

Etablering av retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger i jernbanesektor

Kaja Daae Torsteinsen

Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Jørn Vatn, MTP

Medveileder: Øyvind Reitan, Bane NOR

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for maskinteknikk og produksjon

Etablering av retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger i jernbanesektor

Kaja Daae Torsteinsen

Juni 2017

MASTEROPPGAVE

TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold (RAMS)

Institutt for maskinteknikk og produksjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet



Veileder 1: Jørn Vatn, NTNU

Veileder 2: Øyvind Reitan, Bane NOR

*I often say that when you can measure what you are speaking about,
and express it in numbers, you know something about it;
but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers,
your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind;
it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your thoughts,
advanced to the stage of science, whatever the matter may be.*

- William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907)

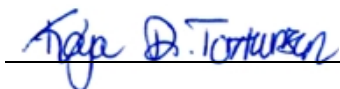
Forord

Rapporten er en masteroppgave som avslutter det 2-årige masterprogrammet i RAMS på Norges-teknisk naturvitenskapelige universitet (NTNU) innen institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP). Masteroppgaven er skrevet vårsemesteret 2017 og er utarbeidet i samarbeid med Bane NOR.

Fordypningsprosjektet utført høsten 2016 ble også gjennomført i samarbeid med Bane NOR, men denne rapporten er ikke en direkte fortsettelse av fordypningsprosjektet. Bane NOR uttrykte et ønske om å etablere en retningslinje som belyser behovet for kvantifisering av risiko ved gjennomførelse av risikovurderinger. Masteroppgaven er skrevet under veiledning fra Jørn Vatn, NTNU, og Øyvind Reitan, Bane NOR. Reitan har bidratt med analyser og tilrettelagt møte med Bane NOR, noe som hadde stor betydning for resultatet av oppgaven. Masteroppgaven er skrevet på norsk ettersom Bane NOR har norsk som arbeidsspråk.

Leseren av rapporten antas å ha tilstrekkelig basiskunnskaper om risikoanalyser og gjennomførelse av risikovurderinger. Det viktigste er likevel at leser har en interesse for sikkerhetsarbeid og jernbane.

Trondheim, 10.06.2017



Kaja Daae Torsteinsen

Takknemlighet

Jeg ønsker å takke og vise min takknemlighet til Professor Jørn Vatn som har vært støttende gjennom hele prosessen, med tett samarbeid og god oppfølging gjennom ukentlige veiledningsmøter. Takk for alle gode innspill, råd, inspirerende diskusjoner og hjelp til forbedringer av rapport.

Jeg ønsker også å rette en stor takk til veileder og kontaktperson i Bane NOR, Øyvind Reitan. Reitan har bistått med tett oppfølging, gode ideer og forslag til utforming av problemstilling og innhold i retningslinjen, anskaffelse av analyser og planlegging av møte med Bane NOR. Gjennom statusmøter annenhver uke, har Reitan bidratt med kommentarer og innspill for etablering av retningslinjen.

En takk rettes også til Angunn Engebø og Silje Storsveen for bidrag til utforming av problemstilling for masteroppgaven. Og takk til Reitan, Engebø, Storsveen og Karen Ranestad for deltakelse på møtet med gode innspill og interessante diskusjoner om risikovurderinger og for å øke kvaliteten på retningslinjen.

Avsluttende vil jeg også rette en stor takk til min nærmeste familie og venner for moralsk støtte i løpet av våren og til kvalitetssikring av rapporten.

K.D.T.

Sammendrag

Gjennomføring av risikovurderinger er en viktig del av sikkerhetsstyringen i en virksomhet. Som en del av sikkerhetsstyringen til Bane NOR har de etablert håndbøker for sikkerhet og RAMS som skal etterleves ved utførelse av prosjekter som involverer endring i jernbaneinfrastrukturen. Sikkerhetshåndboken består blant annet av krav og en retningslinje for gjennomførelse av risikovurderinger, hvor det blant annet er beskrevet at risikovurderinger kan ha kvalitativ eller kvantitativ tilnærming. Derimot er det ikke angitt i hvilke forhold og omstendigheter som tilsier at en risikovurdering bør ha en kvantitativ tilnærming. Formålet med masteroppgaven er å gi innspill til etablering av en retningslinje som avklarer behovet for kvantifisering av risiko ved gjennomførelse av risikovurderingen innen trafikksikkerhet og utbyggingsprosjekter i Bane NOR.

