, og for sikkerhetsfaktor mindre enn 1,15. Gjeldende regelverk setter krav til absolutt udrenert sikkerhetsfaktor $>1,6$ eller en prosentvis forbedring på opptil 15 % (dvs $SF > 1,15$). For arbeider og steder hvor sikkerhetsfaktoren er større enn 1,6, er det vurdert at sannsynligheten for store skred er neglisjerbar, og så liten at dette ikke er vurdert nærmere. Derfor er det ikke modellert hendelsestrær for områdene eller aktivitetene hvor sikkerhetsfaktoren er $>1,6$.
- *Topphendelsen*, altså hendelsen lengst til venstre, består av to sannsynlighetskomponenter. Sannsynligheten for at aktiviteten skal gjennomføres er 1, fordi en er sikker på at aktiviteten, det vil si det som er definert som topphendelsen i hendelsestreet, vil skje. I tillegg er det angitt en sannsynlighet for at sikkerhetsfaktoren (SF) er enten mindre enn 1,15 eller mellom 1,15 og 1,6. For noen av aktivitetene er utgangspunktet dårligere enn for andre, det vil si at større områder hvor aktiviteten foregår har lavere sikkerhetsfaktor. For aktivitetene som kommer senere i prosjektet vil grunnen i større grad være stabilisert på forhånd, slik at det er en større sannsynlighet for at sikkerhetsfaktoren er større. Der hvor sikkerhetsfaktoren er $>1,6$ er det som nevnt ikke gjort noen videre risikovurderinger i hendelsestræerne.
- Risikoen er til stede hele døgnet alle dager aktiviteten foregår, også når det ikke er aktivitet eller personer og maskiner i arbeid på anleggsområdet. Selv om risikoen ikke er identisk hverken hele døgnet eller alle dager aktiviteten foregår, så er disse variasjonene i risiko ikke modellert eller vurdert.
- Det antas konservativt at mest eksponerte individ er til stede i kvikkleiresonen, hele døgnet, 365 dager i året.
- Definisjonen av «stort skred» er vanligvis skred større enn 50 000 m³. Her vil skred som er betydelig mindre enn dette også kunne føre til tap av liv, i motsetning til «mindre utglidninger» som antas å kunne gi materielle skader, betydelige forsinkelser, men ikke føre til tap av liv. «Stort skred» brukes i denne analysen om alle skred som kan føre til tap av liv, i motsetning til «mindre utglidninger» som ikke medfører tap av liv.



- Entreprenorm er underveis i arbeidet med den geotekniske risikovurderingen blitt endret fra totalentreprise til utførelsesentreprise (hvor en blir kompensert for medgått tid og unngår tidspress). Regningsarbeid gir trygghet for entreprenøren for å unngå stress.
- For de aller fleste av aktivitetene er følgende barrierer/«noder» i hendelsestreet modellert:

1. *Prosjektering*

Prosjektering utføres uten «farlige feil» eller mangler som direkte eller indirekte kan utløse et kvikkleireskred. Det forutsettes at etablerte kontrollmekanismer i prosjekteringen fungerer som normalt (egenkontroll, sidemannskontroll og uavhengig kontroll), og at en i tillegg har et fagråd som kan gi råd til prosjekterende i enkelte valg og beslutninger som gjøres underveis. Kontrollregimer for prosjektering og utførelse er gjengitt i kapittel 6.3 og 6.4. Med unntak av motfylling er det satt sannsynliget **0,95** for at prosjekteringen utføres uten farlige feil. For motfylling er det satt krav til supplerende kontrolltiltak som gjør at sannsynligheten for at prosjekteringen her utføres uten farlige feil kan heves til **0,975**¹⁰.

2. *Utførelse*

Utførelsen gjennomføres uten «farlige feil» som kan medføre at det skjer et kvikkleireskred. Prosedyrer og kvalitetssikring for korrekt utførelse (kontrollregime) er viktig også her, på samme måte som for prosjekteringen. Kontrollregimer for prosjektering og utførelse er gjengitt i kapittel 6.3 og 6.4. Med unntak av motfylling er det satt sannsynliget **0,95** for at utførelsen gjøres uten farlige feil. For motfylling er det satt krav til supplerende kontrolltiltak som gjør at sannsynligheten for at utførelsen her gjøres uten farlige feil kan heves til **0,975**.

3. *God kontroll på returmasser (gjelder kun for jetpeling)*

Blokkering av returmasse kan føre til rask økning i poretrykk og deformasjoner dersom videre installasjon ikke stoppes umiddelbart. Dette ansees som et av de største faremomentene i installasjonsprosessen. Erfaringer fra tidligere forsøk indikerer at deformasjonene i grunnen blir små dersom man har god kontroll på returmassen.

4. *Poretrykket er innenfor fastsatte grenser (og grenseverdiene er satt riktig). Poenget er å unngå at poretrykket blir «farlig høyt», slik at grunnen ikke lenger er stabil.*

5. *Instrumenteringen som skal fange opp uregelmessigheter fungerer, herunder at både selve instrumenteringen fungerer, og at man også har noen som fanger opp, forstår konsekvensene av, og/eller følger opp eventuelle uregelmessigheter før det er for sent. Plasseringen av instrumenteringen inngår også, slik at instrumentene ikke står for langt unna der det skjer noe kritisk. Instrumentenes oppløsning inngår også i vurderingen, slik som hvor ofte og hvor nøyaktig man måler og hvor tett instrumentene er plassert. Variasjoner i grunnforhold er parametere som også bidra til usikkerhet.*

¹⁰ Eksempel på vurdering som er gjort: Motfylling versus jetpeling og andre aktiviteter – det er større sannsynlighet for å unngå feil i prosjektering for motfylling enn for jetpeling, fordi det er lagt inn flere kontrolltiltak for prosjektering av motfyllingen, for å sikre korrekt prosjektering. Dermed settes feilsannsynlighet til 0,05 på prosjektering av motfylling og øvrige, mens det settes til 0,025 på prosjektering av jetpeling.

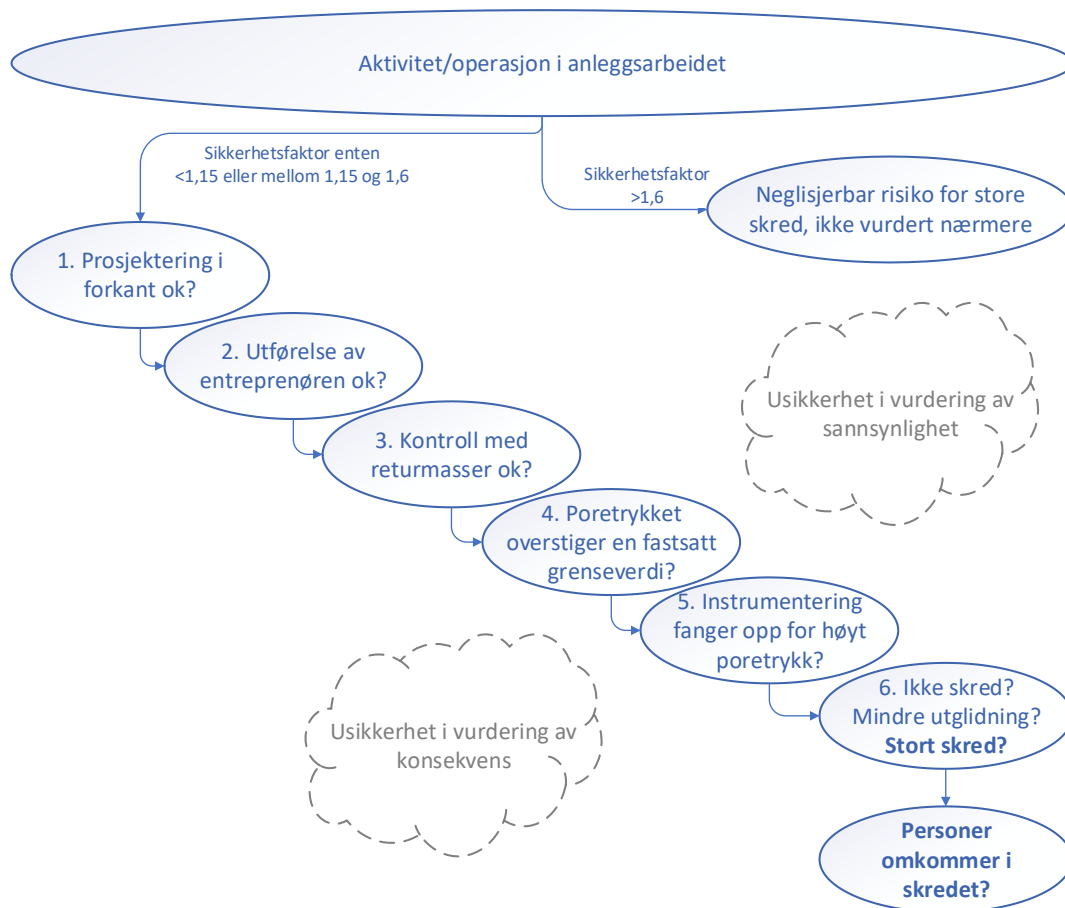


6. Sannsynlighet¹¹ for

- ikke skred eller utglidning,
- utglidning,
- stort skred,

innenfor de tre nivåene for sikkerhetsfaktor, kan variere ut ifra både hvilken aktivitet det er som utføres, og hvilke barrierer eller noder i hendelsestreet som har fungert eller som har sviktet tidligere langs den samme grenen/veien gjennom hendelsestreet. Store kvikkleireskred antas ikke å kunne forekomme der sikkerhetsfaktoren er $>1,6$ (sannsynlighet er derfor satt lik null i denne analysen). Tilbakeregning av store kvikkleireskred viser også at det er svært lite sannsynlig at store skred blir utløst når $1,15 < SF < 1,6$. Siden utglidning eller ikke skred er hendelser med neglisjerbar sannsynlighet for tap av liv er det ikke satt sannsynlighet for disse, mens det for store skred er satt en sannsynlighet til slutt i hendelsestrærne.

Spørsmålene som da stilles underveis i analysen kan oppsummeres som vist i Figur 6-1:



Figur 6-1 Spørsmål for hendelsestreanalyser.

For noen av aktivitetene er det ikke alle barrierer som er relevante, og for noen av aktivitetene er enkelte av barrierene slått sammen. Dette er angitt for de aktivitetene det gjelder.

¹¹ For all kvantifisering av sannsynlighet i analysen er det benyttet skala og sannsynlighetsklasser/-beskrivelser i tråd med skalaen fra IPCC, (Tabell 3-1 og ref. 9).



For videre analyse er det kun de grenene av hendelsestreet som ender opp i et stort skred som fullføres med kvantitativ analyse, fordi det kun er de store skredene med potensial for dødsfall som det er nødvendig å analysere kvantitativt og vurdere opp mot Bane NORs kvantitative risikoakseptkriterier.

Videre er det analysert hvilke konsekvenser som kan komme som en konsekvens av et stort skred. Det antas at det i 1 % av tilfellene med store skred ikke er personer som fanges i skredet, og at det i 99 % av tilfellene vil være en eller flere personer som er fanget i skredet. Det antas videre at alle de som er fanget i skredet omkommer. Dette er endret fra 10 % og 90 % etter prosessen med analyse av iboende risiko (ref. 12).

I tillegg til direktekonsekvenser fra et skred i faresonen Moss Havn, kan et skred også utløse en flodbølge med store konsekvenser for områdene rundt Værlebukta. Utbredelsen av en flodbølge er ikke vurdert nærmere i denne risikovurderingen, men er vurdert i en egen rapport utarbeidet av NGI høsten 2021 (Ref. 2). Resultatene viser at et dypt eller midlere dypt skred kan generere flodbølger som vil gi opp mot 8 m oppskylling på Jeløya tvers over bukta for skredområdet. I den geotekniske risikovurderingen her avgrensner vi oss til å si at et stort skred vil føre til flere omkomne, uavhengig av om det skyldes selve skredet, eller flodbølge og andre følgekonskvenser.

6.2 Iboende risiko og forutsetninger i lokalmiljøet

I alle kvikkleiresoner i Norge er det en iboende sannsynlighet for at det skal gå et større skred med tilhørende konsekvenser. Statistisk sett er det cirka 3000 kvikkleiresoner i Norge og det går cirka 1,5 store skred per år. Denne statistikken gir grunnlag for et grovt estimat for skredsannsynlighet som er estimert til å være 5×10^{-4} , men dette estimatet og tallene bak sier lite om de lokale forholdene som gjelder for faresone Moss Havn.

Som følge av jernbaneprosjektet blir de utfordrende skråningene i Moss nøye overvåket og fulgt opp, særlig når det skal utføres aktiviteter for å øke områdestabiliteten. Samtidig er det enkelte snitt og enkelte deler av kvikkleiresonen som har svært lav beregningsmessig sikkerhetsfaktor, og hvor det er relativt små eksterne påvirkninger som skal til for å utløse et større skred. Derfor er det også allerede i dag etablert et regime for å overvåke stabiliteten i de mest kritiske skråningene.

Områdestabilitetsrapporten (Ref. 1) dokumenterer at det ved anleggsarbeidets start er utfordrende grunnforhold som må stabiliseres før arbeidet med den nye jernbaneinfrastrukturen kan fortsette. Moss kommune stiller særskilt strenge krav til alt arbeid som kan påvirke stabiliteten i grunnen i hele faresonen Moss Havn .

Gjennom 2022 har Bane NOR engasjert NGI til å gjennomføre en geoteknisk risikoanalyse for iboende risiko i faresone Moss Havn (ref. 12) for øke kunnskapsnivået om de lokale forholdene. Formålet med analysen var å identifisere og kvantifisere alle mulige kjente triggermekanismer som ligger utenfor Bane NORs kontrollsfære i faresonen. Dette arbeidet har gitt Bane NOR en unik mulighet til å forstå viktige skredsannsynlighetsdrivere med hensyn på de lokale forholdene som er gjeldende for faresone Moss Havn. Videre ble det identifisert og implementert tiltak som reduserer skredrisiko, fortrinnsvis sannsynlighetsreducerende tiltak. Analysen har blitt gjennomført med bred deltakelse fra Bane NOR, Moss kommune, Moss Havn, fagansvarlige, driftsansvarlige og geotekniske rådgivere. Det er benyttet hendelsestreanalysemetodikk.

Analysen utleder risikobildet gjennom fire faser, se kap. 2.3 for mer detaljer rundt de respektive fasene. Outputen fra analysen av iboende risiko, med de respektive fasene, er benyttet som grunnlagsdata for den helhetlig geotekniske risikovurderingen.



6.3 Planlegging av geotekniske tiltak og kontrollregime for prosjektering

For denne risikovurderingen forutsettes det at kontroll av prosjektering utføres iht. Eurokode 7, Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) og NVEs veileder 1/2019, og Bane NORs tekniske regelverk. I tillegg til dette forutsettes det at Bane NOR har tilstrekkelig geoteknisk kompetanse i sin egen organisasjon. Følgende nevnes i forbindelse med planlegging av geotekniske tiltak og kontroll av prosjektering:

- **Geoteknisk rådgiver for sentrumsområdet er NGI.** NGI styres av og har kontrakt direkte med Bane NOR. Egenkontroll og intern systematisk kontroll utføres av egne medarbeidere.
- **Utvidet kontroll av prosjektering**, ref. Eurokode 0, gjennomføres av Structor. I tillegg utføres en ekstra utvidet kontroll av prosjekteringen for mofyllingen i Kransen sør av Multiconsult.
- Prosjektet (Bane NOR) har **styrket egen organisasjon**, ved å ha tilgjengelig senior geoteknisk kompetanse som prosjektstøtte. (Prosjektet er fortsatt i en rekrutteringsprosess for ytterligere styrking).
- Bane NOR gjennomfører egen kontroll av dokumentasjonen.
- All overvåkning med hensyn til områdestabilitet ivaretas av Bane NOR ved NGI.
- Bane NOR har koordineringsansvaret for områdetiltak.

Det er i tillegg etablert et **geoteknisk fagråd** (Vegdirektoratet, Bane NOR, Multiconsult, Norconsult og NTNU), som skal bistå prosjektet med anbefalinger på et utvalg av de geotekniske utfordringene som foreligger i Moss. Fagrådet har en rådgivende rolle, og har ikke ansvar for prosjektering, utførelse eller kontroll. Det foreligger et eget mandat for Fagrådet.

6.4 Kontrollregime for utførelse/bygging

Som for prosjektering forutsettes det at også kontroll av utførelse utføres i henhold til NVEs veileder 1/2019, Eurokode 7, Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) og Bane NORs tekniske regelverk. All bygging innenfor byggherrens byggeplass skal kontrolleres i henhold til gjeldende krav i Eurokoden. I tillegg forutsettes det at følgende kontrollregime for bygging er aktivt og fungerer:

- Instruks og rutine for oppfølging foreligger.
- Bane NOR skal ha personell til stede ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider. Bane NOR skal:
 - Påse at det til enhver tid benyttes riktig arbeidsunderlag.
 - Påse at arbeidsprosedyrer følges.
 - Påse at alle har nødvendig opplæring.
 - Påse at dokumentasjon av arbeider foreligger/kommer på plass.
 - Det skal føres dagbok. Opplysninger som er viktige for neste skift skal fremkomme.
- Alle som skal jobbe i område 6–10 skal ha gjennomført obligatorisk kurs (geoteknikk, prosedyrer). Dokumenteres med klistremerke på hjelm.
- Entreprenør skal utføre SJA for alle arbeider. Skal kunne dokumenteres skriftlig.
- Entreprenør skal avholde før-jobb-samtaler for hvert skift hver dag. Skal kunne dokumenteres skriftlig.
- Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid.
- Geotekniker skal alltid (24 timer i døgnet) være tilgjengelig. Det forutsettes at prosjektet oppretter en egen geoteknisk vakttelefon.
- Minimum *én gang per uke* avholdes møtet «Oppfølging områdetiltak»:
 - Internt BN.
 - Erfaringsutveksling, dokumentasjon, planlegging av fremtidige aktiviteter med mer.



- Monitorering utføres i henhold til detaljert beskrivelse i «geotechnical monitoring plan» (Ref. 13):
 - Poretrykksmålere, inklinometere og andre måleinstrumenter etter behov..
 - Oppfølging av målinger gjøres kontinuerlig via NGIs verktøy *NGI Live*.
 - Regelmessig innmåling av relevant infrastruktur i og rundt byggeplass etter behov.
- Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører, oftere ved behov:
 - Deltagelse på riktig nivå.
 - Møtene skal dokumenteres.
- Det er en viktig forutsetning at utførende entreprenør er nøye med å overholde soneinndelingen, og forholde seg til sonene hver for seg, så man får rett tiltak i rett sone.
- Endelig valgt kontraktsform vil også kunne påvirke hvordan kontrollregimet bygges opp.

6.5 Jetpeling

Det forutsettes at jetpeling i Kransen foregår etter at aktuelt område er sikret med motfylling (dvs. at sikkerhetsfaktor (SF) > 1,15, med unntak av der jetpelingen settes i forbindelse med motfyllingen i Kransen sør).

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før jetpeling** er slik at det ikke på noe sted hvor jetpelingen foregår er sikkerhetsfaktor > 1,6. Før jetpeling er det cirka 90 % av området aktuelt for jetpeling som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15. Cirka 10 % av området har en sikkerhetsfaktor < 1,15. (I henhold til skalaen fra IPCC, Tabell 3-1, er det altså «usannsynlig» at en påtreffer områder med sikkerhetsfaktor < 1,15, og sannsynligheten settes da til 10 %. 10 % er noe høyere enn for øvrige aktiviteter, fordi det gjelder arbeider både i Kransen og på Stasjonsområdet.)
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være «sannsynlig», og det gis sannsynlighet **0,95** (gitt forutsetningene angitt i kap. 0).
2. **Utførelse** uten farlige feil antas her å være «sannsynlig», og det gis en sannsynlighet på **0,95** basert på erfaringer med tilsvarende arbeid i prosjektet og i andre prosjekter, blant annet med testfeltet.
3. **Kontroll med returmasser** er for den kvantitative analysen slått sammen med barrieren instrumentering og er derfor satt til 1 i hendelsestreet. For å ha kontroll med returmassene forutsettes det imidlertid at en skal ha én person som dedikert følger opp dette i arbeidet med jetpeling, uten å ha andre oppgaver, det vil si at en har én person per rigg for å øke styrken på denne barrieren.
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Alle poretrykk under fastsatt grenseverdi forutsettes å være ok og er ikke analysert videre. Hva grenseverdien skal være er en geoteknisk vurdering som kan være avhengig av lokale forhold, samtidige aktiviteter, utstyr med mer, men det forutsettes at det er satt konservative verdier. Ved svikt i prosjekteringen er det vurdert som «usannsynlig» og det er satt en sannsynlighet på **0,1**.
5. **Instrumenteringen** har til hensikt å fange opp uregelmessigheter i poretrykk og deformasjoner. Først og fremst skal instrumenteringen sørge for å gi mulighet til å gjøre



justeringer i utførelsen, og sikre at man har kontroll på utførelsen. Formålet med instrumenteringen er å kunne predikere et stort skred. Samtidig kan man få tidlige varsler på at det kan være et stort skred på gang, så lenge målingene overvåkes og tolkes korrekt. Om man ved instrumenteringen lykkes i å oppdage poretrykk > grenseverdi er blant annet avhengig av hvor tett en installerer piezometrene, og hvor mye redundans man velger å legge inn i instrumenteringen. For jetpeling vurderes det som «sannsynlig» at poretrykk > grenseverdien fanges opp, og det settes en sannsynlighet på **0,95**.

6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man kan få blokkering av returmasse også når alt gjøres rett. Hvis instrumenteringen fungerer vil man stoppe med en gang slik at det ikke nødvendigvis blir stort skred selv om poretrykket overskrider grenseverdien. Ekspertgruppen har vurdert hvor fort poretrykket avtar når en detekterer at en grense er overskridet. En har ikke overskredet grensene i testfeltet, men normalt vil en få reduksjon i poretrykket etter noen timer, noen dager, eller i verste fall en uke. Pelene settes i ribber med senteravstand 6-7 meter, instrumentering etableres ca. hver 20. meter, så det kan skje trykkoppbygging mellom instrumenteringspunktene uten at det detekteres av instrumenteringen før det har pågått en tid. Nøkkelen ved jetpeling er å ha god kontroll på returmassene. Sammen med poretrykket, så er det kontroll på utførelsen som avgjør om man har kontroll på returmassene. Ved korrekt utførelse er det ikke å forvente at poretrykket blir så veldig mye større enn det man har satt som grenseverdi. Dersom utførelsen er feil, så kan det bli mye høyere. Feil i prosjektering er ikke like kritisk som feil i utførelse.

6.6 Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst

I denne analysen er det forutsatt bakforankret rørspuntvegg eller rørpelevegg. Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreanalyser er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før støttekonstruksjonen** er fordelt slik at det for 1 % av området er sikkerhetsfaktor >1,6. Det er cirka 95 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, mens cirka 4 % av området har en sikkerhetsfaktor <1,15.
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være **0,95**.
2. **Utførelse** uten «farlige feil» antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**, basert på erfaringer med tilsvarende arbeid i prosjektet og i andre prosjekter. Viktige forutsetninger er at man aldri jobber med så høye trykk som ved jetpeling og at entreprenøren har gode rutiner for å ta ut riktig mengde masse. Trykk på avveie er det man vil unngå, og her er dette mindre sannsynlig enn det er for jetpeling. Trykkluft på avveie kan utløse uønskede hendelser. Prosedyrer og kvalitetssikring for korrekt utførelse er viktig også her.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,005**, og til **0,01** ved feil i prosjektering eller feil i utførelse (for jetpeling er det satt til 0,1 ved feil i prosjekteringen).
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten samme pålitelighet som for jetpeling, fordi man har samme kontroll på rørveggen som på jetpelingen. For støttekonstruksjonen settes sannsynligheten for at poretrykk > grenseverdi fanges opp av instrumenteringen til **0,95** hvis



en har korrekt prosjektering, mens den settes til **0** hvis prosjekteringen er utført med «farlige feil». Dette innebærer at ved «farlige feil» i prosjekteringen kan man se bort ifra instrumentering som barriere for å hindre et kvikkleireskred.

6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Denne aktiviteten har tilnærmet samme påvirkning på omgivelsene som jetpeling. Her er poretrykk veldig viktig. I prinsippet gjør en det samme i denne aktiviteten som ved jetpeling. Det er forskjell på lokal og global sikkerhetsfaktor, her må vi se på hva som er sikkerhetsfaktoren lokalt akkurat der hvor en holder på, for å kunne vurdere om det kan skje et initialskred.

6.7 Spunt Rockwool

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før spunt Rockwool** er fordelt slik at det for 95 % av området er sikkerhetsfaktor $>1,6$. Det er cirka 4,9 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, mens ca. 0,1 % av området antas å ha en sikkerhetsfaktor $<1,15$.
1. Sannsynligheten at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», vurderes å være «sannsynlig», og det settes en sannsynlighet på **0,95**.
2. **Utførelse** som prosjektert uten «farlige feil» som kan utløse skred vurderes å være «sannsynlig», og det settes en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,005**, og til **0,01** ved feil i prosjektering eller feil i utførelse (for jetpeling er det satt til 0,1 ved feil i prosjekteringen), som for.
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten betydelig dårligere pålitelighet enn for øvrige aktiviteter. Sannsynligheten for at poretrykk $>$ grenseverdi vil fanges opp av instrumenteringen settes til **0,3**. Det skyldes at det for spunt ved Rockwool er så god sikkerhetsfaktor for størstedelen av området som er berørt, at en ikke trenger samme nivå på instrumenteringen for å klare å opprettholde god nok sikkerhet (se tidligere punkt om sikkerhetsfaktor).
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2, og sannsynlighetene her er på nivå med de to foregående aktivitetene.

6.8 Omlegging VA og eksisterende ledningsnett

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før omlegging** er fordelt slik at det for 40 % av området er sikkerhetsfaktor $>1,6$, mens det er cirka 30 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, og cirka 30 % av området antas å ha en sikkerhetsfaktor $<1,15$.



1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være **0,95**.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01**, når prosjektering og utførelse er ok, mens sannsynligheten settes til **0,1** hvis prosjektering og/eller utførelse er utført med «farlige feil», altså på en måte som kan føre til kvikkleireskred.
5. For **instrumenteringen** for ledningsnett settes sannsynligheten for at poretrykk > grenseverdi fanges opp av instrumenteringen til **0,9**. Instrumenteringen er ikke etablert for å fange opp uregelmessigheter ved omlegging VA og eksisterende ledningsnett, og har derfor samme pålitelighet uavhengig av andre barrierer i dette hendelsestreet.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man holder på forholdsvis grunt i bakken, ikke langt nede i kvikkleira som ved de foregående aktivitetene. Her skal graving i hovedsak foregå over kvikkleira, og ikke i kvikkleira. Store feil kan få store konsekvenser også her, men her er det bedre kontroll på utførelsen enn i andre prosjekter hvor VA-graving har ført til store skred. Arbeidet skal foregå både midt i og i bunnen av skråningen, og en skal gjøre det seksjonsvis i 5-8 meter lange seksjoner. Instrumenteringen er ikke for formålet grøftegraving, det tilsier noe svakere «tillit» til at instrumenteringen vil fange opp uregelmessigheter. Dette ligger inne i vurderingen, et annet moment er at arbeidet foregår synlig i bakken, i motsetning til de foregående som foregår under overflaten, langt nede i bakken.

Når det gjelder sannsynlighet for stort skred er det verdt å merke seg at ved denne aktiviteten er det viktige forutsetninger at man i utførelsen holder seg til seksjonslengder på maksimalt 8 meter, og at man ikke graver for dypt (da vil man stort sett holde seg over kvikkleiren, og feil i utførelse og i prosjektering vil få mindre konsekvenser enn ved en del av de andre aktivitetene.)

6.9 Motfylling inkludert vertikaldren og omlegging av eksisterende veier

Prosjektet har valgt entreprisformen utførelseentreprise (kompensert for medgått tid), noe som er vektlagt i denne aktiviteten, sammen med følgende tilleggstiltak for kontroll av prosjektering og utførelse (i tillegg til beskrevet kontrollregime kapittel 6.4 og 6.3):

Prosjektering, motfylling:

- Utvidet uavhengig kontroll av geoteknisk prosjektering av motfyllingen Kransen sør. Kontrollen skal omfatte uavhengig tolkning og kontroll av valgte jordparametere, samt at valgt geoteknisk rådgiver skal utføre uavhengige stabilitetsberegninger.

Utførelse, motfylling:

- Kontroll av modell/kontroll av maskindata
- Fysisk merke områdene i terreng/rutenettinndeling for å definere områdene massene skal legges



- Geomatiker utfører x antall målinger per dag (antall avtales med involverte geoteknikere).
- Utegående personell som følger opp at arbeidet utføres ihht arbeidsunderlag (fysisk og prosedyrer)
- Møter etter behov mellom Bane NOR, NGI, utførende (daglig eller oftere om ønskelig)
- Fortrinnsvis benytte erfarne maskinoperatører og tydeliggjøre krav til utførelsen i instruks som del av tegningsgrunnlag/beskrivelse

Tiltakene listet opp over ble vurdert i ekspertgruppens supplerende møte 10. februar 2022, og tilsier at tilliten til at prosjektering og utførelse gjennomføres uten farlige feil begge kan økes fra 0,9 (som var vurderingen tidligere i arbeidet med den geotekniske risikovurderingen) til 0,975.

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas altså å være «svært sannsynlig», med sannsynlighet **0,975**, altså mindre enn for jetpeling og grunnstabilisering. Svikt i prosjektering anses som «svært usannsynlig», men kan oppstå da det er store variasjoner i grunnforholdene og dermed usikkerheter med tanke på valg av designparametre for prosjektering av motfylling.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred, antas altså å ha en sannsynlighet på **0,975**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjekteringen eller utførelsen er sannsynligheten vurdert til **0,1** (når en tar høyde for vertikaldren).
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten god pålitelighet så lenge prosjektering og utførelse er uten svikt, og feilsannsynligheten settes til **0,05**. Hvis prosjekteringen er rett, men utførelsen er utført med «farlige feil», settes sannsynligheten for at instrumenteringen ikke klarer å avdekke poretrykk > grenseverdi til 0,1, mens feilsannsynligheten er satt til 0,3 hvis prosjekteringen er utført med «farlige feil».
6. **Sikkerhetsfaktor** før etablering av motfylling er mange steder ganske lav, det er nettopp derfor det er nødvendig å etablere motfyllingen. Det er ingen steder der det etableres motfylling at sikkerhetsfaktoren er >1,6, mens den fordeler seg med 50 % for <1,15 og 50 % for sikkerhetsfaktor 1,15–1,6.
7. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man kan gjøre mye feil på kort tid hvis man fyller veldig mye feil på kort tid uten å korrigere. Følges ikke fyllingsplanen, vil det ganske sikkert oppstå en utglidning, men ikke nødvendigvis et kvikk-leireskred, derfor er den satt veldig høyt ved feil. Her må man nesten regne med utglidning ved feil i prosjektering og utførelse, men at ikke alle utglidninger gir et stort skred. Økninger i poretrykk kan skje fort. Det gjelder for alle aktivitetene. Det som er gjennomtenkt og planlagt vil prosjektet ha god kontroll på. Det er når en er utenfor dette at sannsynlighetene kan øke. Det tilsier at grenen med korrekt prosjektering, korrekt utførelse, og at uregelmessigheter fanges opp av instrumenteringen, skal ha lav sannsynlighet.



Når det gjelder sannsynlighet for stort skred er det verdt å merke seg at ved denne aktiviteten vil det være betydelig større sannsynlighet for stort skred hvis utførelsen svikter, eller høye poretrykk ikke fanges opp av instrumentering, fordi en har lavere sikkerhetsfaktor i store deler av området.

6.10 Grunnstabilisering

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. Sikkerhetsfaktor før grunnstabilisering

Sikkerhetsfaktorene her er betydelig bedre enn for jetpeler, fordi grunnstabiliseringen skal utføres i områder hvor sikkerheten er høyere enn der hvor det skal installeres jetpeler for å ivareta områdestabiliteten. I utgangspunktet skal det ikke lenger være noen steder med sikkerhetsfaktor $< 1,15$, men siden det er et utfordrende område er sannsynligheten likevel satt til 0,001 for ikke å utelukke muligheten for at det er gjort feil. Ellers fordeler områdene med tilhørende sikkerhetsfaktorer seg med cirka 70 % med $> 1,6$, og cirka 30 % med sikkerhetsfaktor mellom 1,15 og 1,6.

1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være «sannsynlig», med sannsynlighet, **0,95**, med samme begrunnelse som øvrige.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred, er vurdert som «sannsynlig» og antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** er for den kvantitative analysen slått sammen med barrieren instrumentering og er derfor satt til 1 i hendelsestreet. For å ha kontroll med returmassene forutsettes det imidlertid at en skal ha én person som dedikert følger opp dette i arbeidet med jetpeling, uten å ha andre oppgaver, og at en kan velge å ha én person per rigg for å øke styrken på denne barrieren.
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjekteringen er sannsynligheten vurdert til **0,1**, samme som for jetpeling.
5. **Instrumenteringen** har for grunnstabilisering blitt satt opp med samme sannsynlighet for å fange opp uregelmessigheter som for jetpeling: **0,95**.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.

6.11 Tunnelpåhugg

Det som gjelder tunnelpåhugg er de ekstra utfordringer som oppstår ved Kleberg (som kommer i tillegg til det som er vurdert i andre hendelsestrær). Det som er spesielt her er at en skal sprengne i berg og gjennomføre injeksjon i berg inntil et område med kvikkleire og lav stabilitet av sideterrenget. Spunting og grunnstabilisering dekket av andre hendelsestrær og omhandles ikke her. Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:



0. Sikkerhetsfaktor før tunnelpåhugget ved Kleberg

Det er tilnærmet null arealer med sikkerhetsfaktor > 1,6 (satt til 0,001), mens det aller meste (90 %) er mellom 1,15 og 1,6. Resten, knapt 10 %, har sikkerhetsfaktor <1,15.

1. Sannsynligheten at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», er vurdert som «sannsynlig», og settes til **0,95**, altså mindre enn for jetpeling og grunnstabilisering.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred er vurdert som «sannsynlig» og antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «lite sannsynlig», sannsynligheten settes til **0,03** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjektering eller utførelse er sannsynligheten vurdert til **0,25**, noe som det er nødvendig å ta høyde for med økt instrumentering.
5. **Instrumenteringen** har for tunnelpåhugg Kleberg blitt satt opp med sannsynlighet for å fange opp uregelmessigheter i vibrasjoner/poretrykk på **0,85** (altså «sannsynlig»). Det er forskjell mellom vibrasjoner og poreovertrykk, men forskjellen er ikke modellert her. Sannsynlighetsvurderingen forutsetter at det vil være personer fra prosjektet som kan fange opp og forstå målinger utover det normale.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.
Når en sprenger, så ser en god respons på instrumentene. Man får poretrykksøkning når en sprenger, men ser også at poretrykket raskt går tilbake, raskere enn en først trodde. Det bygger seg opp mindre enn det man først trodde også. Man kan frykte at poretrykket akkumuleres, men det ser man at det ikke gjør, og man kan overvåke det.

6.12 Oppsummering av sannsynligheter for stort skred

Sannsynligheter for store skred, gitt de vurderingen som er gjort tidligere i hendelsestrærne, er vist i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.

Tabell 6-1 Sannsynlighet for at det skjer stort skred, gitt de vurderingene som er gjort tidligere i hendelsestrærne, hvor sikkerhetsfaktoren er mindre enn 1,15.

Sannsynlighet for stort skred, SF<1,15	Jet-peling	Perm støtte Fjordv.	Spunt Rock-wool	Om-legging VA/ ledn.	Mot-fylling	Grunn-stabilisering	Tunnel-påhugg
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,04	0,04	0,04	0,02	0,08	0,04	0,02
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,04	0,04	0,04	0,02	0,15	0,04	0,02
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,12	0,1	0,1	0,1	0,3	0,12	0,1
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,05	0,08	0,08	0,06	0,15	0,05	0,06
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,1	0,12	0,12	0,08	0,3	0,1	0,08



Sannsynlighet for stort skred, SF<1,15	Jet- peling	Perm støtte Fjordv.	Spunt Rock- wool	Om- legging VA/ ledn.	Mot- fylling	Grunn- stabili- sering	Tunnel- påhugg
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,12	0,12	0,12	0,12	0,3	0,12	0,12
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,25	0,25	0,25	0,25	0,4	0,25	0,25

Tabell 6-2 Sannsynlighet for at det skjer stort skred, gitt de vurderingene som er gjort tidligere i hendelsestrærne, hvor sikkerhetsfaktoren er mellom 1,15 og 1,6.

Sannsynlighet for stort skred, sikkerhetsfaktor 1,15<SF<1,6	Jet- peling	Perm støtte Fjordv.	Spunt Rock- wool	Om- legging VA/ ledn.	Mot- fylling	Grunn- stabili- sering	Tunnel- påhugg
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	0,002
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	0,002
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,004	0,006	0,006	0,004	0,01	0,004	0,003
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,008	0,008	0,008	0,008	0,02	0,008	0,008
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,01	0,01	0,01	0,01	0,025	0,01	0,01
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02

Som tabellene over viser, er det en gradvis forverring ut fra hvor galt det har gått tidligere i hendelsestrærne, og det er betydelig høyere risiko ved aktiviteten motfylling enn de øvrige, fordi dette er vurdert å være den mest utfordrende aktiviteten, samtidig som dette er en aktivitet som gjennomføres med veldig lite stabilisering i forkant. Når motfyllingen er etablert, vil utgangspunktet være bedre for å unngå store skred i øvrige aktiviteter.



7 RESULTATER

Resultatene består av en kvalitativ del som presenteres først. Deretter presenteres de kvantitative resultatene, først generelt og for naboer/tredjepart, og til slutt for passasjerer og ansatte.

7.1 Identifisering av farer og usikkerheter

Det ble identifisert 28 farer i løpet av de to arbeidsmøtene datert 12.02.2021 og 21.09.2021. ID 1.4 *valg av entrepriseform* for prosjektet ble ikke vurdert i denne risikoanalysen. I etterkant av arbeidsmøtene ble identifiserte farer og usikkerheter analysert kvalitativt og klassifisert med henblikk på risiko. Dette ble gjort i et samarbeid mellom deltakerne, Bane NOR og Safetec.

De 28 identifiserte farene ble kategorisert som anvist i Tabell 7-1 og er her representert før implementerte tiltak (fargekategoriseringen er forklart i kap. 3):

Tabell 7-1: Kategorisering av farer fra den kvalitative fareidentifiseringen før tiltak er implementert.

Lav	Moderat	Høy	Antall farer totalt
5	14	9	28

Komplett analyselogg med detaljert beskrivelse av den enkelte fare finnes i vedlegg A til denne rapporten og illustrerer også restrisiko etter implementerte tiltak. Under er en liste over de ni farene som arbeidsgruppen valgte å sette et særlig søkelys på i fareidentifiseringen:

- ID 1.1: Manglende oversikt og styring med anleggsaktiviteter
- ID 1.5: Utilstrekkelige sikkerhetsfaktorer knyttet til muligheten for kvikkleireskred
- ID 1.6: Manglende geoteknisk erfaringsgrunnlag og usikkerhet om sikkerhetsfaktorer er satt korrekt
- ID 1.12: Feilvurdering av områdestabilitetstiltakenes kritikalitet/effekt (betydning)
- ID 1.13: Manglende kunnskap om inndeling av sonene blant utførende personell
- ID 1.14: Manglende grunnundersøkelser
- ID 1.16: Erosjon under / i eksisterende terreng
- ID 1.18: Misforståelser blant utførende personell og mellom prosjektering og utførende entreprenør
- ID 1.24: Moss kommune utfører arbeid utenfor definert anleggsområde – og som kan påvirke områdestabiliteten



7.2 Risikoestimering

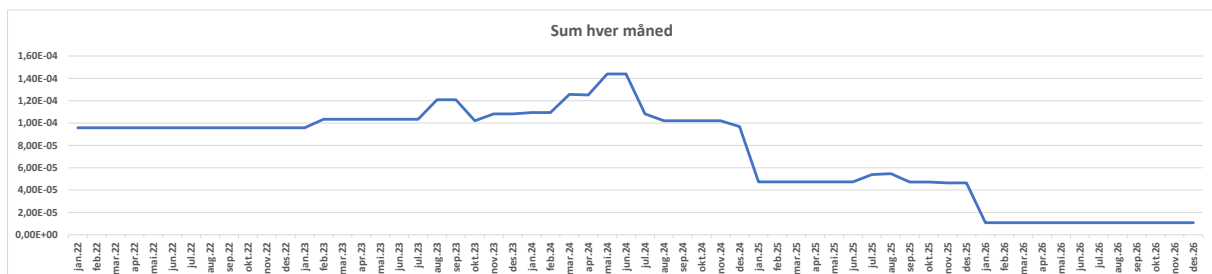
Resultatene av den kvantitative analysen er vist i dette kapitlet. Først vises hvordan hver aktivitet bidrar i risikoen (Tabell 7-2), mens det videre er vist et mer nyansert bilde av hvor stor risikoen er for hver måned og år gjennom perioden med anleggsarbeid fra 2022 til mai 2025.

Tabell 7-2: Risiko ved de ulike aktivitetene uavhengig av varighet.

Aktiviteter	Risikobidrag dersom aktiviteten varer i <u>12 måneder</u>	Varighet (antall måneder)	Bidrag til individrisiko ¹² ved angitt varighet av aktiviteten
Jetpeling	1,48E-04	25	3,09E-04
Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst	2,33E-05	7	1,36E-05
Spunt Rockwool	9,92E-07	3	2,48E-07
Omlegging VA og eks. ledningsnett	1,80E-04	6	9,01E-05
Motfylling inkl. vertikaldren	6,00E-04	6	3,00E-04
Grunnstabiliseringer	1,41E-05	6	7,03E-06
Tunnelpåhugg	2,57E-04	3,5	7,50E-05

Tabellen viser at jetpeling og etablering av motfylling inkl. vertikaldren er de aktivitetene som gir størst bidrag til risiko. Tunnelpåhugg Kleberget er også en risikofylt aktivitet, men den har begrenset varighet på 3,5 måneder.

Figur 7-1 gir en litt mer detaljert beskrivelse av variasjonen måned for måned, og viser at det er særlig to topper som sammenfaller med perioder hvor fremdriftsplanen (Figur 7-2) viser samtidige aktiviteter:

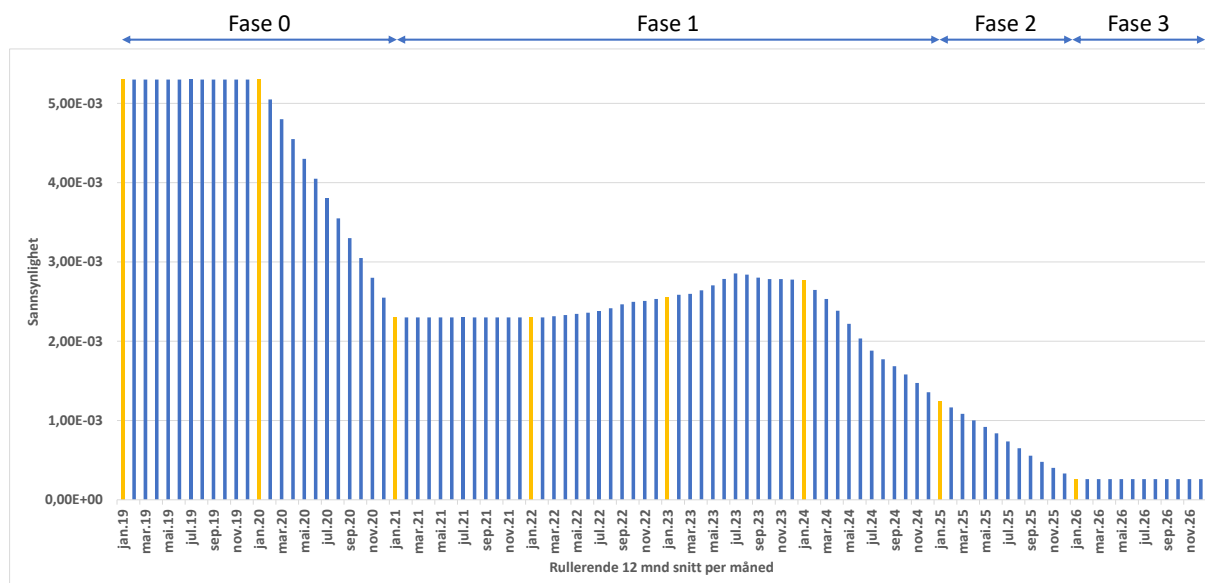


Figur 7-1: Risiko vist for hver enkelt måned i perioden fra november 2021 til mai 2025, med topper i august/september 2023 og mai/juni 2024.

¹² Individrisiko (sannsynligheten for å omkomme i et stort kvikkleireskred) er her gitt at dette individet oppholder seg i kvikkleiresonen Moss havn 24 timer i døgnet gjennom hele perioden med de aktivitetene som er risikovurdert her.



Som man kan se i Figur 7-3 som viser rullerende gjennomsnitt, så viser den ganske klart at det er i starten at risikoen er størst, det er sterk reduksjon når stabiliseringstiltak i fase 1 etableres (vises allerede fra 2020 pga. rullerende gjennomsnitt). Videre, i fase 1, vises en svak økning i 2022 og 2023, før en kan se en sterk nedgang gjennom hele 2024 og 2025.



Figur 7-3: Rullerende gjennomsnitt (hver stolpe i figuren viser summen av risikoen i inneværende og 11 etterfølgende måneder). Samsynlighet for skred med tap av liv på y-aksen, måned på x-aksen. (Tidsaksen på x-aksen går fra januar 2019 til desember 2026.)

Både Figur 7-1 og Figur 7-3 viser noen tydelige hovedresultater:

1. Først kan man se en stor reduksjon i risikoen i starten av prosjektet, når de første tiltakene iverksettes, deretter ingen reduksjon, heller en svak stigning mot høsten 2023, før det blir en betydelig reduksjon mot januar 2026.¹³
2. Det er en betydelig og permanent risikoreduksjon for hele området når alle aktivitetene er gjennomført og grunnen er stabilisert.

I 00E-versjonen av rapporten var følgende muligheter for risikoreduksjon beskrevet:

- Muligheten til å redusere eksponeringstiden, varighet på aktiviteten og/eller intensivere kontrollregimene for prosjektering og bygging, vil alle kunne gi utslag på risikoen. For noen aktiviteter vil det også kunne gi en viss effekt å øke den samlede påliteligheten til instrumenteringen, enten ved økt instrumentering eller et sterkere oppfølgingsapparat, men effekten av dette er usikker.
- Det er mulig å fordele arbeidet over en lengre tidsperiode, og man kan være mer nøye med å gjennomføre kun én aktivitet om gangen, slik at man unngår samtidige aktiviteter. Risikoen kan da totalt sett bli noe lavere, men lengre anleggsperiode gir også andre ulemper som må veies opp mot risikoreduksjonen man kan oppnå.

¹³ Fremdriftsplanen som ligger til grunn for risikovurderingen er oppdatert i januar 2023. Den tilsier at oppstart for arbeidene omfattet av analysen er i februar/mars 2023. Resultatene av analysen er gyldige også om fremdriftsplanen endres, men da forskyves naturligvis risikoen tilsvarende i tid.



I 01E-versjonen av rapporten er dette tiltak som Bane NOR har gjennomført i så stor grad som det er praktisk mulig for prosjektet, for eksempel ved at jetpeling nå skal gjennomføres i løpet av 25 måneder, ikke 35 som først planlagt.