Etablering av retningslinjen vil være i samsvar med Bane NORs sikkerhetshåndbok. I den forbindelse ble det først gjennomført en begrepsavklaring med støtte fra relevant litteratur etter sentrale begrep og definisjoner om risiko og risikovurderinger. Dette for å oppnå en klar forståelse og bruk av relevante definisjoner i Bane NOR. En litteraturgjennomgang ble gjennomført for å presentere teori om gjennomførelse av risikovurderinger med kvalitativ og kvantitativ tilnærming, beregning av risiko og utvikling av retningslinjer. En oversikt over Bane NORs prosess for risikovurderinger med beskrivelse av krav som ligger til grunn fra forskrifter og standarder er også presentert. En gjennomgang av tidligere utførte risikovurderinger i Bane NOR danner et sammenligningsgrunnlag for gjennomførelse av risikovurderinger i Bane NOR. Basert på litteraturstudien og Bane NORs risikovurderingsprosess er forhold og faktorer som påvirker og tilsier en kvantitativ tilnærming bør benyttes identifisert og diskutert. Her ble forhold som datagrunnlag, ulykkessituasjon, type prosjekt og analyse presentert.

Med dette som utgangspunkt er det utviklet en retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomførelse av risikovurderinger spesifikt for jernbanesektoren. Retningslinjen identifiserer forhold som har betydning for valg av tilnærming og lister opp forhold hvor en kvantitativ tilnærming skal benyttes og hvor kvalitativ tilnærming er tilstrekkelig.

En første versjon av retningslinjen ble uttestet i samarbeid med representanter fra Bane NOR. Retningslinjen fungerte optimalt på de to casestudiene som ble benyttet ved uttestingen, men det ble behov for noen endringer og videreutvikling. Spesielt ble det påpekt behov for et

Sammendrag

flytskjema og utarbeide eksempler som henviser til hvordan forholdene vil fungere i praksis.

De viktigste forholdene som krever en kvantitativ tilnærming ble konkludert til å være:

1. Prosjektering av nye strekninger.
2. Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse.
3. Valg av løsninger som har ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde.
4. Den totale risikoen anses som høy.
5. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med nytt eller økt storulykke-potensiale.

Nøkkelord: Risiko, risikovurdering, kvalitativ, kvantitativ, retningslinje, kvantifisering

Summary

An important part of safety management in a company is to carry out risk assessments. As a part of the safety management in Bane NOR, the company has established handbooks for Safety and RAMS. These handbooks shall be followed during execution of projects that involves modification on the railway infrastructure. The safety handbook consists of requirements and guidelines for performing risk assessments, with reference to risk assessments can have qualitative or quantitative approach. On the other hand, the handbook does not determine in which situations or circumstances a risk assessment should have a quantitative approach. The purpose of the master thesis is to contribute in establishing of a guideline, which clarifies the need of quantification of risk during execution of risk assessments within traffic safety and development projects.

The established guideline will be in accordance with the safety handbook of Bane NOR. In that connection, a clarification of terms about risk and risk assessments was carried out with support from relevant literature of terms and definitions. This was performed to obtain a clear understanding and use of relevant definitions in practice. In addition, a literature study was performed to present theory about execution of risk assessments with qualitative and quantitative approach, quantification of risk and development of guidelines. An overview of the process of risk assessment in Bane NOR is presented, with description of requirements from regulations and standards. A review of risk assessments conducted by Bane NOR displayed how risk assessments is performed in Bane NOR. Based on the literature study and the process of risk assessments in Bane NOR, circumstances and factors which affects and requires quantitative approach were identified and discussed. Examples of factors such as sources of data, accident situation, and type of project and analysis were discussed.

Thus a guideline for quantifying risk by performing risk assessments was developed specifically made for the railway sector. The guideline identifies conditions that influence the choice of approach, with arguments where a quantitative approach shall be applied and where a qualitative approach is sufficient.