7.3 Resultater for naboer/tredjepart

For å komme frem til risikoen for mest eksponerte nabo er det først vurdert sannsynlighet for kvikkleireskred (kapittel 7.2), deretter er det gjort en antagelse om hvor stor andel av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for – altså hvor stor andel av døgnet og året denne naboen er eksponert for risikoen. Konservativt er det antatt at den mest eksponerte naboen befinner seg i kvikkleiresonen hele tiden, altså 24 timer i døgnet 365 dager i året. Denne naboen vil da være eksponert for en risiko som er identisk med risikoen presentert i kap. 7.2, og vist i Figur 7-3.

7.4 Resultater for passasjerer og ansatte

Det er gjort en egen analyse av hvor stor andel av risikoen som gjelder for personer eksponert ved eksisterende trafikkert spor. Resultater for hele det berørte området i og rundt kvikkleiresonen Moss Havn er gjengitt tidligere i kapittel 6.12, og da med søkelys på maksimalt eksponerte tredjeperson (som er antatt å være en person som befinner seg i kvikkleiresonen hele tiden mens anleggsarbeidet pågår).

Tilsvarende vil det nå være aktuelt å vurdere hvor stor eksponeringstiden vil være for eksponerte grupper knyttet til eksisterende trafikkert spor, og følgende grupper antas å være eksponerte:

- Passasjerer i toget, den meste eksponerte av disse antas å være en pendler som har en del ventetid ved plattform på Moss stasjon.
- Ombordpersonale i tog: fører, konduktører, øvrig ombordpersonale.
- Ansatte i togselskap som har sitt arbeidssted og/eller oppmøtested ved Moss stasjon, herunder ombordpersonale som har hvilerom/pauserom, garderober og toalett ved stasjonen.
- Renholdspersonale som jobber i tog på hensettingsspor.
- Kioskpersonale og andre som jobber i tilknytning til kollektivknutepunktet (buss/tog/taxi) ved Moss stasjon.
- Ansatte i Bane NOR, som har sitt kontorsted i kvikkleiresonen Moss Havn.

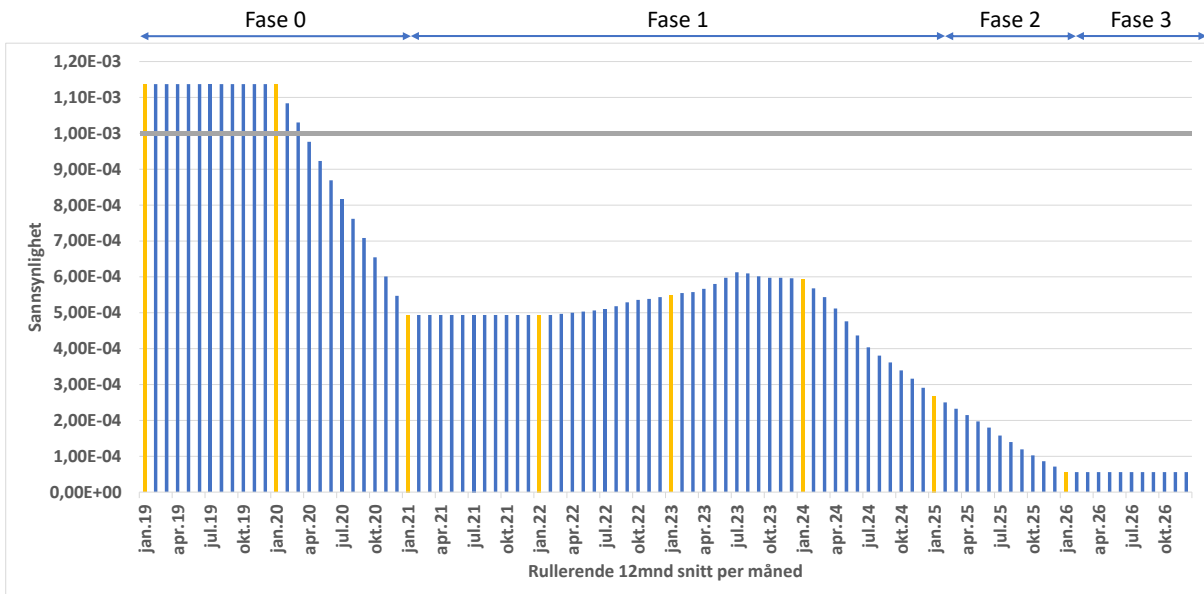
Sammenlignet med de mest eksponerte naboene (som antas å være eksponert 24 timer i døgnet 365 dager i året), vil alle gruppene nevnt over ha betydelig kortere eksponeringstid. Personell (ansatte) på anleggsplassen og øvrig berørt område vil i teorien ha en eksponeringstid oppad begrenset til cirka 40 timer per uke de aktuelle ukene de jobber, cirka 47 uker i året, noe som gir en eksponeringstid på 1880 timer i året, altså en andel på 21 % av antall timer totalt i et år. Teoretisk sett vil den mest eksponerte ansatte da være eksponert for 21 % av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for.

Passasjerer er eksponert mye kortere. Man kan anta at den mest eksponerte har en eksponeringstid på 0,33 timer per dag, 1,67 timer per uke, totalt 78 timer i året. Teoretisk sett vil den mest eksponerte reisende da være eksponert for rett i underkant av 1 % av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for¹⁴.

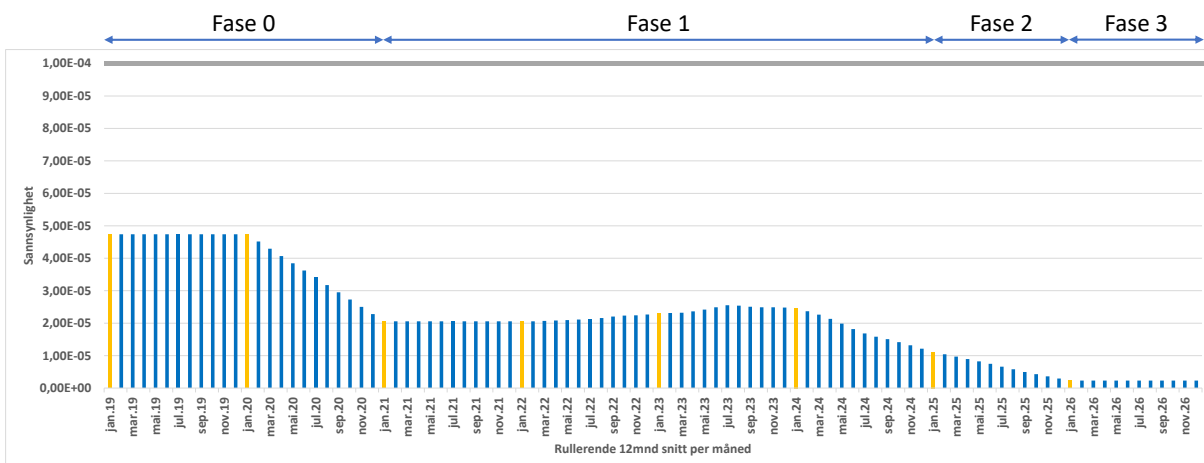
¹⁴ Som underlag i vurderingen er det for eksempel brukt informasjon om hvor lenge passerende tog befinner seg i faresonen. For de fleste tog er dette bare cirka 90 sekunder, pluss tid for stans for av- og påstigning ved plattform på Moss stasjon. Noen tog befinner seg lenger i kvikkleiresonen, dette er beskrevet under Figur 7-5.



Med forutsetninger og antagelser som beskrevet over, vil en få resultater for mest eksponerte ansatte og passasjerer som vist i Figur 7-4 og Figur 7-5. Som figuren viser, ser man at mest eksponerte innbygger er eksponert mest, mens i tilknytning til eksisterende spor er mest eksponerte ansatt eksponert noe større andel av tiden enn den mest eksponerte reisende, og dermed har en større risiko.



Figur 7-4 Individrisiko for ansatte, gjeldende risikoakseptkriterium er vist med den grå linjen (10^{-3}).



Figur 7-5 Individrisiko for passasjerer, gjeldende risikoakseptkriterium er vist med grå linjen (10^{-4}).

I 00E-versjonen av denne helhetlige geotekniske risikovurderingen ble det identifisert at innsatskortet til togleder og varslingslinjer til togleder, ved kvikkleireskred eller andre skred ved Moss stasjon, bør sjekkes, altså at en bør forsikre seg om at tog som befinner seg i kvikkleiresonen ledes bort fra stasjonen, og også videre ut av kvikkleiresonen. Innsatskortet og varslingslinjer til togleder er sjekket og oppdatert.



8 USIKKERHETER

NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger beskriver usikkerhet slik:

«Vi befinner oss i en tilstand av usikkerhet når vi ikke vet om en påstand er sann. I en risikovurderingsprosess sammenstilles data, informasjon og kunnskap om fenomener, årsaker og virkninger for å synliggjøre mulige (usikre) fremtidige hendelser og konsekvenser. Risikovurderingen er et verktøy for å synliggjøre usikkerhet for beslutningstakere, som må veie resultatet opp mot andre prioriteringer.»

8.1 Usikkerhet knyttet til kvalitativ risikoanalyse

Det ble identifisert 28 farer og usikkerheter i løpet av arbeidsmøtene. I etterkant av arbeidsmøtene ble identifiserte farer og usikkerheter analysert og klassifisert med henblikk på grad av risiko. Dette ble gjort som et samarbeid mellom deltakerne, Bane NOR og Safetec.

Alle risikovurderinger vil være beheftet med større eller mindre grad av usikkerhet. Når man bruker kvalitativ kunnskapsbasert vurdering av risiko, vil kunnskapsgrunnlaget til deltakerne være av stor betydning for usikkerheten i analysen; jo sterkere kunnskapsstyrke desto mindre usikkerhet.

Denne risikovurderingen involverte over lengre tid ekstern geoteknisk ekspertise, fagpersoner med relevant operativ jobberfaring og prosjektledelse. Safetecs vurdering er at deltakerne samlet sett hadde et solid kunnskapsgrunnlag, og at usikkerheten dermed er redusert så langt som praktisk mulig.

8.2 Usikkerhet knyttet til kvantitativ risikoanalyse (estimering av sannsynlighet)

Det er to typer usikkerheter det er verdt å vektlegge i forbindelse med den kvantitative analysen:

1. Modellusikkerhet – er det slik at modellen som brukes gir en god nok representasjon av de mekanismene som inntreffer i virkeligheten?
2. Parameterusikkerhet – usikkerhet knyttet til sannsynlighetene som brukes i hendelses-trærne.

Begge deler er basert på ekspertvurderinger, og for begge deler er det gjort forenklinger for å gjøre det overkommelig å gjennomføre analysen. Rammene for analysen, både tids- og kostnadsmessig, har imidlertid gjort det mulig å samle meget kompetente eksperter som har bidratt. I de forenklingene og vurderingene som er gjort er det lagt inn betydelig forsiktighets- og føre-var-tankegang. Dette for å sikre at resultatene heller ender opp med en litt for stor risiko, enn at risikoen blir underestimert. Tilsvarende forsiktighetsprinsipper er også brukt i mange av de mer detaljerte geotekniske vurderingene som ligger til grunn for risikoanalysen (slik som kvantifiseringen av de ulike parameterne som inngår i for eksempel å fastsette sikkerhetsfaktor).

Selv om det er usikkerhet i tallene, representerer de det beste grunnlaget man har for denne typen analyser.



9 DISKUSJON

9.1 Oppnåelse av akseptkriteriene og ALARP-vurdering

Figur 7-4 og Figur 7-5 viser tydelig at resultatene fra den kvantitative risikoanalysen er under de fastsatte risikoakseptkriteriene for henholdsvis passasjerer og ansatte.

For tredjeperson angir akseptkriteriene at det skal gjøres en ALARP-vurdering. I praksis innebærer dette at man gjør en systematisk identifikasjon av mulige tiltak som kan gjennomføres for å redusere risiko. Videre er hovedprinsippet at alle tiltak skal gjennomføres, så lenge tiltakene er praktisk gjennomførbare med rimelige kostnader. Denne ALARP-vurderingen er gjennomført i 2022 (ref. 11), og de tiltakene som er kommet frem i denne prosessen, og som er praktisk gjennomførbare, er enten gjennomført eller besluttet gjennomført.

Siden naboene (tredjeperson), under gitte antagelser, er eksponert i en forholdsvis mye større andel av tiden enn passasjerer og ansatte, blir også deres risiko knyttet til kvikkleireskred større enn risikoen for passasjerer og ansatte. Vurdering av hvorvidt deres risiko er akseptabel eller ikke, baseres altså ut fra en ALARP-vurdering.

Identifikasjonen av mulige risikoreduserende tiltak er gjort i forbindelse med gjennomgangen av de ulike aktivitetene som er beskrevet i rapporten.

Innledningsvis er det viktig å fremheve at flere av aktivitetene som er vurdert i denne rapporten gjennomføres nettopp for å redusere risiko, ikke bare for tredjeperson, men også for andre personellgrupper. Tiltakene er beskrevet nærmere i områdestabilitetsrapporten (Ref. 1).

Det har også vært gjennomført forsøk i et eget jetpel-testfelt i anleggsområdet, for å øke forståelsen for hvordan stabiliteten påvirkes av jetpeling med hensyn på stedlige grunnforhold, og hva man kan gjøre for å optimalisere det arbeidet.

I tillegg er entreprisformen endret fra totalentreprise til utførelsesentreprise (hvor en blir kompensert for medgått tid), blant annet fordi prosjektet har vurdert at det bidrar til redusert risiko. Gjennom arbeidet med den geotekniske risikovurderingen er det stilt krav om flere kontrolltiltak for prosjektering og utførelse/bygging, utover det som er å anse som vanlig. Kontrollregimet er intensivert, særlig for aktiviteten motfylling.

De to toppene i risiko fra Figur 7-1 (som viser risikoen punktvis måned for måned), sammenstilt med fremdriftsplanen i Figur 7-2, viser at det er i de forholdsvis korte periodene mens aktiviteten motfylling gjennomføres, at risikoen er størst. For aktiviteten motfylling har Bane NOR og deres rådgivere gjennomført supplerende vurderinger (se kap. 6.9), og satt strengere krav til oppfølging og kontroll av både prosjektering og utførelse, enn for de øvrige aktivitetene, for å redusere risikoen så lavt som praktisk mulig.

Den fremtidige samfunnsgevinsten i redusert risiko for naboene er også en gevinst som den antatt mest eksponerte naboen vil ha nytte av 24 timer i døgnet 365 dager i året. Det betyr at de som blir eksponert for størst risiko i de månedene det er aktuelt, får også den største reduksjonen i risiko til slutt. Dersom Bane NOR og prosjektet ikke hadde gjennomført disse tiltakene, ville risikoen ha vært uendret, eller noe øket, i forhold til dagens situasjon (som omtalt i områdestabilitetsrapporten, Ref. 1).



For det tredje, overordnet sett er planleggingen av alle de stabiliserende tiltakene som er vurdert i denne risikovurderingen i tråd med ALARP-prinsippet, for å i det hele tatt gjøre det mulig å bygge nytt dobbeltspor gjennom kvikkleiresonene i Moss.

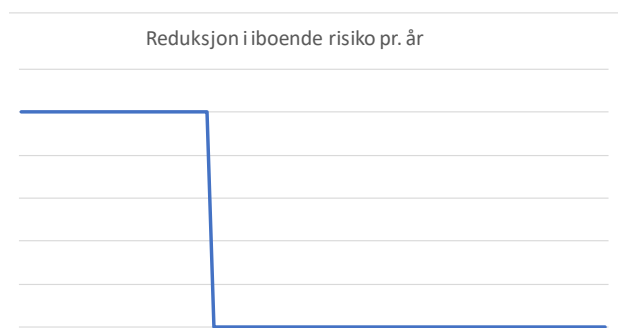
Tiltak for å redusere risikoen ytterligere i, tråd med ALARP-prinsippet, er gjennomført i egen ALARP-vurdering (ref. 11). Av de 18 tiltakene som ble vurdert er det kun tre tiltak som ikke ble anbefalt. De tre tiltakene er:

1. Avgraving av hele eller deler av skråningen.
2. Midlertidig flytting av fastboende og nedstenging/flytting av arbeidsplasser, redusere menneskers eksponering for skredrisiko.
3. Legge om jernbanetraseen.

Begrunnelsen for de to første er at de er uforholdsmessig inngripende i forhold til mulig risikoreduksjon, det siste er også svært omfattende og vil ikke føre til noen risikoreduksjon i Moss i forhold til dagens situasjon. Alle tre er svært kostbare.

9.2 Andre forhold

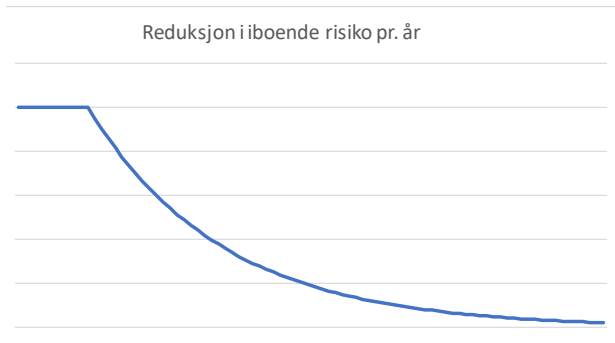
De absolutte resultatene er sensitive for antagelser om iboende risiko, dvs. den basissannsynligheten for kvikkleireskred, som i den første utgaven av rapporten da var satt til en statisk sannsynlighet på 5×10^{-4} . Videre bygde resultatene på at denne statiske størrelsen og lå oppå sannsynlighetene fra hendelsestrærne i den første delen av prosjektet, mens den senere ble satt til 0, som vist i Figur 9-1:



Figur 9-1 Basissannsynligheten/iboende risiko var først modellert som en statisk størrelse, deretter ble den satt til null.

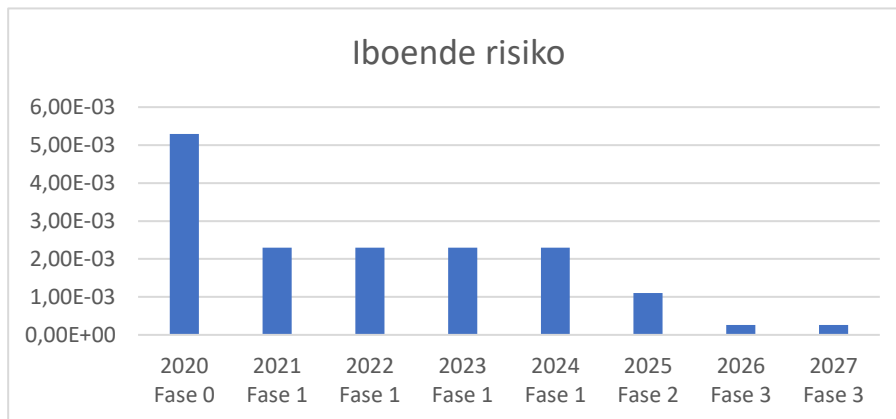
Man kan gjøre et poeng ut av at en del av aktivitetene og de stabiliserende tiltakene har effekt allerede fra første dag av gjennomføringen. For eksempel vil man kunne se effekt av jetpeler allerede etter de første jetpelene: Man trenger ikke vente til man har holdt på i 12 måneder og satt for eksempel 200 jetpeler før de har begynt å gi stabiliserende effekt i grunnen. Dette gjelder for flere av aktivitetene, på litt ulike måter. Hvis man hadde lagt inn en antagelse om en gradvis reduksjon, som det er vist et eksempel på i Figur 9-2, så ville en fått en annen reduksjon av risikoen mens anleggsaktivitetene pågår og gradvis sørger for en forbedring av sikkerheten.





Figur 9-2 Her vises en variant hvor basissannsynligheten/iboende risiko gjelder uendret frem til man starter med stabiliserende tiltak, deretter reduseres den gradvis.

Reduksjon i iboende risiko underveis i prosjektet er ikke modellert i denne risikovurderingen, men størrelsen på den iboende risikoen i forkant av prosjektets oppstart, og hvordan den iboende risikoen reduseres underveis i prosjektet, er analysert i rapporten om iboende risiko (ref. 12). Resultatene fra analyserapporten om iboende risiko er tatt inn i den helhetlige geotekniske risikovurderingen med tallene som vist i Figur 9-3:



Figur 9-3 Basissannsynligheten/iboende risiko basert på resultatene fra NGIs analyse av iboende risiko (ref. 12).

Tabell 9-1 Basissannsynligheten/iboende risiko (grunnlag for Figur 9-3).

År og fase	Sum, risiko pr. år
2020 Fase 0	5,30E-03
2021 Fase 1	2,30E-03
2022 Fase 1	2,30E-03
2023 Fase 1	2,30E-03
2024 Fase 1	2,30E-03
2025 Fase 2	1,10E-03
2026 Fase 3	2,60E-04
2027 Fase 3	2,60E-04



10 KONKLUSJON

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. Beste praksis i slike tilfeller er i stedet å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko, men også for kvantifisering. Involvering av geoteknisk ekspertise er spesielt viktig for den relevante problemstillingen. Identifisering, kartlegging og analyse av risiko ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter. Risikoen er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko.

Som i enhver kvantitativ analyse foreligger det som nevnt i kapittel 8 modellforenklinger som innebærer usikkerhet, og det vil for eksempel være usikkerhet knyttet til hvorvidt analysegruppen/ekspertgruppen har avdekket alle forhold og analysert alle scenarier «korrekt». Modellforenklinger er uunngåelig, og det vil være svært utfordrende, om i det hele tatt mulig, å utelukke usikkerhet knyttet til dette i enhver analyse av komplekse systemer – uavhengig av bransje/teknologi/system og hva som skal analyseres. Bruken av ekspertgrupper til å kvantifisere sannsynlighet er anerkjent, og er det beste verktøyet for å predikere forekomsten av sjeldne hendelser med komplekse årsakskjeder. I dette prosjektet har det vært en langvarig prosess uten korte tidsfrister, noe som har gitt mulighet for bred kvalitetssikring. I arbeidet er det benyttet grupper med bredt sammensatt kompetanse, både interne og eksterne deltagere, uavhengige eksperter og anerkjente geoteknikere. Dermed er usikkerheten redusert så langt som praktisk mulig.

Bane NOR og prosjektet vet nå vesentlig mer om risikoen, det vil si både hvilke aktiviteter og mekanismer som gir stor risiko, og når og hvor lenge risikoen er størst. Risikovurderingen har også ført til at prosjektet nå vet mer om aktuelle risikoreduserende tiltak og effekten av tiltakene, som gjør at man kan håndtere periodene med størst risiko på en tilfredsstillende måte og ta risikoinformerte beslutninger. Tiltak for å redusere risikoen ytterligere er redegjort for i kapittel 9, og er gjennomført så langt som praktisk mulig, i tråd med ALARP-prinsippet.

Basert på den økte kunnskapen denne risikovurderingen har frembragt, og forutsatt at foreslåtte risikoreduserende tiltak gjennomføres, er det vurdert at risikoen er mulig å kontrollere på et akseptabelt nivå, både for naboer (tredjeperson), togreisende (førsteperson) og ansatte i jernbanerelatert virksomhet (andreperson, herunder anleggsarbeidere). Dette til tross for at resultatene blant annet baseres på at det så langt er gjort en antatt konservativ antagelse om at den initielle basissannsynligheten for skred på $5,3 \times 10^{-3}$ per år (iboende risiko) gjelder ut fase 0 til januar 2021. De områdestabiliserende tiltakene som er planlagt utført i 2023 og ferdigstilt i 2024 vil trolig ha en effekt på skredsannsynligheten tidligere enn ved utgangen av året.