The first version of the guideline was tested in cooperation with representatives from Bane NOR. Two case studies were used during the testing and the guideline worked optimally in both cases. However, it was indicated need for adjustments and further development. Especially a flow chart and suggestions of examples could refer to how the suggested

Summary

conditions will work in practice. The suggested conditions which requires a quantitative approach was concluded to be:

1. Design/project new railway lines
2. Design/project technical systems which are novel and/or complex
3. Choice of alternatives which have different safety level and/or cost picture
4. The total level of risk is considered high
5. Unwanted events and/or situations with new or increased potential of major accident

Keywords: Risk, risk assessment, qualitative, quantitative, guideline, quantification

Innholdsfortegnelse

Forord	III
Takknemlighet	V
Sammendrag	VII
Summary	IX
Figurer	XV
Tabeller	XV
Kapittel 1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og målsetninger	2
1.3 Begrensninger.....	3
1.4 Fremgangsmåte	4
1.5 Struktur av rapporten.....	5
Kapittel 2 Litteraturstudie	7
2.1 Introduksjon til litteraturstudie.....	7
2.2 Kvalitativ versus kvantitativ tilnærming.....	8
2.3 Risiko	9
2.4 Risikovurdering.....	10
2.4.1 Risikoanalyse	12
2.4.2 Risikoevaluering.....	15
2.5 Tilnærminger i risikovurderinger	18
2.5.1 Kvalitativ tilnærming	19
2.5.2 Semi-kvantitativ tilnærming.....	20
2.5.3 Kvantitativ tilnærming	20
2.5.4 Valg av tilnærming.....	22
2.6 Risikoberegning	24
2.6.1 Usikkerhet ved beregning av risiko.....	26
2.6.2 Omfanget for beregning av risiko	27
2.7 Retningslinjer	27
2.7.1 Etablering og utvikling av retningslinjer.....	28

2.7.2	Håndbøker i transportsektor	29
Kapittel 3	Bane NORs prosess for risikovurderinger.....	31
3.1	Bane NORs risikovurderingsprosess.....	31
3.1.1	Statens Jernbanetilsyn henvisning til risikovurderinger.....	31
3.1.2	EN 51026-1 henvisning til risikovurderinger.....	32
3.1.3	Bane NORs sikkerhetskåndbok henvisning til risikovurderinger	33
3.2	Gjennomgang av utvalgte risikovurderinger fra Bane NOR.....	37
3.2.1	Fauske stasjon	37
3.2.2	Sørumsand stasjon.....	39
3.2.3	Bryn stasjon.....	40
Kapittel 4	Grunnlag for etablering av retningslinjen	43
4.1	Forhold som ligger til grunn for kvantifisering av risiko innen jernbanesektor	43
4.1.1	Oppfylle krav fra forskrifter og standarder	43
4.1.2	Risikoakseptkriterier	44
4.1.3	Prosjektspesifikt	45
4.1.4	Kostnader	46
4.1.5	Type risikoanalyse.....	46
4.1.6	Ulykkessituasjon	47
4.1.7	Menneskelige feilhandlinger	48
4.1.8	Datagrunnlag	49
4.1.9	Oppsummering	50
4.2	Utvikling og etablering av retningslinjen.....	51
4.2.1	Oppsett og struktur	51
4.2.2	Forhold som har betydning for tilnærming	54
4.3	Godhet av retningslinjen	56
Kapittel 5	Uttesting av retningslinjen.....	59
5.1	Møte med Bane NOR.....	59
5.2	Casestudie.....	60
5.3	Tilsluttede elementer i retningslinjen	62
5.4	Endringer i retningslinjen med utgangspunkt i innspill fra møtet.....	64
5.5	Oppsummering av møtet	65
5.6	Innspill i henhold til analysemetodikk	66
5.7	Videreutvikling av retningslinjen.....	67

Kapittel 6 Hovedfunn og diskusjon	71
6.1 Begrepsavklaring.....	71
6.2 Bane NORs risikovurderingsprosess.....	73
6.3 Etablering og endring av retningslinjen	74
6.4 Møte og test av retningslinjen	77
Kapittel 7 Konklusjon og forslag til videre arbeid.....	79
7.1 Konklusjon	79
7.2 Forslag til videre arbeid.....	81
Kildehenvisning	83
Vedlegg A Forkortelser.....	89
Vedlegg B Definisjoner	91
Vedlegg C Curriculum Vitae.....	93
Vedlegg D Retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger	95