11 REFERANSER

- 1 NGI; Vurdering av områdestabilitet, SMS-00-A-59002, rev. 05E, 5.juli 2021;
<https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/sandbukta-moss-sastad/miljo/geoteknikk/>
- 2 NGI; Østfoldbanen VL, (Ski) - Moss, Moss stasjon, Harbour, Tsunami Inundation Study, SMS-20-A-59615, rev. 01C, 07.12.2021.
- 3 Bane NOR; Risikostyring sikkerhet – konsernprosedyre STY-604892
- 4 NVE; Sikkerhet mot kvikkleireskred; Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper;
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_07.pdf (utgått)
- 5 NVE; Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper;
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf
- 6 NGI; Vurdering av resultater fra forsøksfelt jetpeler, SMS-00-A-59620, rev. 00E datert 18. november 2021.
- 7 Standard Norge; ISO 31000:2018 Risikostyring – prinsipper og retningslinjer
- 8 Standard Norge; NS 5914:2021 Krav til risikovurderinger
- 9 IPCC; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf
- 10 Bane NOR; Risikoakseptkriterier, revidert januar 2019.
https://www.banenor.no/contentassets/162482648f4c4fc38308ed3a72767416/bane-nors-risikoakseptkriterier_rev.docx
- 11 Safetec; ALARP-vurdering SMS-20-Q-00016, rev 00E, datert 22.09.2022
- 12 NGI; Analyserapport, iboende risiko faresone Moss havn, SMS-20-A-59660 (under utarbeidelse)
- 13 Bane NOR; Geotechnical monitoring plan; SMS-20-A-59609 og SMS-20-A-59609.



Type dokument:

Vedlegg A – Analyselogg, fareidentifikasjon

Rapporttittel:

Geoteknisk risikoanalyse, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingsprosjekt

Kunde:

Bane NOR

Dokument nr. ST-16413-1				
Forfattere Stig B. Stangeland				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Rev.	Dato	Versjon	Utført	Kontrollert
1.0	27.12.2021	Utkast	Stig B. Stangeland	Øystein Skogvang
2.0	14.02.2022	Oppdatert rapport	Stig B. Stangeland	Øystein Skogvang

Innhold

1	INNLEDNING	3
2	ANALYSELOGG	4

1 INNLEDNING

Dokumentet inneholder en oppsummering av fareidentifikasjon og kvalitative vurderinger av risiko i forbindelse med helhetlig geoteknisk risikoanalyse i SMS-prosjektet, gjennomført i arbeidsmøter 12.02.2021 og 21.09.2021.

2 ANALYSELOGG

Risikokategorier:

HØY:	uakseptabel risiko og usikkerhet hvor ytterligere risikoreducerende tiltak <i>må</i> iverksettes
MODERAT:	akseptabel risiko og usikkerhet, men nye risikoreducerende tiltak <i>bør</i> vurderes i forhold til kost/effektivitet
LAV:	akseptabel risiko og usikkerhet, nye risikoreducerende tiltak <i>kan</i> iverksettes dersom hensiktsmessig

Aktiviteter: Prosjektering og utførelse

Prioritet (Pri.): A – anbefaling, O - observasjon

ID	Ledeord	Farebeskrivelse	Årsaker	Konsekvens	Risiko	Eksisterende risikoreduerende tiltak	Risikoreduerende tiltak fra 12.02.2021.	Nye anbefalte sannsynlighetsreduerende tiltak	Restrisiko	Kommentarer	Pri.	Ansvarlig
1.1	Samtidige aktiviteter	Manglende oversikt og styring med anleggsaktiviteter	Mangelfull planlegging og ledelse	Økt sannsynlighet for kvikkleire-skred	Høy	-	Vurdere å ta i bruk et system for arbeidstillatelse som sikrer oversikt over planlagte aktiviteter.	<ol style="list-style-type: none"> 1) BN skal ha tilstedeværelse med geoteknisk kompetanse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider 2) Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid, kl 07:00 – 19:00 3) Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet 4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak» 5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (ofte ved behov) – møtene skal dokumenteres 6) Sikre at utførte risikovurderinger blir videreført til EPC-arbeidene (gjort kjent og forstått) 7) Tilrettelegge for mest mulig direkte kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende, f.eks. mellom NGI og Keller i arbeidet med grunnforsterkning 8) Innføre bruk av «trafikklys-system for å sikre at planlagt rekkefølge av aktiviteter blir etterlevet 	Moderat	<p>Innføring av system for arb.tillatelser er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak.</p> <p>MossIA:</p> <p>- Tiltakene 4 og 5 vil kreve ytterligere ressurser, mer tid og kostnad for MossIA og deres underleverandører</p> <p>- Innføre bruk av «trafikklyssystem» for å sikre at planlagt rekkefølge av aktiviteter blir etterlevet</p>	A	Bane NOR (BN) / MossIA

1.2	Værforhold	Svekket stabilitet, kollaps i grunnen.	Tele, permeabilitet, poretrykk, vanninnhold i grunnen, med påfølgende trykk på kvikkleiren, kan øke sannsynligheten for at leiren kolliderer.	Økt sannsynlighet for kvikkleireskred	Lav	-	Planlegge at aktiviteter som kan virke skredutløsende blir utført på værmessig gunstige tidspunkt	Tilgang på tilbakefyllingsmasser for rask tilbakefylling av utgravinger ved tegn til ustabilitet	Lav	Prosjektet bør komme innenfor gode nok sikkerhetsmarginer til at årstider ikke skal ha betydning for om risikoen er akseptabel eller ikke.	A	MossIA / (BN)
1.3	Samhandling	Manglende faglig engasjement og innspill til byggherrens løsninger og føringer.	Kulturforskjell, dårlig samarbeidsklima	Mulig at man ikke får belyst de best mulige løsningene – praktisk og sikkerhetsmessig	Lav	-	Samle nøkkelroller fra tot.entrepenør og prosjekterende + ev. andre til en «samling» for å diskutere hvordan samhandling og informasjonsflyt internt i prosjektet kan bli bedre	-	-	Interaksjonen; byggherre og totalentreprenør er viktig – blant annet er byggbarhet et sentralt tema.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.4	Entrepriseform	-	-	-	-	-	-	-	-	Entrepriseform og økonomi; - besluttet i workshop som et uaktuelt tema for denne analysen	O	-
1.5	Toleranser	Utilstrekkelige sikkerhetsfaktorer knyttet til muligheten for kvikkleireskred	-	Usikkerhet om når grunnforholdene er å anse som helt sikre	Høy	I anleggsområdet i Moss skal alle endringer resultere i tryggere grunnforhold enn det var før bygging av dobbeltspor.	1) Ny vurdering av sikkerhetstilstanden i grunnforholdene etter at alle de 12 tiltakene benevnt i aktuell NGI-rapport er gjennomført. 2) Vurdere «second opinion» (ekspertise) av faretilstanden for kvikkleireskred.	-	Moderat	NGI: Etter at stabilitetsforbedrende fysiske tiltak er iverksatt vil fortsatt være noe usikkerhet, selv om grenseverdiene innfrir definerte krav. Sikkerhetsfaktorer etterlever krav i aktuelt regelverk, og er grundig vurdert, slik at det ikke lenger er belegg for å si at sikkerhetsfaktorene er «utilstrekkelige». Områdestabiliteten anses som grundig vurdert nå i ettertid, ref. debattinnlegg i	O	-

									Dagsavisen fra NGI 31.08.2021.			
1.6	Grunnforhold	Manglende geoteknisk erfaringsgrunnlag	-	Usikkerhet knyttet til hvilke grenseverdier / sikkerhetsfaktor som kan legges til grunn for farevurdering (kvikkleireskred)	Høy	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere forsterket instrumentering / overvåkning 2) Valgt å gå bort fra kalk-sement-stabilisering, gjør jetpøling isteden. Hentet inn erfaringer fra forsøksfeltet (Gjelder Kransen Øst) 3) Etablering av fagråd med uavhengig geoteknisk ekspertise 	-	Moderat	<p>Usikkerheten er konkret relatert til lokale grunnforhold. Det foreligger heller ikke erfaring eller praksis for hvilke grenseverdier som bør settes for instrumentering og overvåkning.</p> <p>Det er gjort et omfattende arbeid med å øke kunnskapsnivået knyttet til erfaringsgrunnlag m.m.</p> <p><i>Gjenstår å konkludere erfaringene fra forsøksfeltet, men foreløpig ser det ut til at det fungerer.</i></p>	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.7	Kompetanse	Manglende kompetanse	-	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt	Moderat	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere en verifikasjon (kontroll) av kompetanse og ferdigheter til et utvalg personell som har kritiske/viktige roller i anleggsarbeidet. 2) Intensivere SHA-arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA-plan, samt opplæring av utførende personell. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere ytterligere oppfølging av grenseflaten mellom rådgiver og entreprenør, for å sikre at utførelsen skjer iht. plan. 2) Verifisere at «riktig» kompetanse blir tilført til de ulike rollene og oppgavene i prosjektet 	Moderat	<p>Opplæringsprogram etablert for alle som skal jobbe på anlegget. Skal være svært lav terskel for å melde fra.</p> <p>MossIA: Ønsker spesifisering av hvem / hvilke roller som skal delta på opplæringsprogrammet</p>	A	PL Eirik Hansen (BN)

1.8	Sam-handling/ fremdrift	Parallell prosjektering på ulike moden- hetsnivåer	Prosjektering på ukoordinert grunnlag. Bl.a. pga. tidspress.	Økonomiske tap og forsinkelser, løsninger som ikke fungerer fordi man ikke har fått prosjektert hel- hetlig med samme moden- hetsnivå.	Moderat	-	-	Vurdere om prosedyre og praksis for kvalitetsstyring(sikring) er tilfredsstillende	Moderat	Kommet betydelig lenger med prosjekteringen siden februar. Denne anbefalingen er generell og relevant for hele IC SMS-prosjektet som sådan.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.9	Risiko- forståelse	Manglende risikoforståelse hos utførende entreprenør / personell	Kulturforskjeller og mangelfull opplæring	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt	Moderat	Sikker-jobb-analyse + før- jobb-samtale skal gjennomføres og dokumenteres	1) Intensivere SHA- arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA- plan, samt <i>opplæring</i> av utførende personell. 2) Eget kurs for arbeid i sentrum (geoteknikk, samtidighet, faresignaler, ++)	-	Lav	Alle på anleggsplassen skal få en felles forståelse for hva det faktisk innebærer å jobbe i et område med fare for kvikkleireskred.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.10	Samtidighet	Samtidige aktiviteter som medfører manglende oversikt <i>(Ref. til ID 1.1)</i>	Dårlig planlegging og arbeidsledelse	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt, og økt sannsynlighet for kvikkleire- skred	Moderat	-	1) Vurdere å ta i bruk et system for arbeidstillatelse som sikrer oversikt over planlagte aktiviteter. 2) Intensivere SHA- arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA- plan, samt <i>opplæring</i> av utførende personell.	1) BN skal ha tilstedeværelse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider 2) Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid 3) Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet 4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak» 5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (oftere ved behov) –	Moderat	Innføring av system for arb.tillatelser er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak. Denne farebeskrivelsen er overlappende med ID 1.1	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI

							møtene skal dokumenteres					
1.11	Rekkefølge	Manglende etterlevelse av rekkefølgekrav ved utførelse av arbeider ute i felt.	Manglende koordinering, forståelse/misforståelser mellom rådgiver og utførende?	-	Moderat	Sikker-jobb-analyse, før-jobb-samtale. Regelmessige møter mellom byggherre, totalentreprenør og utførende entreprenør(er).	-	SAMME TILTAK SOM BESKREVET I ID 1.10 (over)	Moderat	Er det mulig å forbedre 3-D-verktøyene man har med også å få inn tidsdimensjonen?	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI
1.12	Prioritering	Feilvurdering av område-stabilitetstiltakenes kritikalitet/effekt (betydning)	Mangelfull «felles» risikoforståelse	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	-	Gjennomføre en systematisk «rangering» av <i>hvilke</i> stabilitetsforbedrende tiltak som er mest kritiske å følge opp.	-	Moderat	NGI: Ingen hensikt i å rangere områdestabilitets-tiltakene, alle tiltakene er viktige og alle må gjøres som planlagt/prosjektert. Man må fortsatt gjøre kontraksarbeidet korrekt og i rett rekkefølge selv om man har gjort en forbedring av stabiliteten i forkant. Må ikke bruke forbedring i forkant som «sovepute» når man senere utfører arbeider som isolert sett kan forverre sikkerheten. Må også sees i sammenheng med EPC-arbeidene. MossIA: Kommentarene fra NGI underbygger behovet for en tydelig beskrivelse av rekkefølgen av arbeidene knyttet til SMS2A og utgravingen og grunnarbeidet. Ved å diktere (bestemme) rekkefølgen er disse arbeidene ikke lenger å anse som EPC.	O	-

1.13	Kompetanse	Manglende kunnskap om inndeling av sonene blant utførende personell	-	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	-	-	1) Sikre tydelig kommunikasjon om de forskjellige sonenes inndeling 2) Fysisk avsperring mellom de ulike sonene vil kunne være et forsterkende tiltak. 3) Det skal komme frem entydig av arbeidsgrunnlaget hva som skal gjøres hvor 4) Utarbeide en sonespesifikk oversikt som illustrerer dekningsgraden til hvert enkelt overvåkingsinstrument	Moderat	MossIA: Ville vært til stor hjelp om man kunne utarbeide oversikt over instrumentenes dekningsgrad	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI
1.14	Grunnforhold	Manglende grunnundersøkelser	-	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	1) Grunnundersøkelser er utført hovedsakelig på flatt område 2) Tredjepartskontroll av områdestabilitetsrapporten	Gjennomføre ytterligere grunnundersøkelser - spesielt i aktuelle skråninger.	-	Moderat	Supplerende grunnundersøkelser er nå gjennomført, i tillegg gjøres det undersøkelser i detaljprosjektering, og i forbindelse med instrumentering. Omfang av grunnundersøkelser er tatt opp og diskutert i fagrådet.	O	-
1.15	Organisasjon	Uklar organisering, roller og ansvar	-	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen	Moderat	Prosjekteringsmøter, byggemøter og koordineringsmøter + andre møter.	Utføre en helhetlig gjennomgang av hvordan organisasjonen er satt opp, inklusive evaluere rapporteringsveier og hvordan man sikrer at det enkelte prosjektmedlem mottar relevant og oppdatert informasjon.	-	Lav	Bane NOR har gjennomført en omfattende omorganisering som innebærer en tydeligere beskrivelse av roller og ansvar – og har kortet ned rapporteringsveier. I sum innebærer endringen at BN er	O	-

1.16	Erosjon	Erosjon under / i eksisterende terreng	Grunnvannsårer, samt ev. lekkasje fra VA-rør i nærområdet. Erosjon ved kaikant.	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	Erosjon ved Moss Havn kaikanten er planlagt ivaretatt gjennom områdestabilitetsrapporten, arbeid igangsatt.	Kartlegge grunnvannsforkholdene nærmere, for man vet ikke om det finnes «underjordiske elver».	-	Moderat	operativt «tettere på» arbeidene som skjer ute på anleggsplassen. Uklart om det er en antagelse, eller om det er fakta at det er slike grunnvannsårer gjennom anleggsområdet. Erosjon ved område Moss havn: Det er en del gamle VA-ledninger, brudd med lekkasje fra disse vil kunne gi problemer i kvikkleireskråninger.	A	PL Eirik Hansen (BN)	
1.17	Utstyr	Utstyrssvikt	Manglende vedlikehold og kontroll	Forsinkelser	Lav	-	Utføre en kritikalitetsvurdering av involvert utstyr for å sikre back-up og reservedeler for kritisk utstyr og instrumentering.	-	Lav	HMS fare primært, kan i ytterste konsekvens bli rotårsak for kvikkleireskred. MossIA: Er usikre på hvilket utstyr det er tale om Safetec: Det er MossIA som best kan peke ut utstyr som de mener er kritiske for sine arbeidsoperasjoner	A	MossIA – v/navn	
1.18	Kultur og språk	Misforståelser blant utførende personell og mellom prosjektering og utførende entreprenør	Forskjellig kultur og språk	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen og økt sannsynlighet for kvikkleireskred.	Rød	Tegningsunderlag. Sikker-jobb-analyser, “før-jobb-samtaler». (Slike tiltak har stått i kontrakten fra dag 1.)	Økt bruk av kontrollingeniører i felt. Vurdere behov for arbeidstillatelse.	<ol style="list-style-type: none"> BN skal ha tilstedeværelse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet 	Moderat	Innføring av system for arb.tillatelse er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak. Manglende kommunikasjon mellom aktører i store prosjekt er generelt et vesentlig risikomoment. Særlig viktig med god samhandling mellom	A	PL Eirik Hansen (BN)	

								<p>4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak»</p> <p>5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (oftere ved behov) – møtene skal dokumenteres</p>		<p>prosjekterende og utførende.</p> <p>Sikrer at man i alle arbeidslag har personer som kan kommunisere på norsk/skandinavisk, engelsk og/eller tysk.</p> <p>Før jobb-samtalen har et sterkt fokus, og er strengere formalisert og fulgt opp enn hva som har vært vanlig før.</p>		
1.19	Kapasitet	Manglende kapasitet – gjelder særlig innen geoteknikk	Sykdomsfravær	Økt tidspress og stress for det øvrige personellet – økt fare for menneskelig feilhandling.	Moderat	-	-	<p>1) BN har allerede kontinuerlig søkelys på å rekruttere geoteknikere</p> <p>2) Økt fokus på organisering av geotekniske ressurser og deres rolle inn i kontrollarbeidene</p>	Moderat	Kapasitetsmangel kan være en utfordring generelt i prosjektet. Det er knapphet på geoteknikerressurser.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.20	Ytre miljø	Utslipp av kjemikalier eller annen skade på ytre miljø og fauna	-	Forurensning og kontaminering	Lav	Hensyn til ytre miljø blir håndtert i SHA-plan og KU-rollen	-	-	Lav	Lite relevant for skred.	O	-
1.21	Samarbeid	Dårlig samarbeidsklima i prosjektet	-	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen.	Moderat	-	Ta initiativ til et forberedt møte med aktuelle parter og kontraktører for å ha en åpen og ærlig «utluftning» om ev. utfordringer. Outputen kan være noen enkle forpliktende «kjøreregler» for veien videre.	Vurdere felles «feiring» for oppnåelse av prosjektmilepæler	Lav	Moss kommune uttrykte ønske om bedre og mer informasjon om prosjektet som sådan.	A	PL Eirik Hansen (BN)

1.22	Beredskap	Manglende beredskapsplan	-	Økt fare for skade på mennesker, ytre miljø og eiendom	Lav	Beredskapsplan for anleggsfasen er etablert	-	-	Lav	Beredskapsplan er oppdatert	O	-
1.23	Fremdrift	Oppdrevet tempo i fremdriften	Diverse ytre press på ferdigstillelse av byggeprosjektet	Økt fare for skade på mennesker, ytre miljø og eiendom – økt sannsynlighet for kvikkleireskred.	Moderat	-	Vurdere «taket» i fremdriftsplanen – om milepæler bør revurderes for å tilrettelegge for en enda sikrere prosjektgjennomføring. En har tatt seg tid til å gjøre en rekke grundigere undersøkelser og ev. omprosjektering siste året.	Planlegge fremdriftsplan / tempoplan som tilrettelegger for tilstrekkelig tid til å oppdatere arbeidsgrunnlag, samt utføre kvalitetssikring som gjelder endringer	Moderat	For eksempel: Ikke for mange jetpæler hver dag, ikke «vått-i-vått» etc., en skal ta seg tid til å gjøre grundige arbeider, det skal ikke være tidspress eller penger å spare på å jobbe raskt. Dette er håndtert i kontraktene.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.24	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Moss kommune utfører arbeid utenfor definert BN-anleggsområde – og som kan påvirke områdestabiliteten.	Misforståelser og/eller manglende kommunikasjon mellom Moss kommune og BN IC SMS-prosjekt. De samtidige arbeidene kan hver for seg være trygge å utføre, men kan i kombinasjon utløse eller medvirke til utløsning av kvikkleireskred.	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	Dialog – ukentlige/hver 14-dag er det møter mellom prosjektet og kommunen.	-	Vurdere hvem som bør delta i møtene, samt fokus i de regelmessige møtene mellom kommunen og prosjektet – risiko knyttet til fare for kvikkleireskred bør være fast punkt på alle(?) møtene. Referat, deltakelse og dokumentasjon fra disse møtene skal kunne fremlegges.	Moderat	Tett og fortløpende kommunikasjon mellom IC SMS-prosjektet og Moss kommune vurderes som viktig – særlig for tidsperioden inntil alle stabilitetsforbedrende fysiske tiltak er gjennomført. Stikkord: VA-ledninger/gravetillatelser, arbeidsvarsling offentlig veg (vegeier som er kommunen, fylkeskommunen eller Statens vegvesen) Dette må håndteres både når det er kommunen selv som er tiltakshaver/byggerherre/eier prosjektet, og når det er andre som ønsker å utføre f.eks. et	A	PL Eirik Hansen (BN) / Moss kommune

									gravearbeid i eller i nærheten av aktuelt område. Blir det en byggesak , så er det systemer for å fange det opp. Der plan- og bygningsloven regulerer hva som skal gjøres og hvordan det skal gjøres , så vil man normalt være godt dekket ved å følge kravene der.			
1.25	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Private aktører utfører arbeid/tiltak utenfor BN sitt definerte anleggsområde og som kan bidra til kvikkleireskred.	Privat tiltakshaver ikke godt nok kjent med kvikkleirefarer og kommunens restriksjoner.	-	Moderat	-	-	Det må undersøkes om man har hjemmel i regelverket til å innføre strengere restriksjoner for private. <i>Hjemmel er på plass.</i> Moss kommune har bestemmelser som tillater å innføre strengere restriksjoner for en gitt periode	Moderat	Områdestabilitetsrapporten angir noen områder hvor det anbefales å etablere strengere restriksjoner enn det som gjelder iht. PBL. Noen steder kan det f.eks. være problematisk å fylle inntil 1,5 meter uten å søke byggetillatelse.	O	-
1.26	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Brudd i ledningsnett, VA-ledninger	Gammelt ledningsnett, noe fra 1990-tallet, også noe fra 1940-tallet.	-	Moderat	-	-	1) Det vil her kunne være nødvendig å rådføre seg med geotekniker før man utfører gravearbeid, og strakstiltak for å reparere et akutt ledningsbrudd. 2) Vurdere å definere / identifisere «trygge» områder der vannledningene ikke ligger lenger nede enn 1-1,5 meter i grunnen, mens der det ligger dypere, må man kanskje gjøre	Moderat	Gammelt ledningsnett er et mulig skred-påvirkende forhold, men det gjelder generelt og uavh. av IC SMS-prosjektet.	A	Moss kommune

							grundigere vurderinger. Den kartleggingen kan geotekniker gjøre i forkant.				
1.27	Grensesnitt	NY 21.09.2021: «Kabelaktører» som graver på konsesjon, kun på gravetillatelse, som kan sette i gang uten at «regimet» med byggetillatelse er i bruk.	-	-	Moderat	-	Kartlegge hvem disse aktørene kan være og ev. etablere en dialog med dem for å unngå at disse iverksetter gravearbeider som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav		A	Moss kommune
1.28	Grensesnitt	NY 21.09.2021 Statens vegvesen, fylkeskommunen, som vegeiere utfører arbeid som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	-	-	Moderat	-	Etablere en dialog med dem for å unngå at det iverksettes gravearbeider som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav	Moss kommune: Skal Bane NOR sette opp dialog i allerede eksisterende møteserier, eller hvordan løser vi dette både i og utenfor prosjektet?	A	Moss kommune
1.29	Grensesnitt	NY 21.09.2021 Mellomdeponering av masser eller varer ved Rockwool og Moss havn.	-	-	Moderat	-	Etablere en dialog med dem for å unngå mellomdeponering som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav	Må ha kontroll på omfang og unngå at det blir for mye, for da kan en få lokale grunnbrudd etc., og det kan påvirke stabiliteten, og i verste fall utløse kvikkleireskred. Moss kommune: Havnen må også ha ansvar for sine aktiviteter som en egen bedrift	A	PL Eirik Hansen (BN) / Moss kommune / Moss havn

Type dokument:

Vedlegg B- Hendelsestrær

Rapport-tittel:

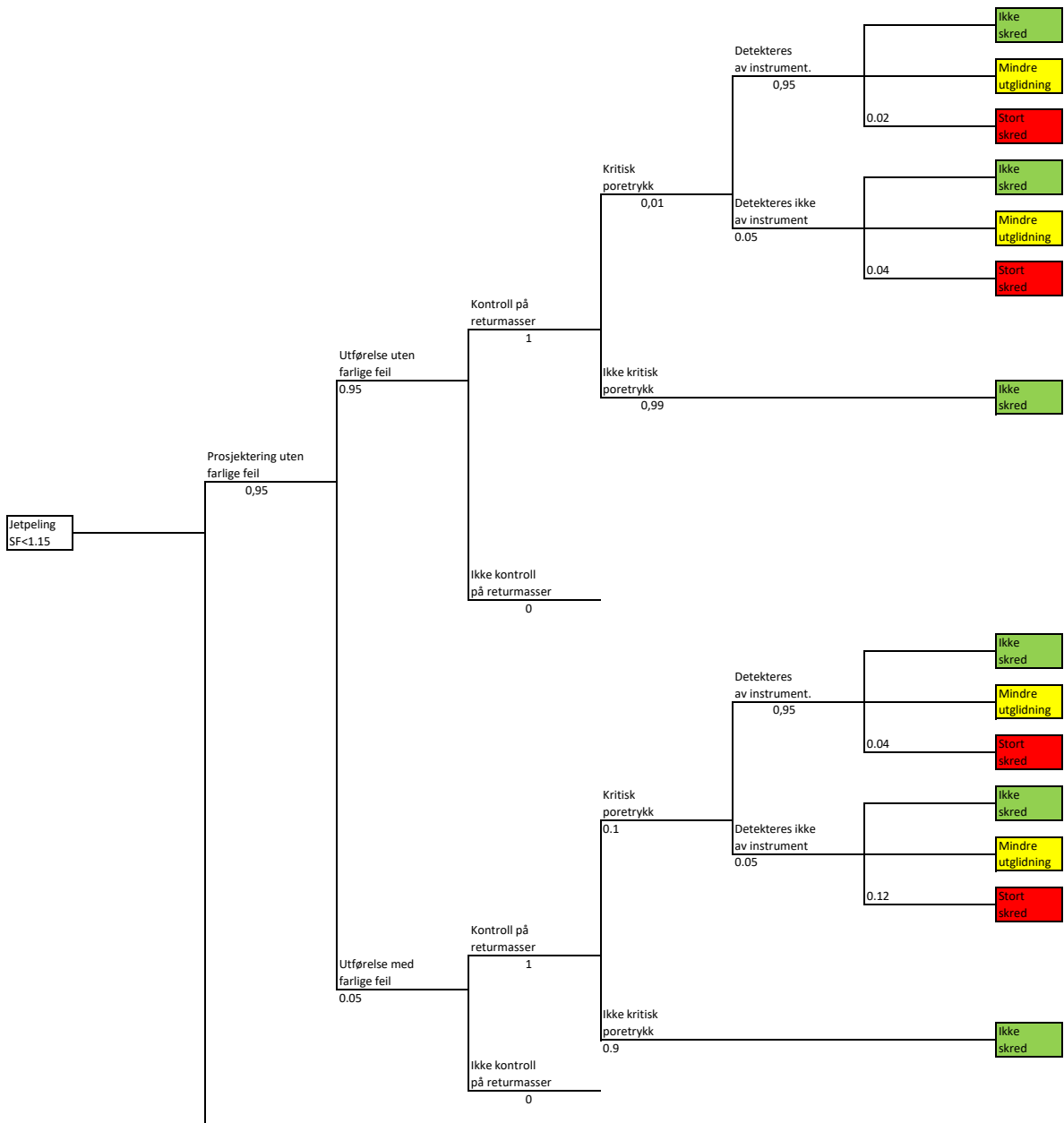
Geoteknisk risikoanalyse, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingsprosjekt

Kunde:

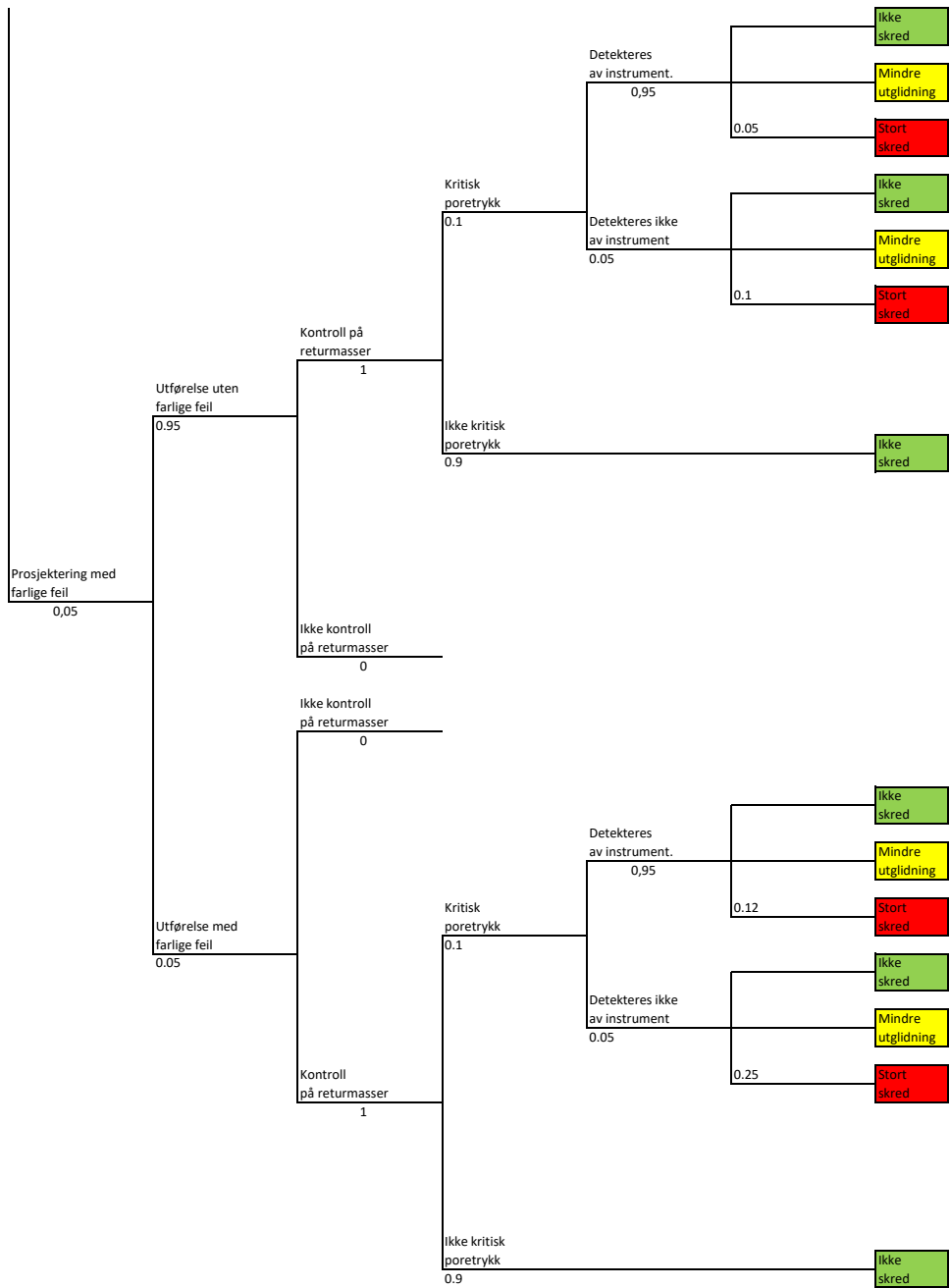
Bane NOR

Dokument nr. ST-16413-1				
Forfatter(e) Ø. Skogvang				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Revisjon	Dato	Grunn for revisjon	Kontrollert	Godkjent
4.0	16.02.2023	Oppdatert rapport	B.lms	A.Skogset

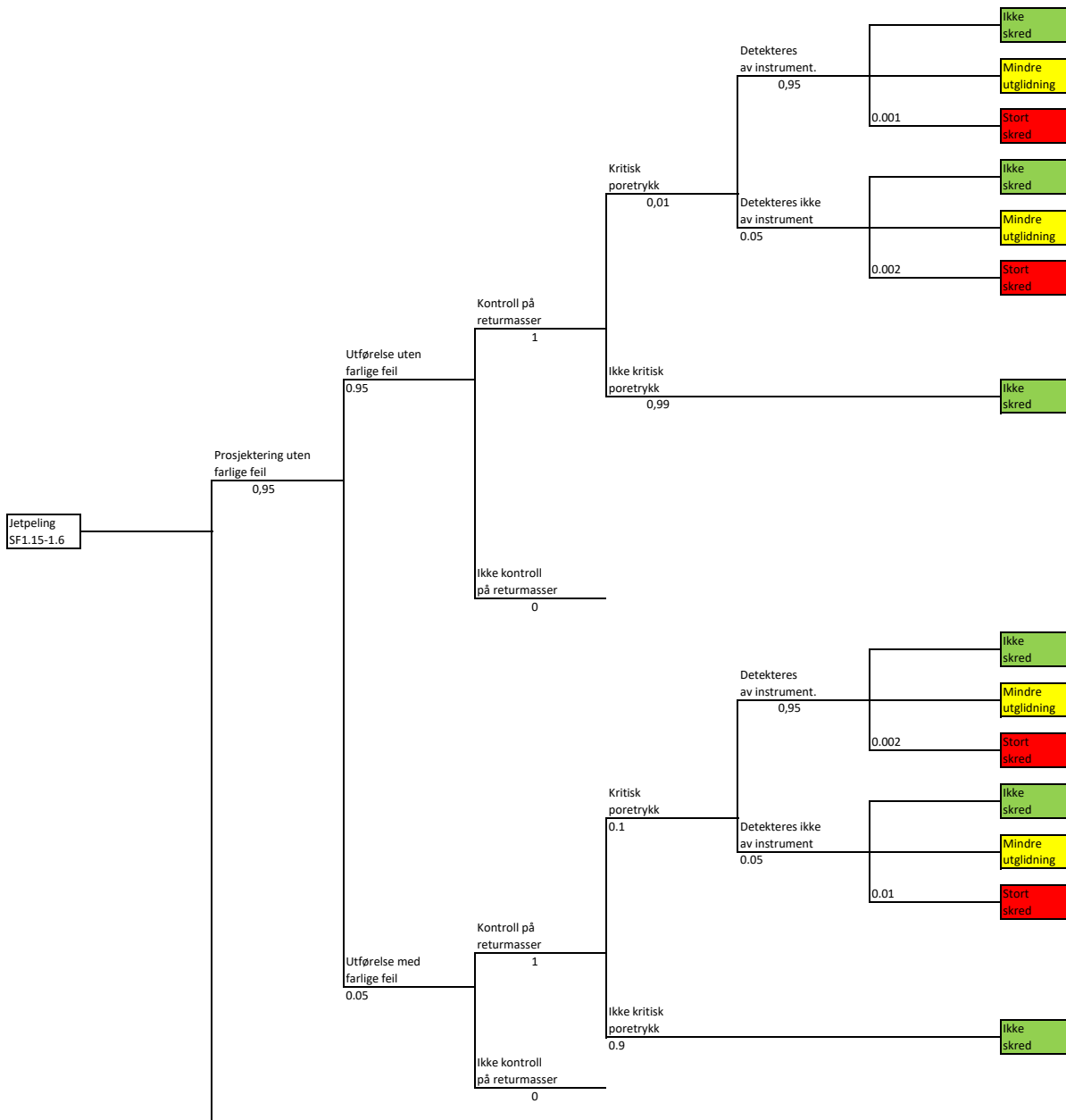
Jetpeling



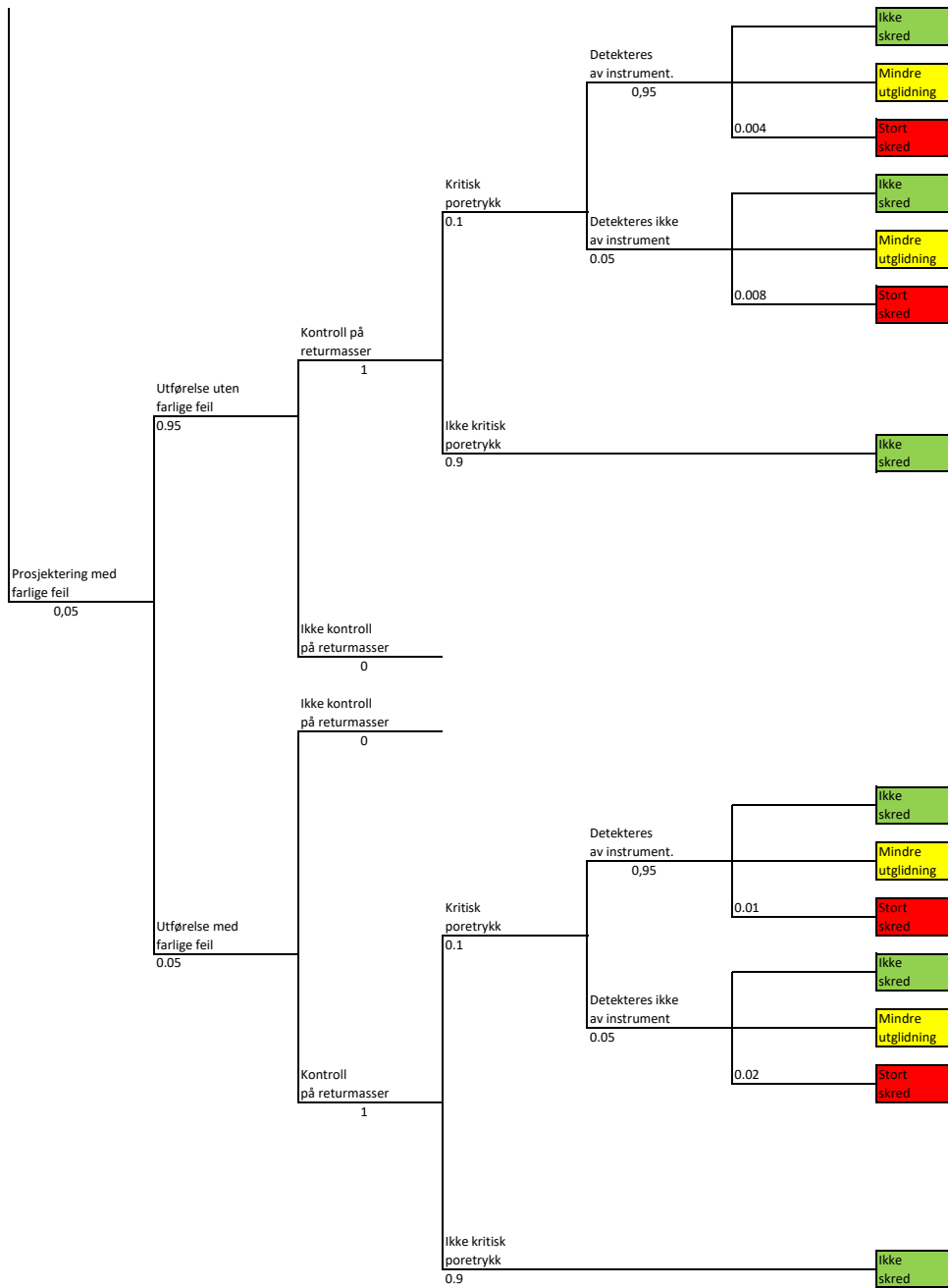
Jetpeling



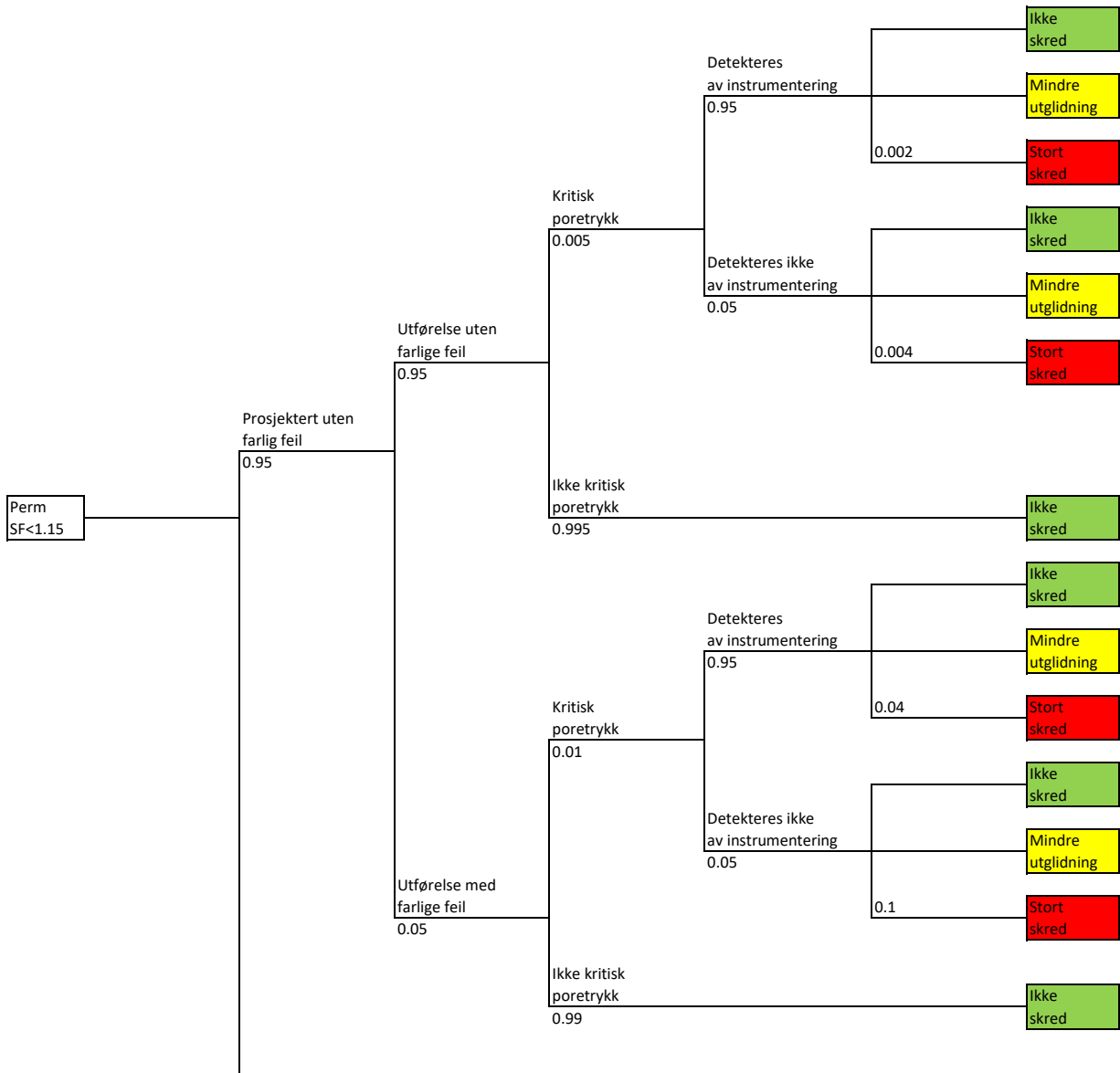
Jetpeling



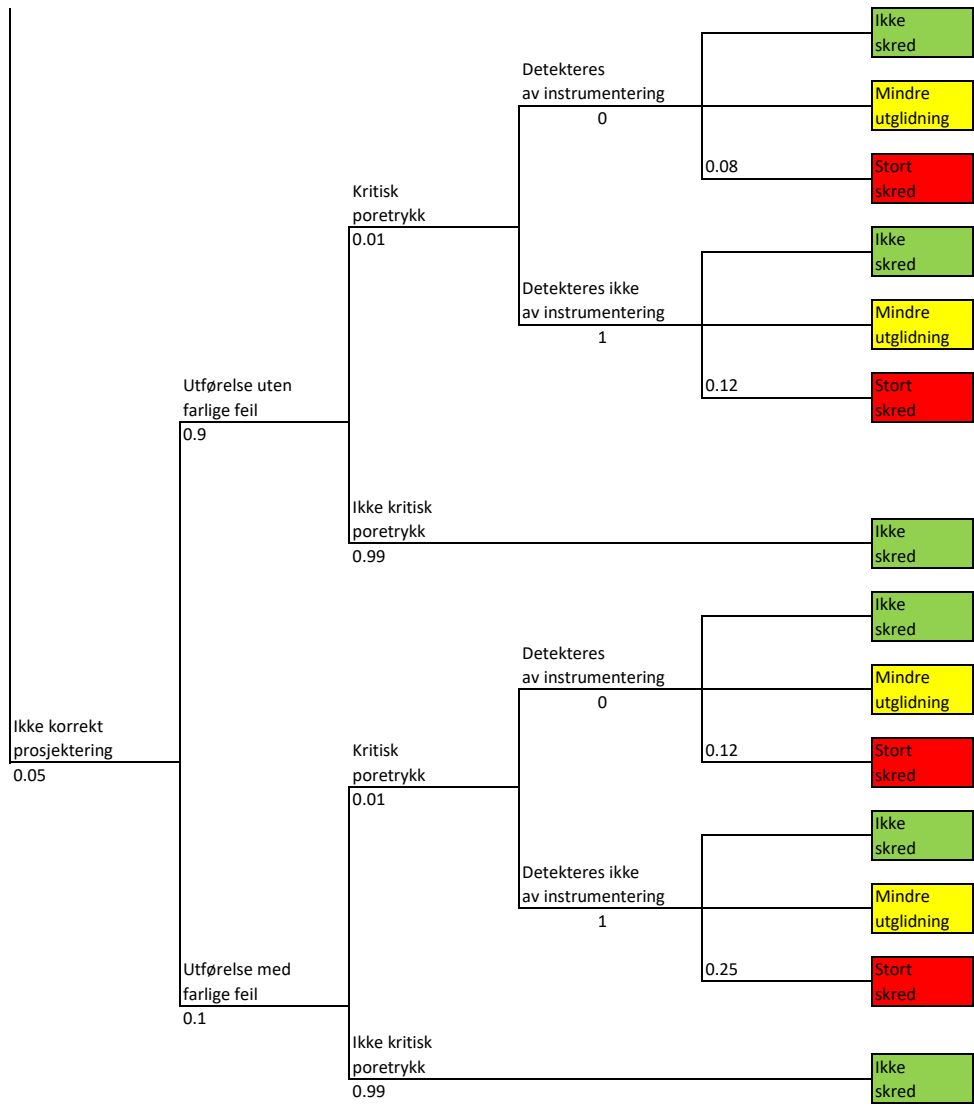
Jetpeling



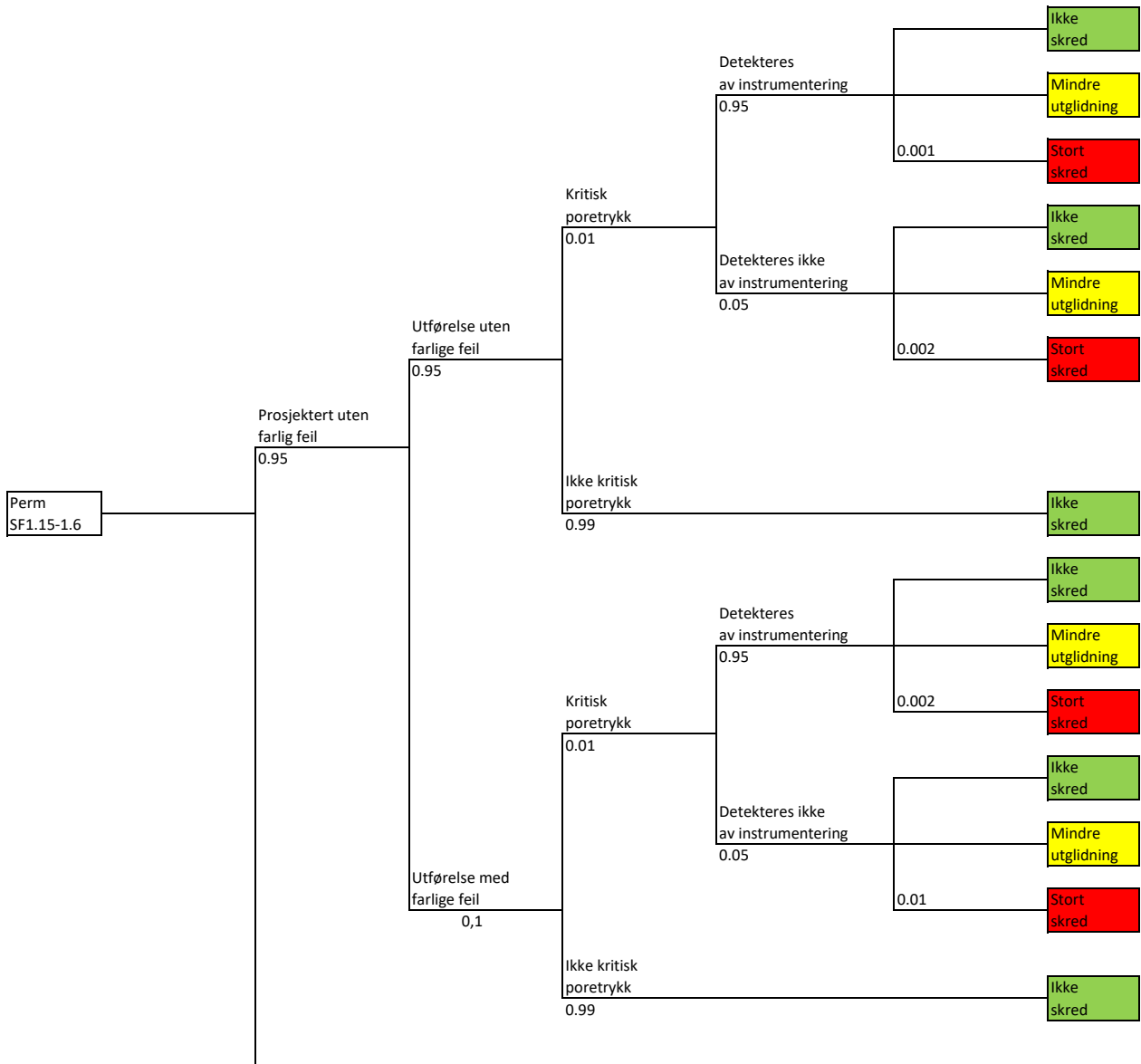
Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.



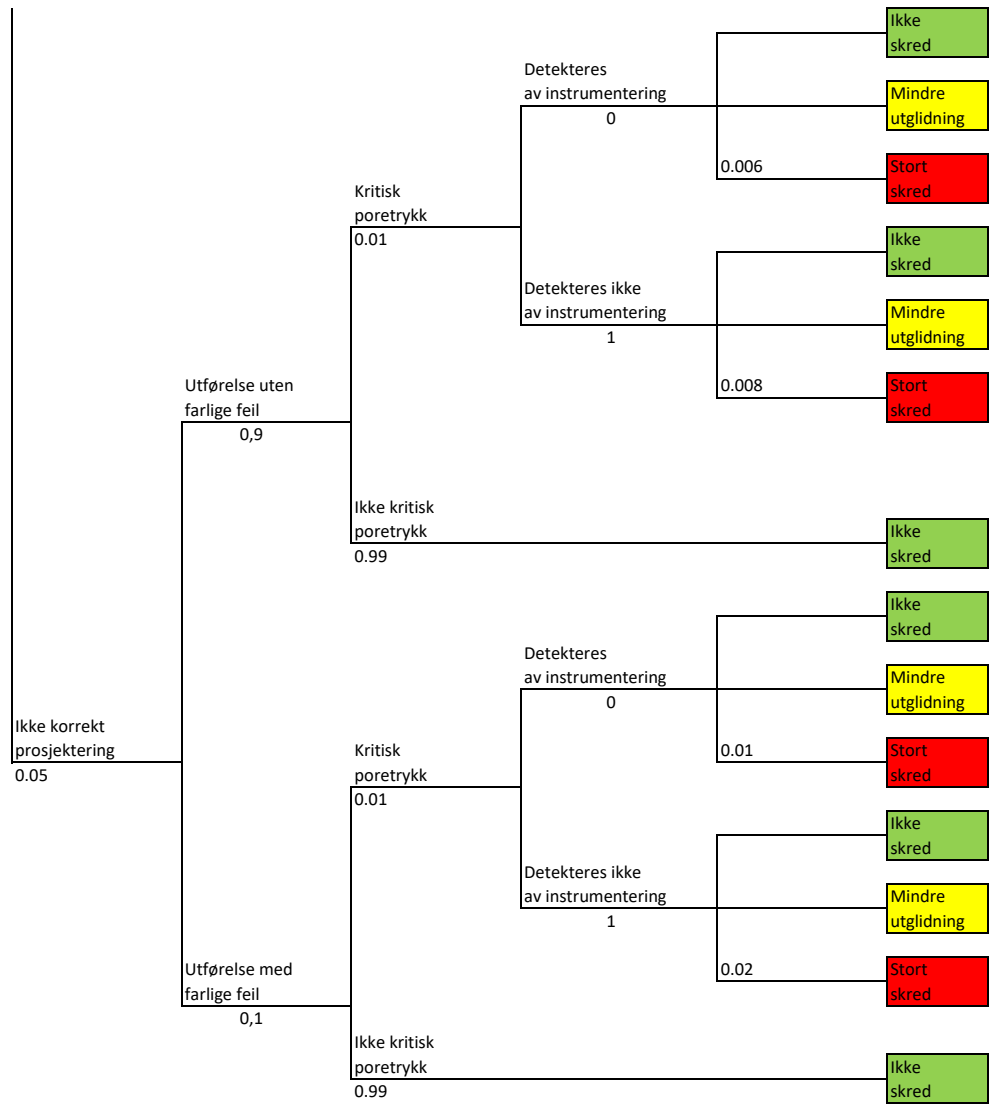
Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.



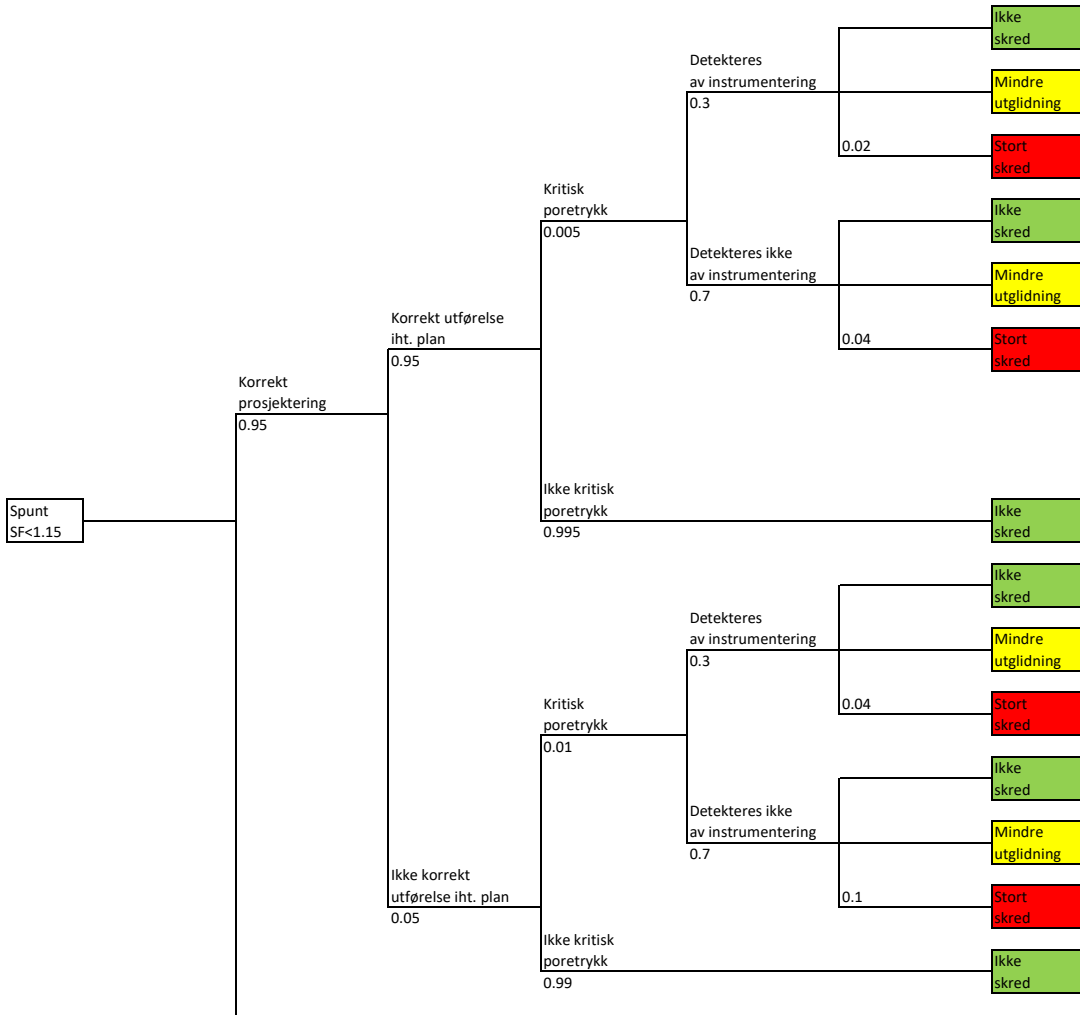
Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.



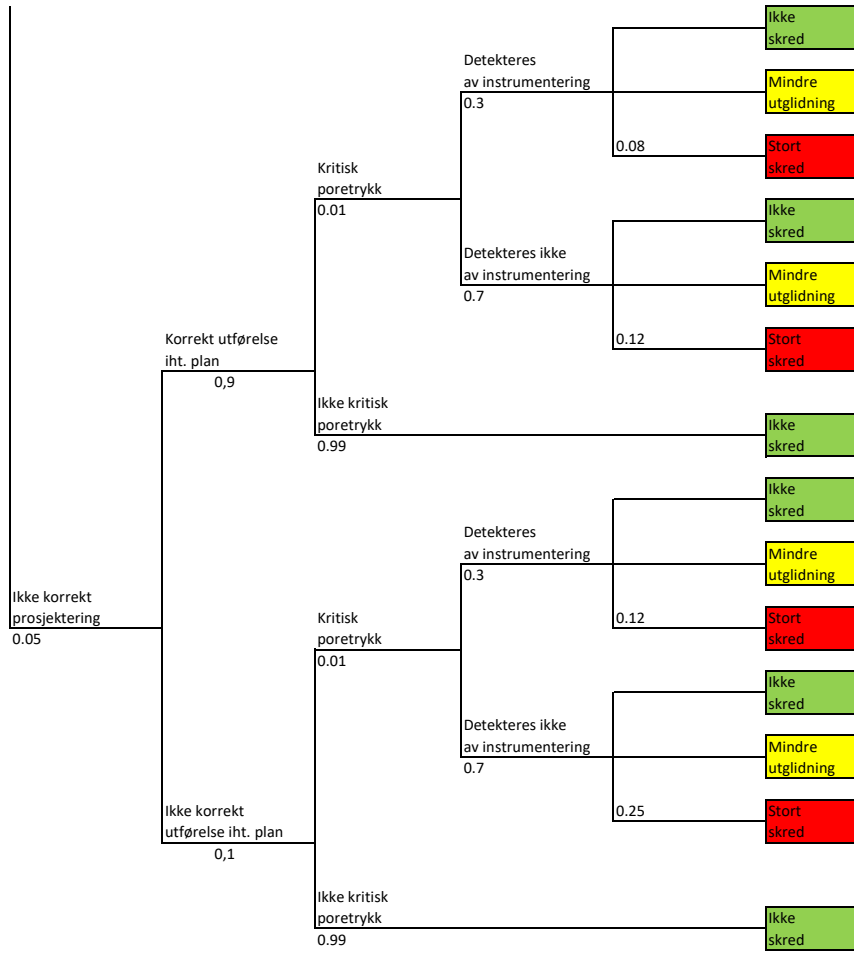
Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.