Figurer

Figur 1.1 – Fremgangsmåte og faser for gjennomførelse av masteroppgaven	4
Figur 2.1 – Risikovurderingsprosess i henhold til NS 5814 (Standard Norge, 2008).....	13
Figur 2.2 – Trinnene i en risikoanalyse med analysemetoder, tilpasset fra Rausand og Høyland (2004)	14
Figur 2.3 – Tre typer ulykker i henhold til Rasmussen (1997) og Rausand og Utne (2009)...	15
Figur 2.4 – ALARP-prinsippet tilpasset fra Rausand (2011).....	16
Figur 2.5 – Prosess for beslutningstaking i henhold til Aven (2012).....	18
Figur 2.6 – Risikovurderingsprosessen med forskjell på kvalitativ og kvantitativ tilnærming i henhold til Arendt (1990) og Rausand (2011)	19
Figur 3.1 – Eksplisitt risikoestimering og –evaluering i henhold til Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014)	36
Figur 4.1 – Elementer som har påvirkende effekt ved beregning av risiko	50

Tabeller

Tabell 3.1 – Obligatoriske krav til risikovurderinger (Bane NOR, 2017b), med henvisning til kapitler og beskrivelser i EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999)	34
Tabell 3.2 – Risikomatrise (Jernbaneverket, 2016a).....	38

Kapittel 1

Introduksjon

Første kapittel presenterer bakgrunn for rapporten med beskrivelse av problemet som analyseres og hvorfor problemet er av interesse. Målet for rapporten med tilhørende fem målsetninger introduseres, i tillegg til fremgangsmåte for utførelse av masteroppgaven, begrensninger og struktur av rapport.

1.1 Bakgrunn

Gjennomføring av risikovurderinger er en sentral del av sikkerhetsarbeidet til en virksomhet. For jernbanesektoren i Norge har Bane NOR ansvar for å drive og utvikle det norske jernbanenettet. Samtidig skal Bane NOR følge opp sikkerheten ved å oppfylle de krav som stilles i lover og forskrifter for jernbane (Olsson og Veiseth, 2011). Sikkerhetsarbeidet i Bane NOR er beskrevet i obligatorisk retningslinje for sikkerhet, der Bane NORs sikkerhetspolitikk er: «Bane NOR arbeider systematisk for kontinuerlig forbedring av sikkerheten for å unngå skade på mennesker, miljø og materielle verdier», som er basert på nullvisjonen (Bane NOR, 2017f).

Et prosjekt i Bane NOR (2017d), uavhengig av størrelse og kompleksitet, følger en integrert prosess for utredning, planlegging og bygging (UPB-prosessen) som består av planfasene utredning, hovedplan, detaljplan, byggeplan og, produksjon og overlevering. Risikostyringsprosessen skal følge utvikling av prosjekter fra idéfase til ferdig bygget jernbanenett, der kravene innen hver planfase stilles av europeisk standard (EN) 50126-1 (Bane NOR, 2017d). Innen trafiksikkerhet på det norske jernbanenettet utføres det risikovurderinger for prosjekter som innebærer prosjektering av ny infrastruktur, endring i infrastruktur samt for drift og vedlikehold av eksisterende infrastruktur (Bane NOR, 2017a). Til hjelp for utførelse av risikovurderinger i prosjekter og andre sikkerhetsrelaterte analyser, har Bane NOR utviklet sikkerhetshåndboken som inneholder dokumenter inndelt i krav, retningslinjer og maler. Gjennomførelse av risikovurderinger i Bane NOR benytter dokumenter i sikkerhetshåndboken som følger Common Safety Method for Risk Evaluation and Assessment (CSM RA) fra Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014). Bane NOR (2017a) krever gjennomførelse av risikovurdering når en endring er av sikkerhetsmessig

betydning eller beheftet med usikkerheter. Samtlige risikovurderinger skal innledes med fareidentifikasjon, med en etterfølgende vurdering om risikoen er akseptabel. Hvis farene ikke er dekket av prinsippene for akseptabel risiko skal en detaljert risikoanalyse utføres med beskrivelse av frekvens og forventet skade. Krav-dokumentet til Bane NOR (2017a) beskriver at risikoanalysen kan utføres enten med kvalitativ eller kvantitativ tilnærming. Derimot utdyper ikke sikkerhetshåndboken gjennom en retningslinje eller veiledning for i hvilke tilfeller en kvantitativ tilnærming er nødvendig eller om en kvalitativ tilnærming er hensiktsmessig for en gitt problemstilling. Det antyder at det er opp til analytiker å avgjøre hvilken tilnærming som skal benyttes.

Det er uttrykt fra Bane NOR at i noen omstendigheter oppleves usikkerhet for når man bør beregne risikoen, og ofte kan det oppstå en gråsonerom for om det vil være aktuelt å utføre årsak- og konsekvensanalysen kvantitativ eller kvalitativ. Bane NOR har derfor ønsket et forslag og innspill til utarbeidelse av en retningslinje som vurderer og synliggjør behovet for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger. Retningslinjen vil bli benyttet i samsvar med andre relevante dokumenter fra RAMS- og sikkerhetshåndboken.

Innenfor temaet kvantifisering av risiko er det skrevet mange relevante artikler, og flere fagbøker og standarder er utviklet for gjennomførelse av risikovurderinger. Det er derimot få forfattere som beskriver spesifikt i hvilke tilfeller det er anbefalt med en kvantitativ tilnærming til vurdering av risiko. Forhold som beskrives er generelle og dekker som regel de fleste typer risikovurderinger uansett bransje og sektor. Spesifikt for jernbanesektoren er det ikke funnet artikler som tilsier i hvilke situasjoner eller problemstillinger hvor det er nødvendig med beregning av risiko.

1.2 Formål og målsetninger

Basert på bakgrunn av oppgaven er følgende problemstilling valgt: Hvilke omstendigheter og forhold vil tilsi at en risikovurdering bør gjennomføres kvantitativt og i hvilket omfang bør risikovurderingene kvantifiseres med tanke på grundighet og detaljnivå av tallfestingen?

Målet med masteroppgaven er å utvikle en retningslinje med innspill og metodikk som gir identifiserer forhold som har betydning for valg av tilnærming i en risikovurdering. Etablering av retningslinjen er et forslag til Bane NORs retningslinje om behov for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger. Retningslinjen vil kunne benyttes i fremtidig sammenheng ved utførelse av risikovurderinger innen trafikksikkerhet i utbyggingsprosjekter i Bane NOR og vil gjelde for alle typer problemstillinger.

Med utgangspunkt i problemstillingen og målet for masteroppgaven, er følgende målsetninger satt for å oppnå løsning:

1. Foreta en begrepsavklaring av faguttrykk fra litteraturstudiet mot Bane NORs definisjoner.
2. Presentere litteratur om gjennomførelse av kvantitative risikovurderinger med hensyn på fremgangsmåte, utfordringer og hensyn som må tas samt litteratur knyttet til utforming av retningslinjer.
3. Gjennomgå utførte risikovurderinger fra Bane NOR, med formål å innsamle informasjon om Bane NORs prosess for gjennomførelse av risikovurderinger, ulike analyseobjekt, tidligere erfaringer og argumentasjoner.
4. Kartlegge og diskutere påvirkende forhold som skaper utfordringer ved kvantifisering av risikovurderinger.
5. Utvikle en retningslinje med metodikk for kvantifisering av risikovurderinger som tilsier i hvilke forhold en kvantitativ tilnærming skal eller bør benyttes.
6. Utfør test av retningslinjen i samarbeid med Bane NOR, evaluere resultatene og nødvendighet for endringer.

1.3 Begrensninger

Valgt tema og målsetninger for rapporten medfører noen begrensninger.

I rapporten begrenses risikovurdering til kun å omfatte risiko for togframføring og trafiksikkerhet. Risikovurdering tilknyttet risikostyring i prosjekter, risikovurderinger knyttet til helse, miljø og sikkerhet (HMS) eller drift og vedlikehold er ikke omhandlet.

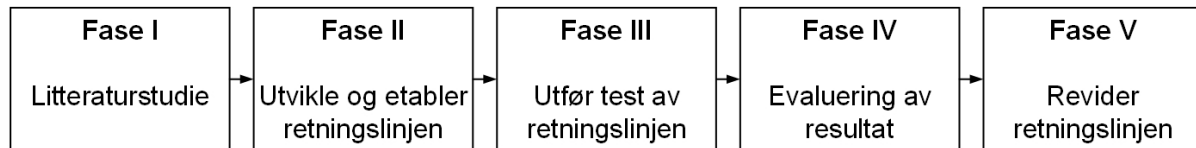
Retningslinjen har ikke tatt i betraktning de tekniske elementene av jernbane.