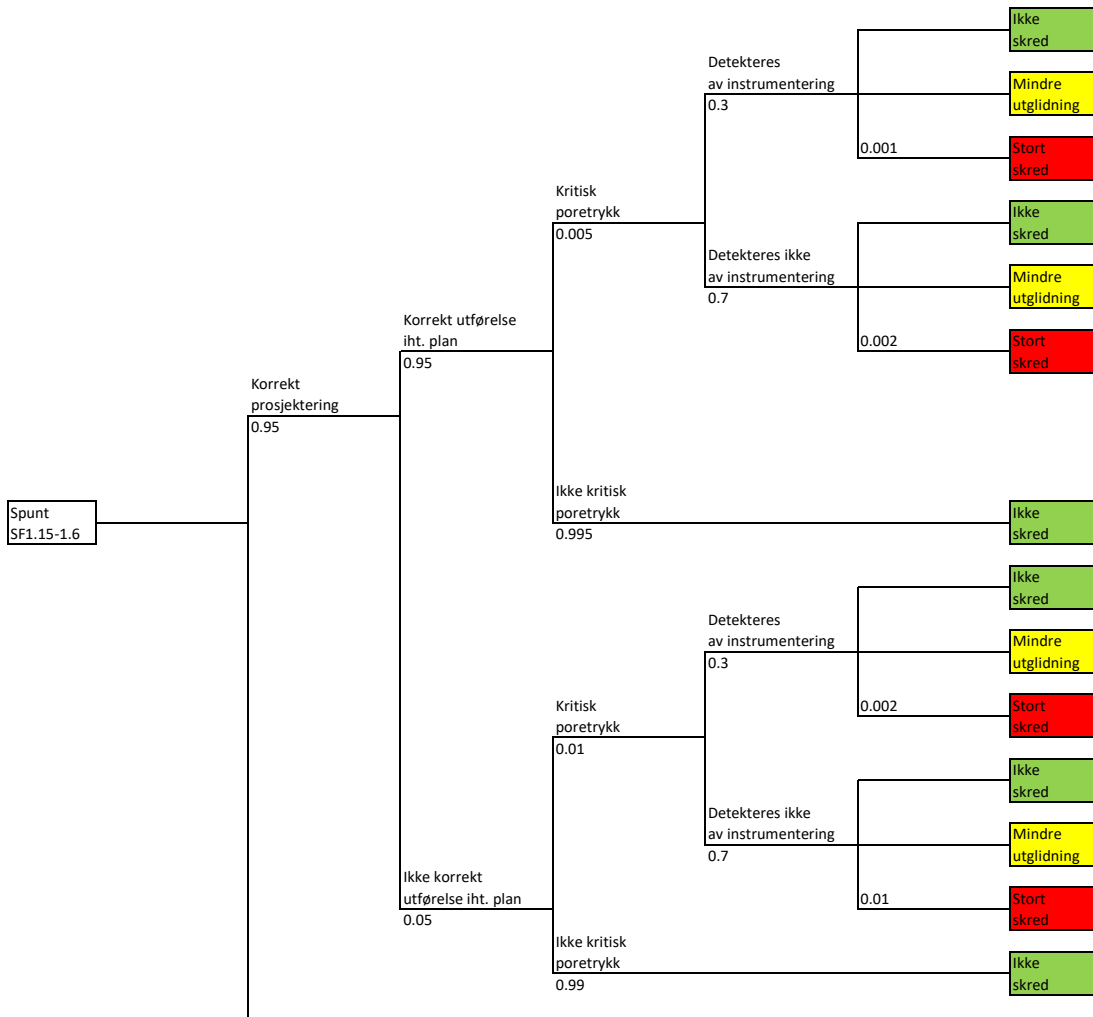
SpuntRockwool



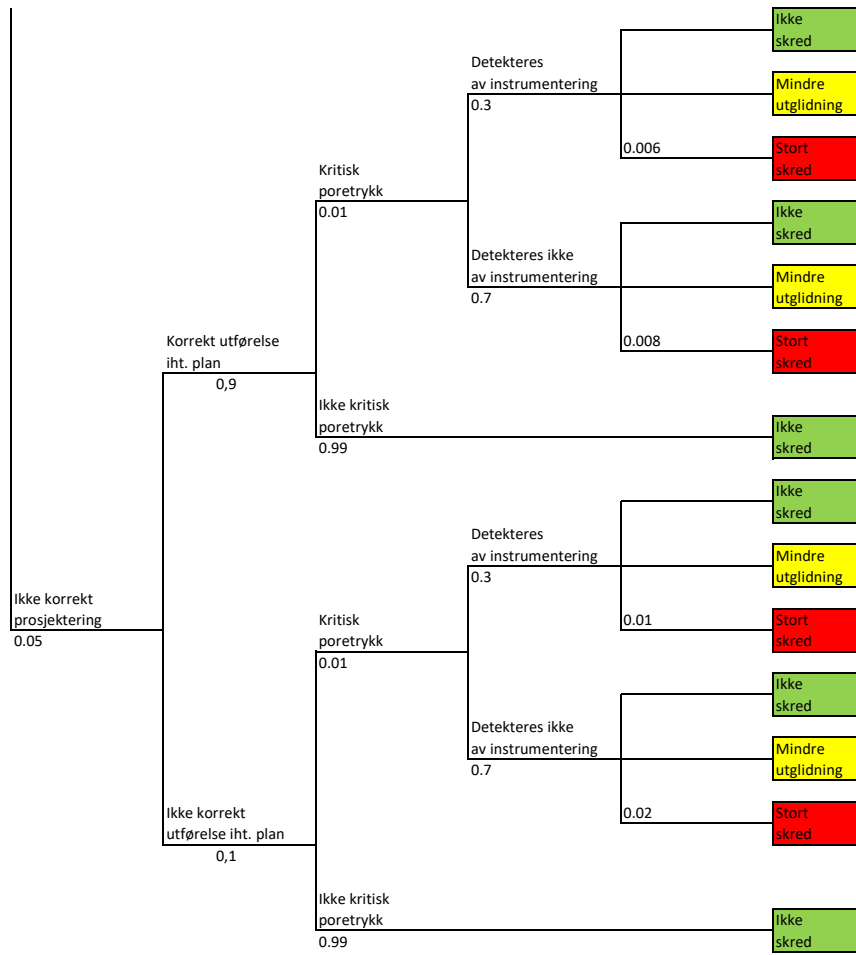
SpuntRockwool



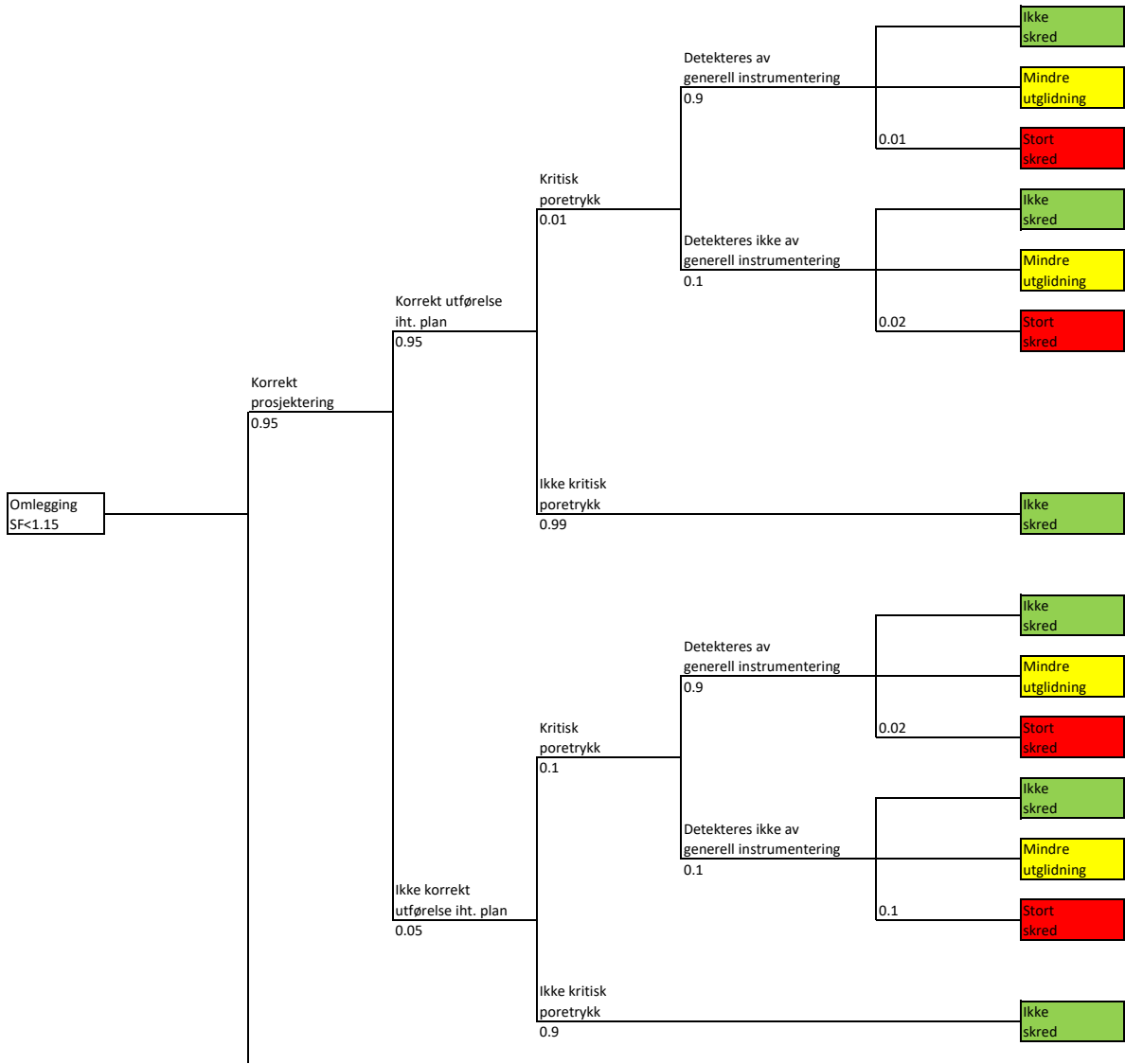
SpuntRockwool



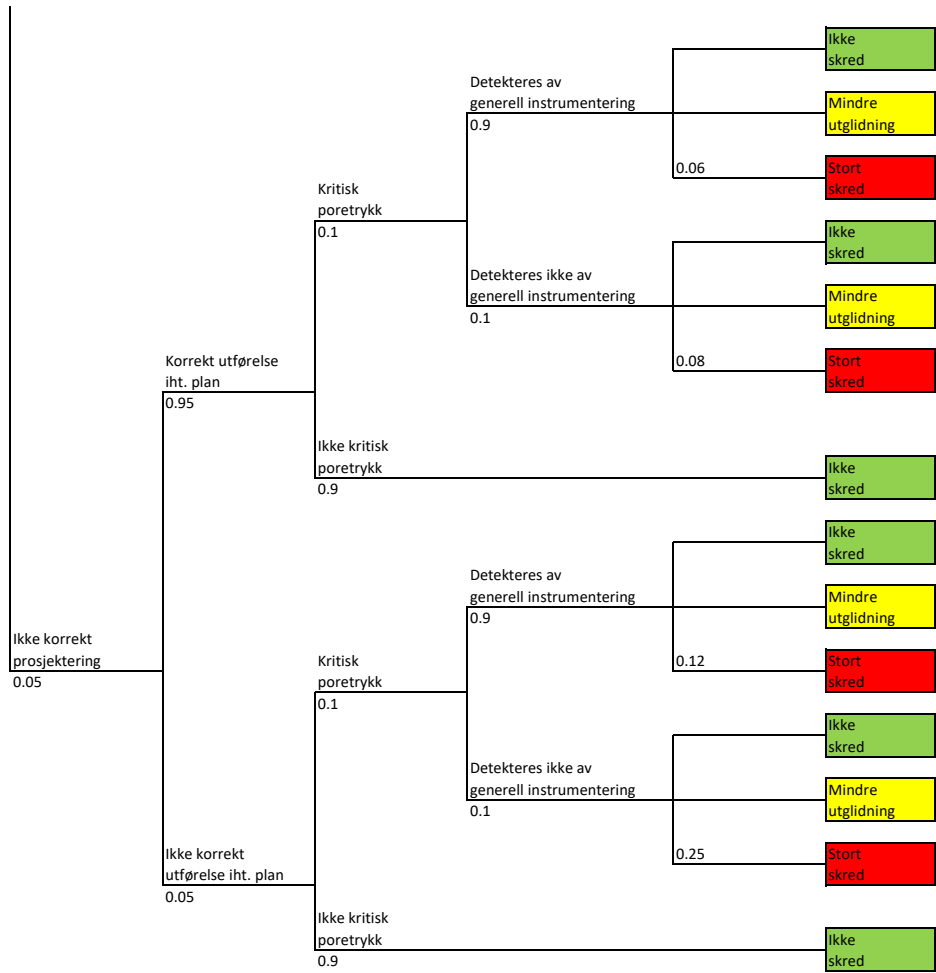
SpuntRockwool



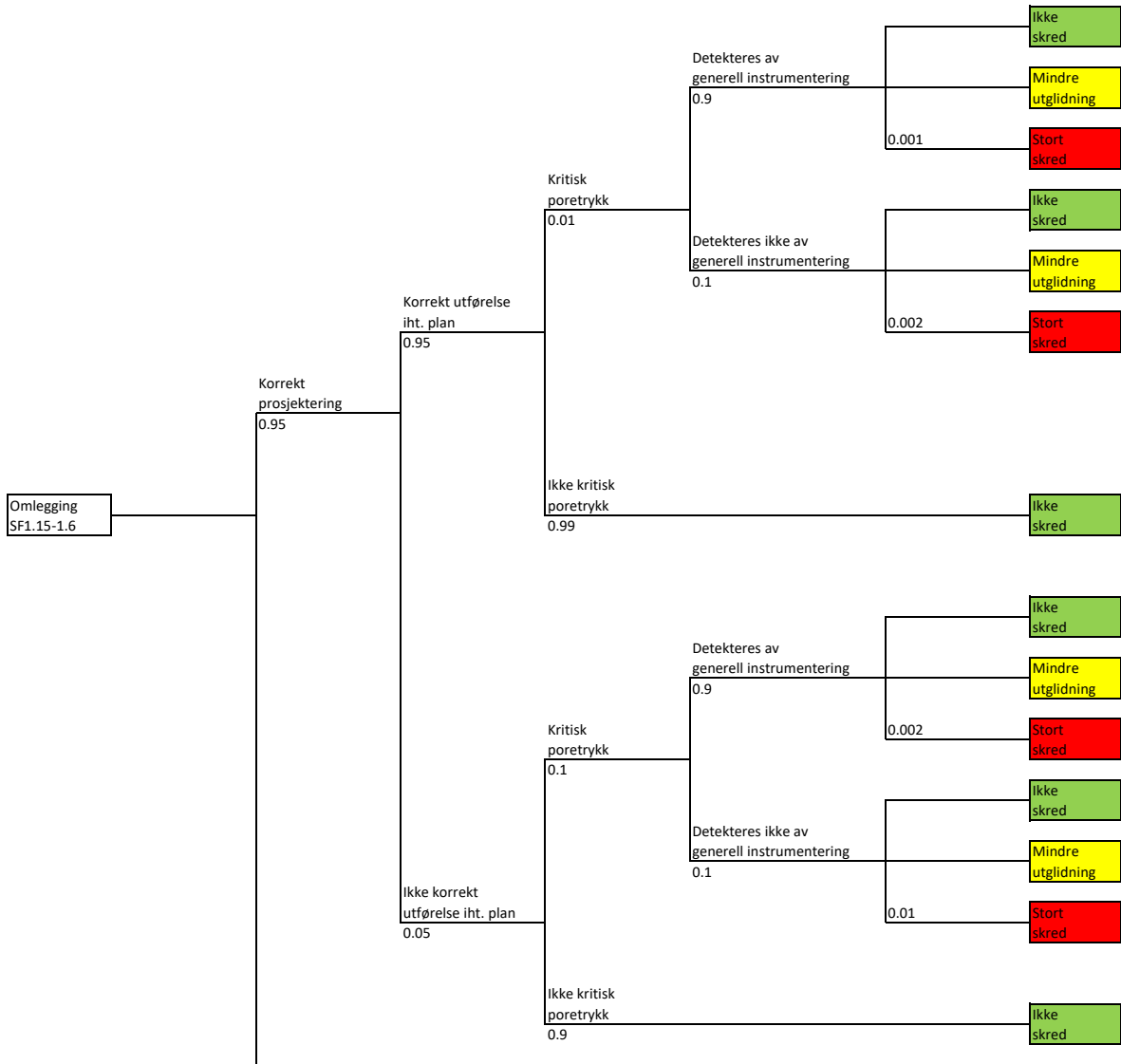
Omlegging VA og eks. ledn.nett



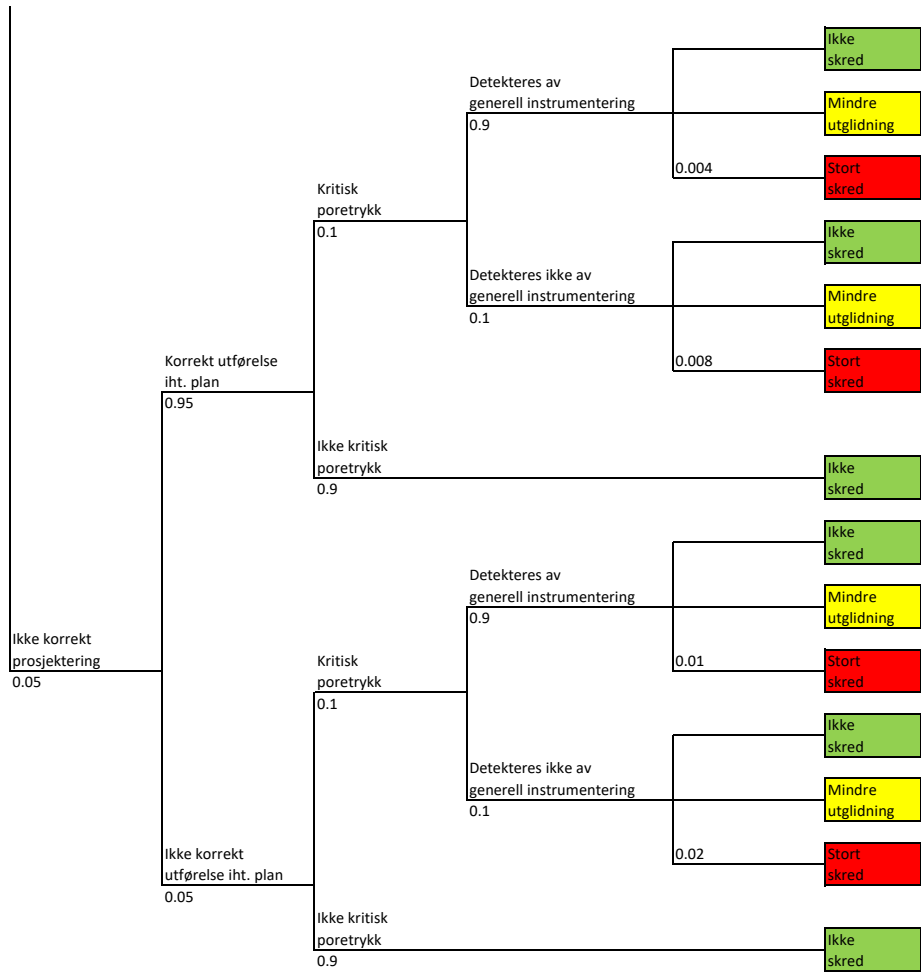
Omlegging VA og eks. ledn.nett



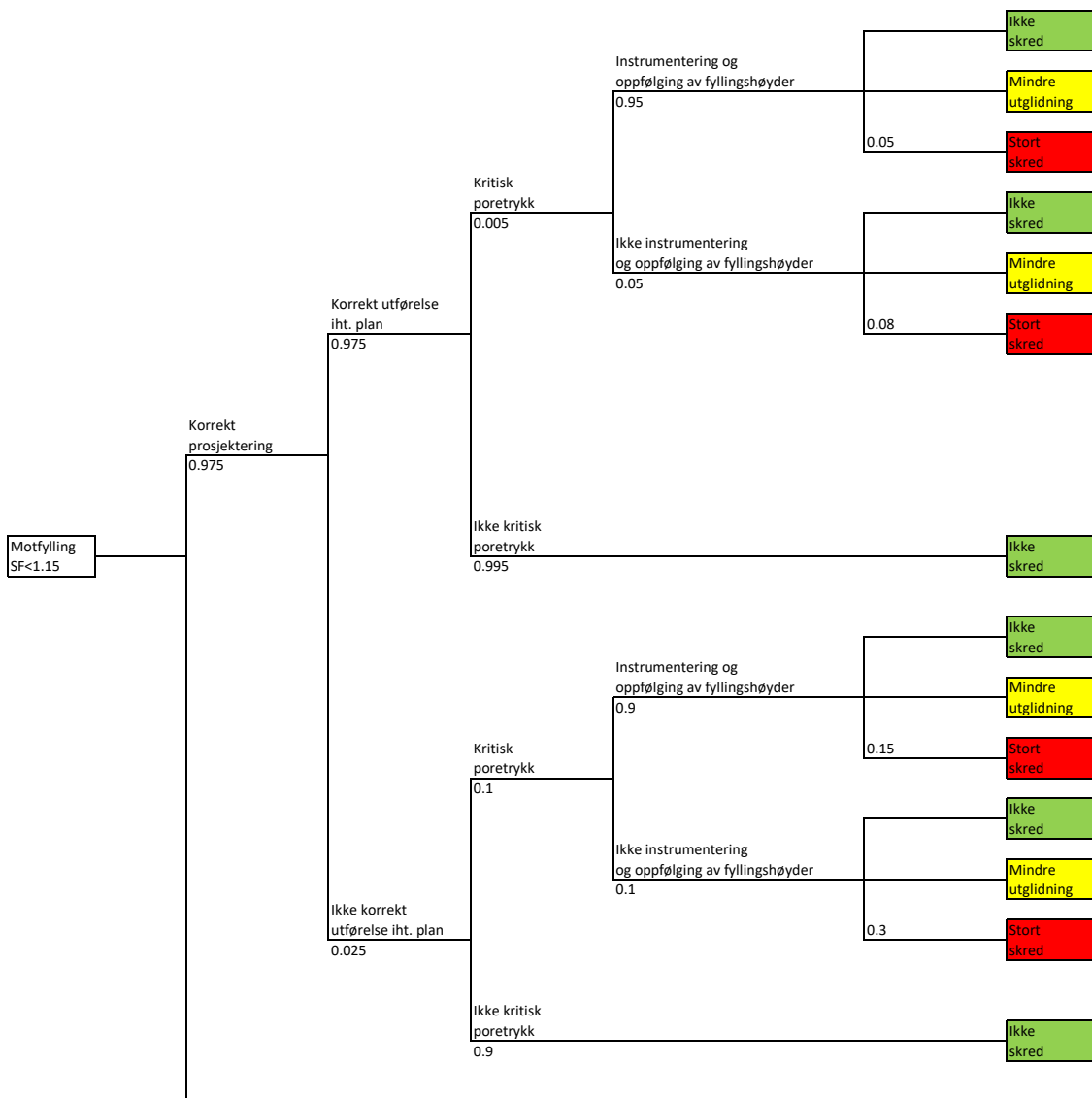
Omlegging VA og eks. ledn.nett



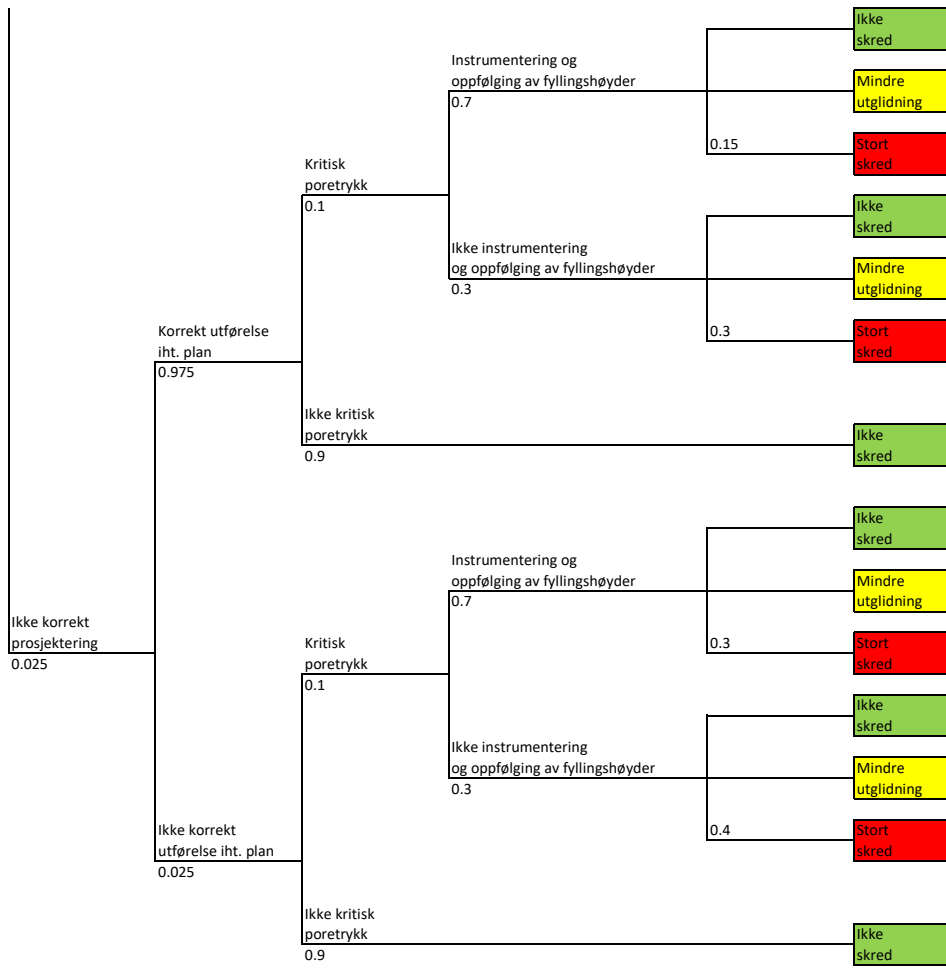
Omlegging VA og eks. ledn.nett



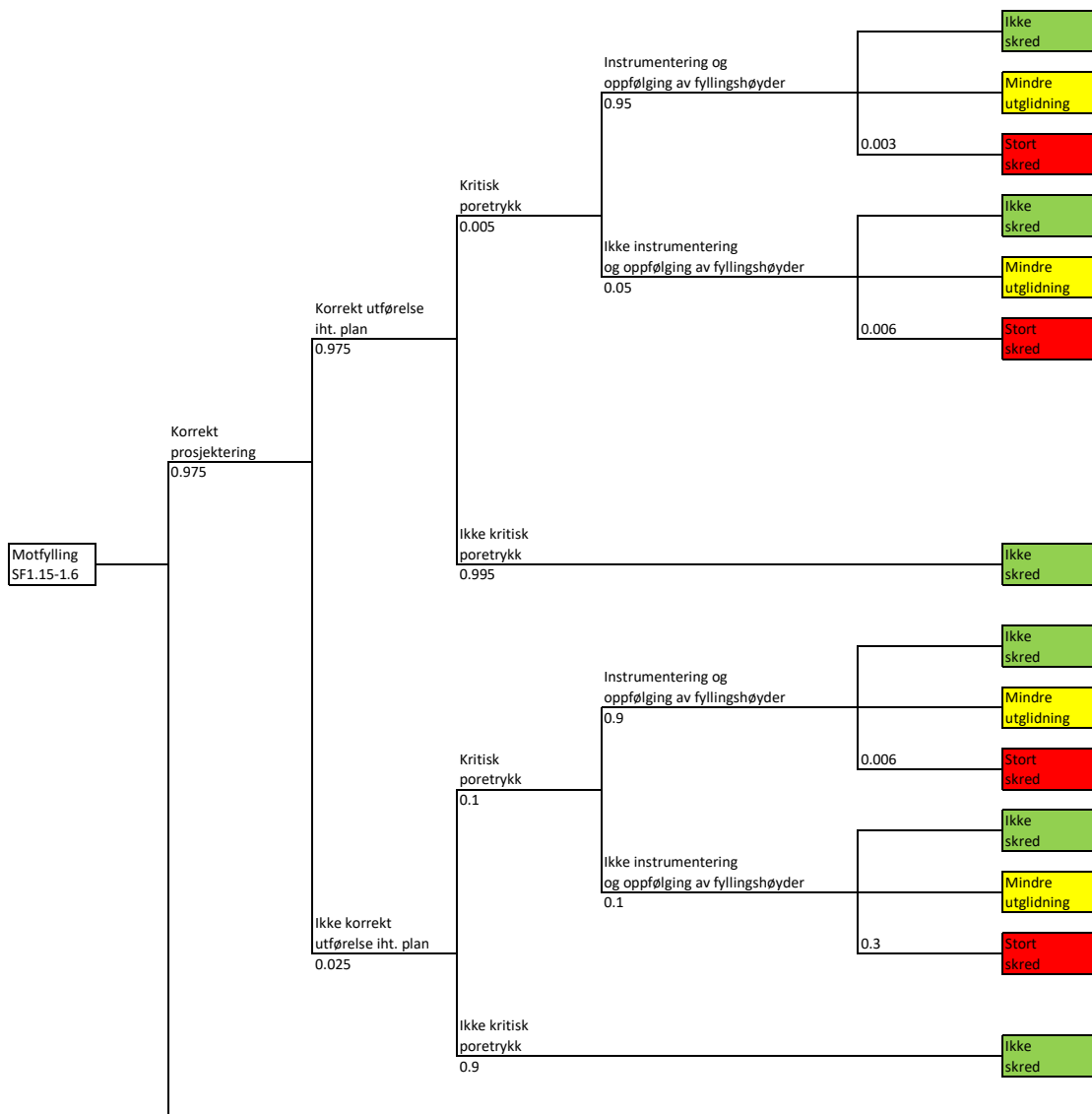