Fremgangsmåten for å kvantifisere risiko er ikke dekket i denne rapporten, kun omfanget og detaljeringsgrad av kvantifiseringen. For innspill til spesifikke metoder for å beregne risiko mot risikometrikker henvises det til Rausand (2011).

Etablering av retningslinjen er et innspill til Bane NORs arbeid med å utvikle en retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger. Det er ikke en del av oppgaven å gjennomgå den påfølgende prosessen i Bane NOR som leder frem til en slik retningslinje gjennom intern revisjon og eventuell høringsrunde. Retningslinjen i denne rapporten er kun ansett som et forslag til Bane NOR for videre vurdering å inkludere i sikkerheshåndboken.

1.4 Fremgangsmåte

Fremgangsmåte for masteroppgaven er delt opp i fem faser, som illustrert i form av flytskjema i Figur 1.1.



Figur 1.1 – Fremgangsmåte og faser for gjennomførelse av masteroppgaven

Fase I er en litteraturstudie som dekker målsetning 1, 2 og 3. Problemstillingen i masteroppgaven har en annen innfallsvinkel enn fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016). Dette medførte et behov for å utvide det opprinnelige teoretiske grunnlaget ved gjennomføring av et nytt litteratursøk og datainnsamling for å kunne utvikle en retningslinje som er tilpasset Bane NORs prosess for gjennomførelse av risikovurderinger. Det henvises i tekst hvor funn fra fordypningsprosjektet er benyttet. Litteratursøket fokuserte på vitenskapelige artikler, standarder, forskrifter, fagbøker og Bane NORs håndbok for RAMS og sikkerhet. For å gi en presentasjon av litteratur knyttet til kvantifisering av risikovurderinger, vil et søk etter vitenskapelige artikler og lærebøker gjennomføres med søkeord som risikoanalyse, kvantifisering, risiko, tilnærming og metode. Et litteratursøk på kvantifisering kan avdekke argumenter fra ulike forfattere på hvorfor man bør kvantifisere, hvordan, anbefalinger, utfordringer og hvilke elementer som kan påvirke kvantifiseringen. Standarder, forskrifter og Bane NORs håndbøker vil gjennomgås for å henvise til betraktninger om kvantifisering av risiko. Begrepsavklaring av ulike faguttrykk blir gjennomført ved å sammenligne ulike definisjoner fra litteraturstudien mot definisjonene som benyttes av Bane NOR. Et søk på utvikling av retningslinjer ble ansett som verdifullt for innsamling av ideer for utvikling og etablering samt hvilke elementer som må tas til betraktning. Her er søkeord som retningslinjer, utvikling, design og veiledning relevante å benytte. En innsikt i gjeldende prosedyrer og styringsdokumenter fra Bane NOR er essensielt i den hensikt å kunne etablere en retningslinje som er tilpasset Bane NORs sikkerhetskånbok. Gjennomgang av utførte risikovurderinger vil bidra til å skape et bilde av ulike typer analyser som utføres samt avdekke hvilke tidligere erfaringer og argumentasjoner for kvantifisering av risiko. Veileder fra Bane NOR vil bistå i anskaffelse av de ressursene som er nødvendige.

Fase II består av utvikling og etablering av retningslinjen som dekker målsetning 4 og 5. Basert på innsamlet litteratur blir elementer som påvirker og skaper utfordringer for

kvantifisering av risiko i jernbanesektoren presentert og diskutert. Grunnlaget for etablering av retningslinjen er basert på denne diskusjonen og innsamlet litteratur samt egne forslag og anbefalinger om kvantifisering av risiko.

Fase III utgjør målsetning 6 og består av å utføre test av første versjon av retningslinjen i samarbeid med Bane NOR. Retningslinjen vil gjennomgås, diskuteres med deltakere og testes mot forhåndsbestemte caser. Formålet med møtet er å etablere åpen diskusjon mellom deltakere om retningslinjen, ved å diskutere retningslinjen mot forhåndsbestemte case innen togframføring. Målet er å få konstruktive tilbakemeldinger av deltakere på elementer som trenger forbedring, hva som bør inkluderes, endres eller eventuelt fjernes. Ved å vurdere retningslinjene mot case, har testen i sin hensikt å evaluere den etablerte metodikken.