Motfylling



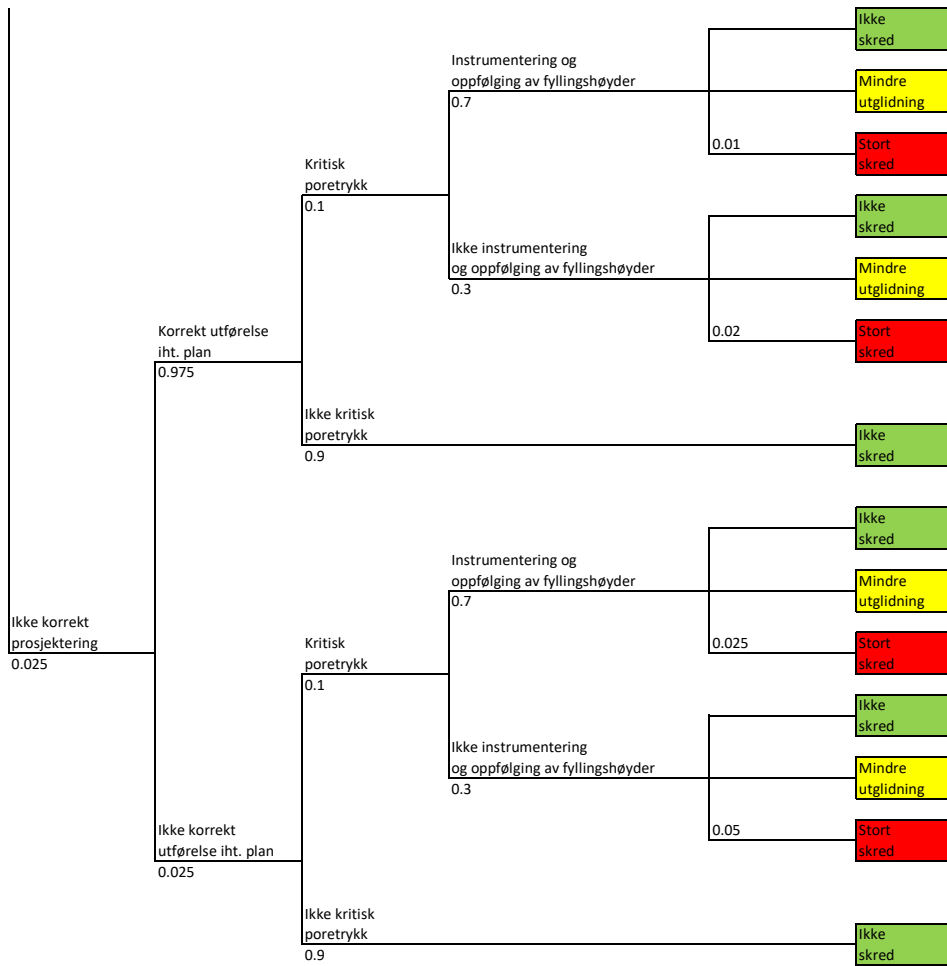
Motfylling



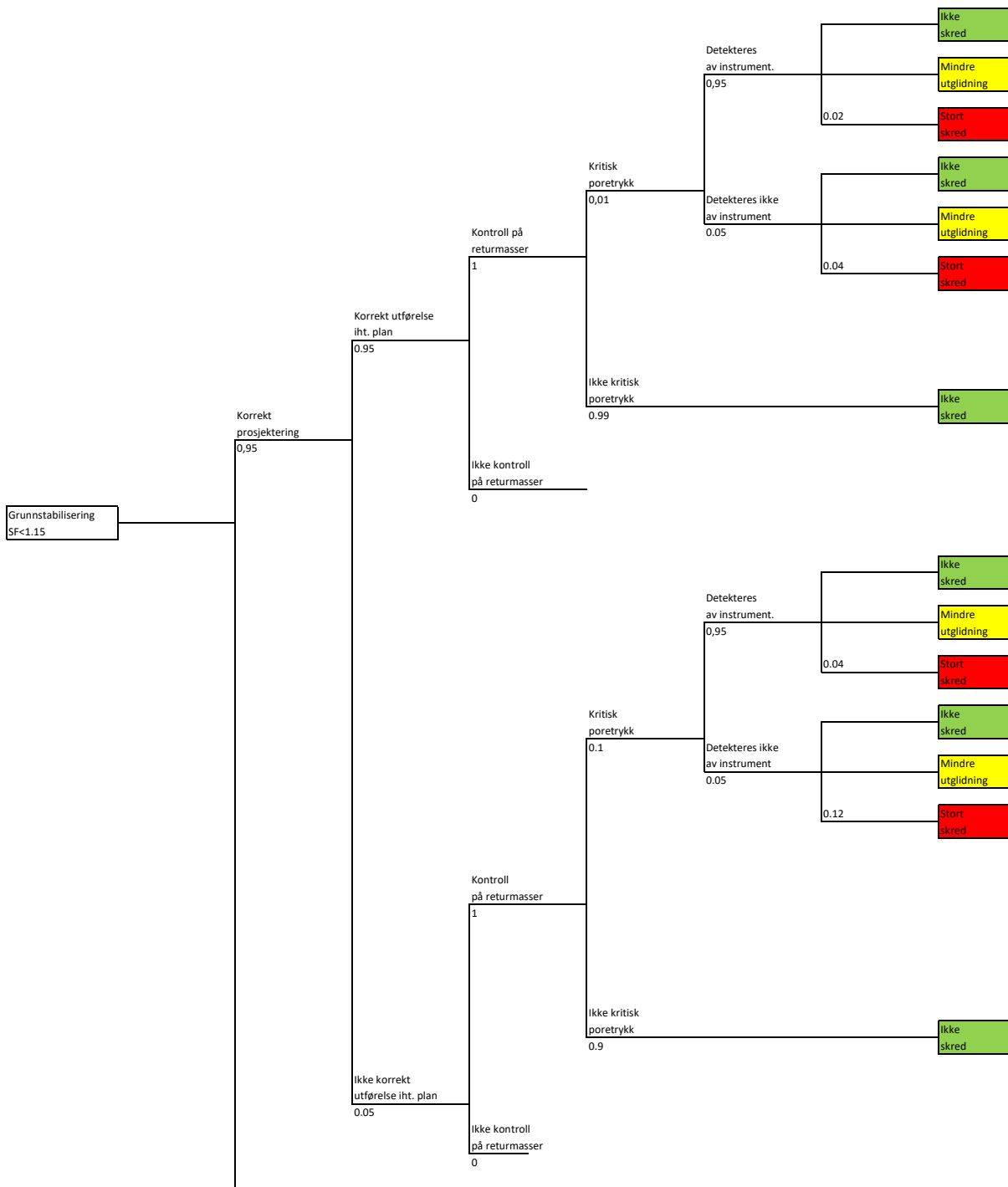
Motfylling



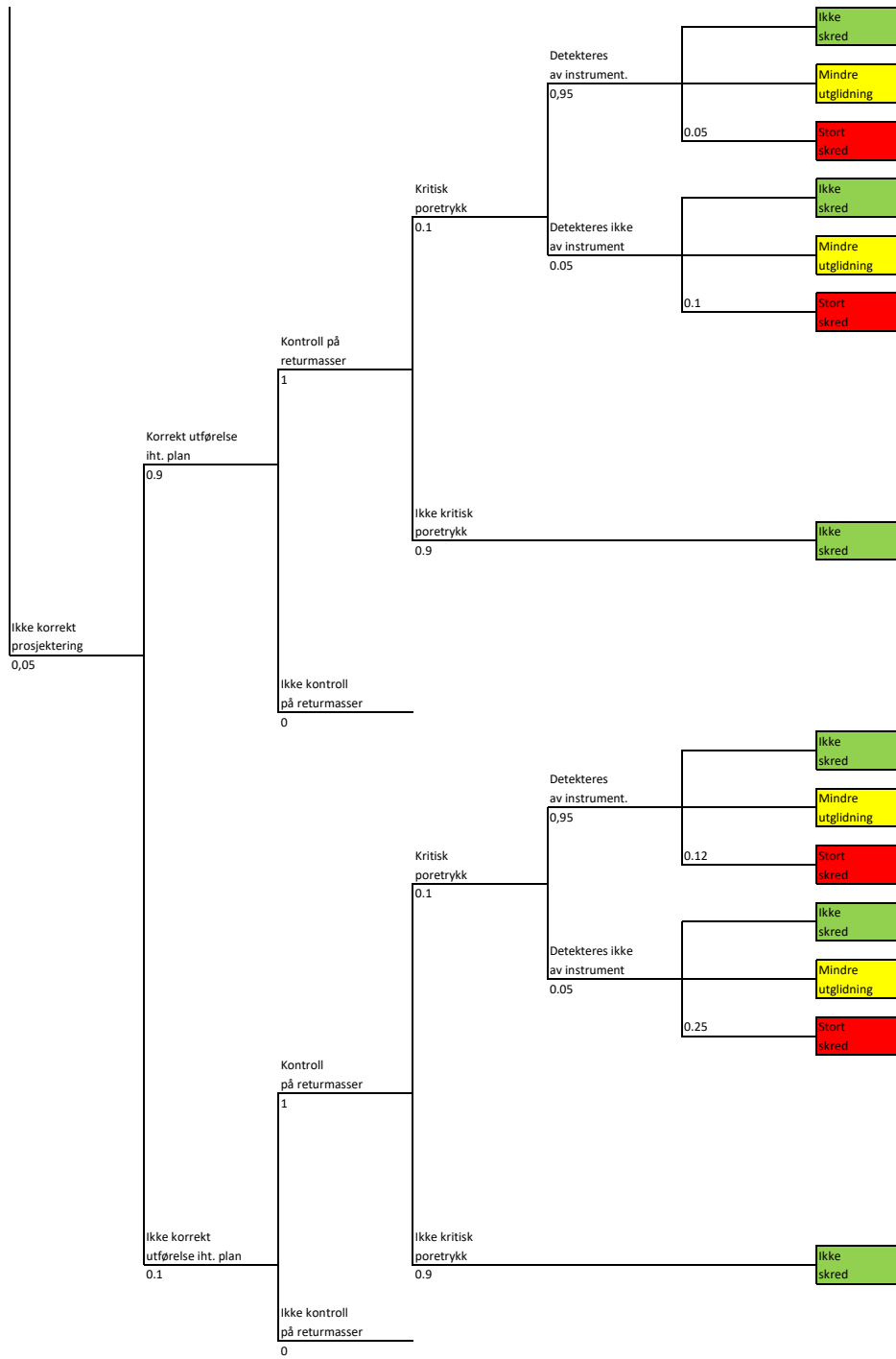
Motfylling



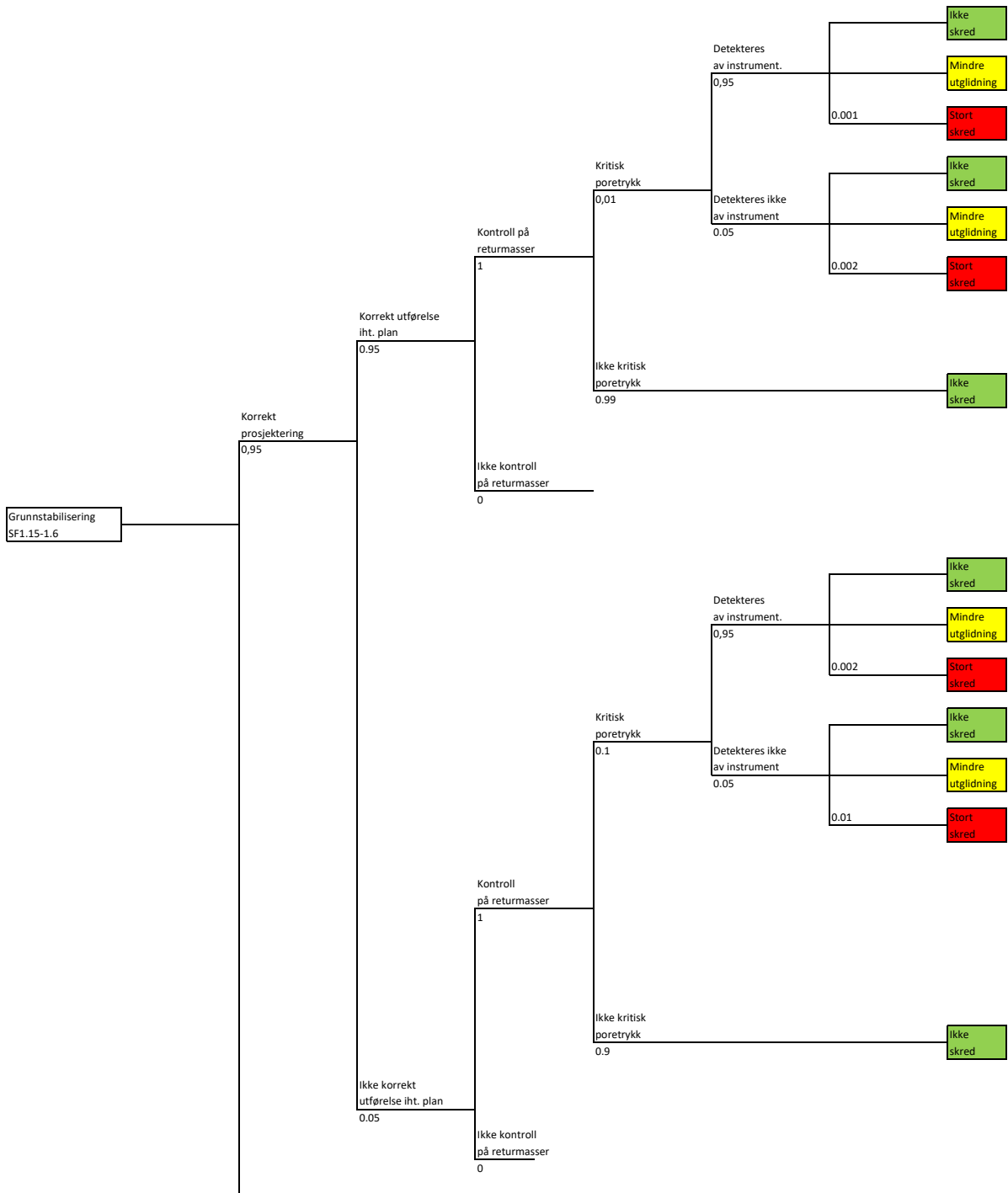
Grunnstabilisering



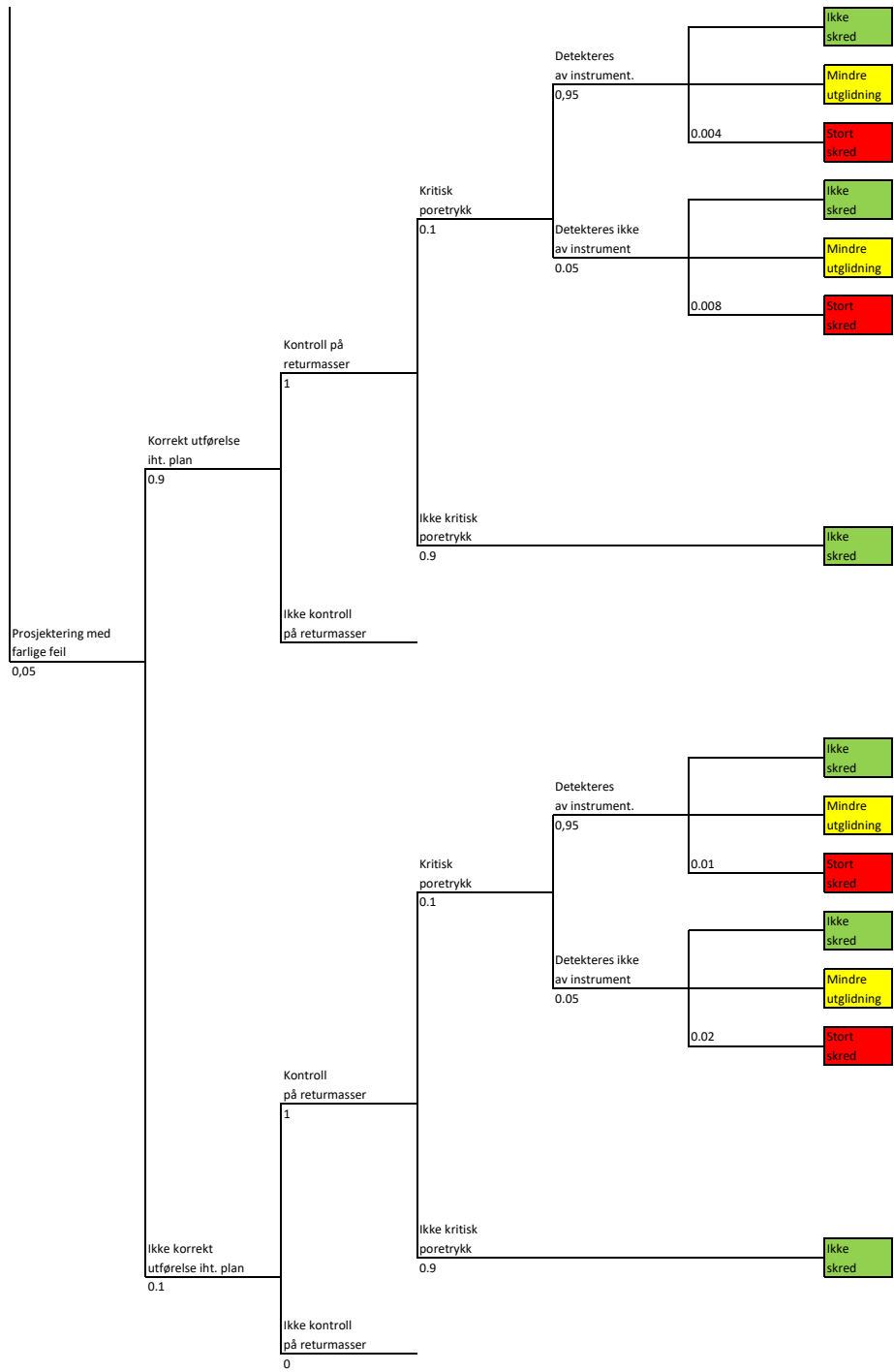
Grunnstabilisering



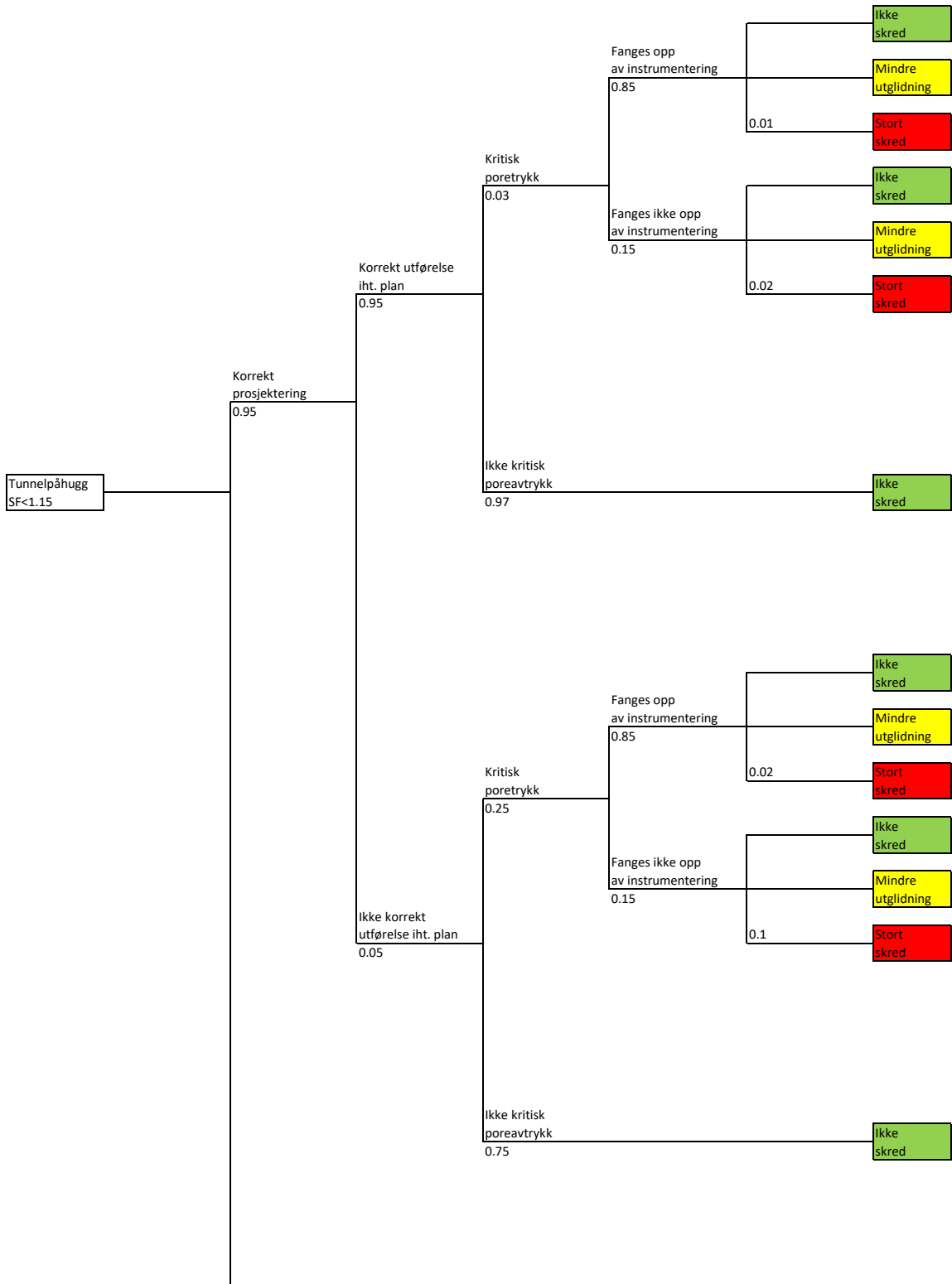
Grunnstabilisering



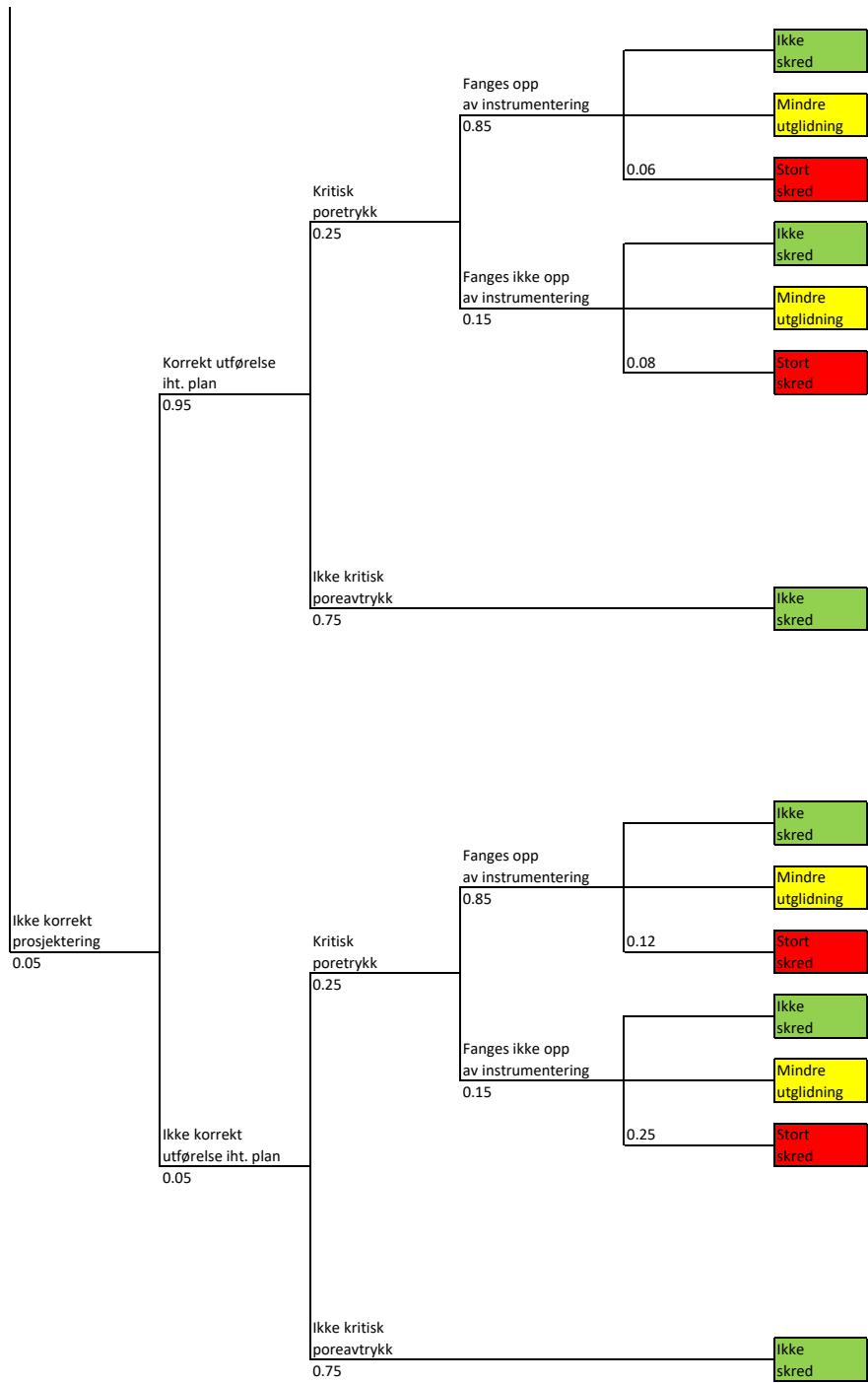
Grunnstabilisering



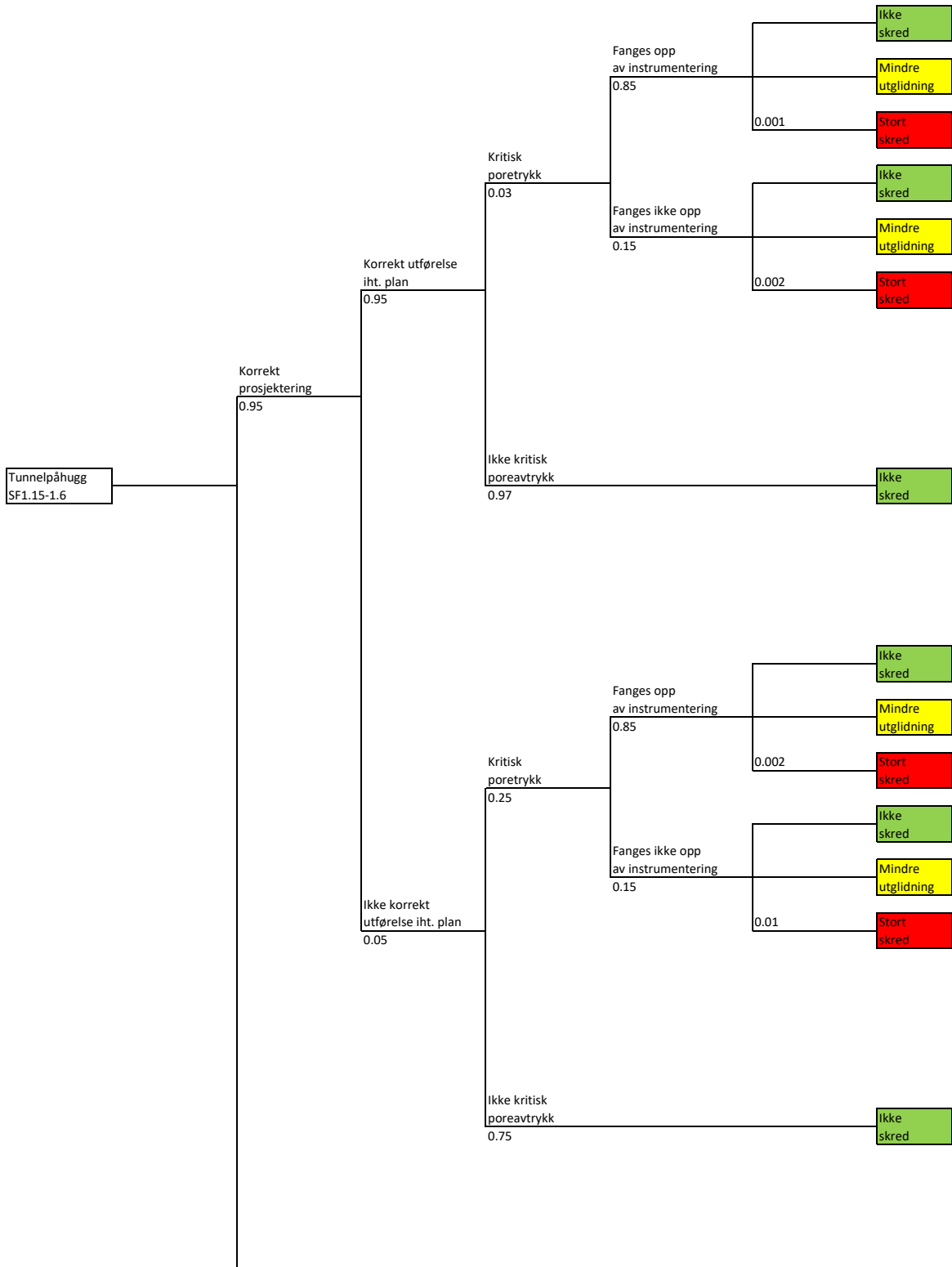
Tunnelpåhugg



Tunnelpåhugg



Tunnelpåhugg



Tunnelpåhugg