I fase IV skal resultatene fra testen av retningslinjen evalueres mot nødvendige endringer av første versjon.

Fase V er etablert som en mulighet til å gjennomføre nødvendige endringer i retningslinjen, som vil resultere i endelig versjon basert på innspill og forslag fra Bane NOR.

1.5 Struktur av rapporten

Kapittel to presenterer litteraturstudien, som innleder med hvordan litteratursøket er gjennomført. Videre gis det en beskrivelse og presentasjon av termene kvalitativ og kvantitativ tilnærming, risiko, og risikovurdering med skille mellom risikoanalyse og risikoevaluering. En presentasjon av ulikhetene ved gjennomførelse av risikoanalyse med kvalitativ, semi-kvantitativ og kvantitativ tilnærming gis med en beskrivelse av hvordan beregning av risiko med tilhørende utfordringer. Avsluttende gis det en presentasjon av litteratur tilknyttet retningslinjer med hensyn for etablering, samt en sammenligning av retningslinjer fra transportsektoren, henholdsvis jernbane og vegtrafikk.

Kapittel tre utgjør litteraturstudiet om Bane NORs prosess og krav ved gjennomføring av risikovurderinger, med gjennomgang av tre utvalgte risikovurderinger fra Bane NOR.

Kapittel fire utgjør grunnlaget for etablering av retningslinjen med henvisning til hvilke elementer som kan påvirke kvantifiseringen av risiko i risikovurderinger. Kapitlet vil også presentere tanker, valg og argumentasjoner som var grunnlaget for etablering av første versjon av retningslinjen.

Kapittel fem presenterer uttesting av retningslinjen i samarbeid med Bane NOR, med tilhørende resultater for valg av endringer i retningslinjen som fører til revidert versjon av retningslinjen.

Kapittel 1 Introduksjon

Kapittel seks utgjør diskusjon av rapporten som presenterer drøfting av de valgte målsetningene for masteroppgaven.

Kapittel sju er avsluttende kapittel som presenterer konklusjon og forslag til videre arbeid.

Rapporten består også av fire vedlegg. Vedlegg A presenterer rapportens forkortelser. Vedlegg B er sentrale definisjoner benyttet i rapport. Vedlegg C utgjør Curriculum Vitae. Vedlegg D er revidert versjon av retningslinjen.

Kapittel 2

Litteraturstudie

2.1 Introduksjon til litteraturstudie

Valg av tema for masteroppgaven har en annen innfallsvinkel enn fordypningsprosjektet. Dette medførte behov for nytt litteratursøk. Litteraturstudien innledet med en idémyldring på relevante søkerord for å finne litteratur tilknyttet kvantifisering av risikovurderinger og utvikling av retningslinjer. Studien ble utført i to omganger. Først ved en innledende gjennomgang av tidligere innsamlet litteratur fra fordypningsprosjektet og deretter litteratursøk med de forhåndsfaste søkeordene.

Litteratursøk med fokus på kvantifisering av risikovurderinger ble blant annet søkeord benyttet som risiko, risikoanalyse og -vurdering, tilnærming, kvalitativ, kvantitativ, kvantifisere, metode, grundighet, nøyaktighet, grunnlag og utfordring. Søkeordene ble sammenslått ved utførelse av søket og bestod av: «Quantitative AND ‘Risk assessment’ AND approach AND extent», «Quantify AND risk AND thorough AND extent», «‘Risk assessment’ AND foundation AND quantification AND risk» og «Guidelines AND quantitative AND ‘risk assessment’ AND method». Videre ble litteratursøket filtrert dersom treffet ble for stort. Det konsentrerte søket om kvantifisering avdekket flere artikler fra ulike journaler, konferanser og bøker.

I litteratursøket med fokus på retningslinjer ble følgende søkeord benyttet; retningslinje, etablere, utvikle, design, metode, beslutning og kriterier. Noen sammensetninger av søkeordene ble blant annet «Recommendation AND establish AND guidelines AND approach», «Method AND guidelines AND systematic AND establish», og «Develop AND guidelines AND approach». Dette litteratursøket ga ingen resultat. Det medførte et generelt søk på nett med lignende sammensetning av søkeord ble utført hvor håndbøker om etablering av retningslinjer ble funnet blant annet fra World Health Organization (WHO) og National Institute for Health and Care Excellence (NICE).

De mest brukte databasene til litteratursøket er Oria fra NTNUs Universitetsbibliotek og Science Direct. I databasen Science Direct inneholder journalene «Reliability Engineering & System Safety» og «Safety Science» mange relevante artikler, og et eget sentrert søk basert på

de etablerte søkeordene ble gjennomført. Videre ble også journalen «Risk analysis» fra Society for Risk Analysis (SRA) gjennomgått.

I tillegg til vitenskapelige artikler er relevante standarder innen risikostyring nedlastet som EN 50126, NS-ISO 31000 og 31010, NS 5814 og NORSOK Z-013, i tillegg til lover og forskrifter fra Statens Jernbanetilsyn (SJT) og Bane NORs håndbøker for RAMS og sikkerhet.

2.2 Kvalitativ versus kvantitativ tilnærming

Begrepene kvalitativ og kvantitativ tilnærming er benyttet i store deler av rapporten og behøver derfor en begrepsavklaring. Et skille mellom kvalitativ og kvantitativ tilnærming brukes minst på to områder; innen forskning og i analyser.

Tjora (2017) beskriver kvalitativ og kvantitativ forskning som to tenkemåter for hvilken fremgangsmåte man fremskaffer og analyserer informasjon om samfunnet. I henhold til Johannessen et al. (2010) er det fremgangsmåten for å få informasjon om den sosiale virkeligheten som innebærer å samle inn, analysere og tolke data. I følge Johannessen et al. (2010) vil kvalitativ metode innen samfunnsvitenskap si noe om kvalitet eller egenskaper til fenomenet som studeres. Videre uttrykker de at kvalitative metoder forholder seg til data i form av tekster, og argumenterer for å benytte kvalitativ metode ved fenomener som er ukjent og som en ønsker å forstå mer grundig. Tjora (2017) utdypet at de kvalitative studiene er mangfoldig og har et fortolkende paradigme, hvor tilnærmingen preges av kreativitet, struktur og systematikk. I følge Johannessen et al. (2010) anvender kvantitative metoder tall og viser til mengde. Innen samfunnsforskning er spørreundersøkelser og analyse av statistikk eksempler på kvantitativ tilnærming. I følge Tjora (2017) kan en stille andre spørsmål eller stille spørsmål annerledes ved å forske kvalitativt enn ved kvantitativ forskning.

Kvalitativ og kvantitativ tilnærming innen analyser har en lignende, men likevel ulik, hensikt enn samfunnsforskning. I analyser er hensikten blant annet å si noe om egenskapene til et system. Ved kvalitativ analyse, uttrykker den norske standarden (NS) 5814 (Standard Norge, 2008), beskriver man i form av tekst for å identifisere farer, trusler og hendelser, og tilhørende årsaker og konsekvenser. Med kvantitativ tilnærming innebærer det å gjøre en beregning ved å tallfeste og kvantifisere verdier for sannsynligheter og/eller frekvenser (Standard Norge, 2008). I rapporten vil hovedfokuset være på kvalitativ og kvantitativ tilnærming innen analyser og begrepet tilnærming vil dermed bli benyttet i denne sammenheng. Hva de ulike tilnærmingene vil utgjøre i en analyse vil bli beskrevet i Kapittel 2.5.

2.3 Risiko

Kaplan og Garrick (1981) beskriver risiko avhenger av hva du gjør, og hva du vet og ikke vet, men å være bevisst på risiko vil redusere risikoen. Det fins mange måter å benytte betegnelsen risiko og det er etablert mange måter å definere risiko. Aven et al. (2003) uttrykker at litteraturen om risiko er uryddig og preges av flere upresise definisjoner. Fortsatt den dag i dag fins det ingen universell definisjon (Yang og Haugen, 2015), men valg av definisjon for risiko avhenger av hva som skal beskrives. Vatn (2013) påpeker at det er viktig å ha presis tolkning av risiko for å kunne vurdere risikoen og bruke resultatene som grunnlag til beslutningsstøtte.

For å kunne diskutere risikobegrepet og benytte det i praksis, er det nødvendig med en forklaring av de ulike perspektivene som finnes av risiko. I henhold til Aven et al. (2003) kan man skille mellom tre hovedperspektiver som har ulike tilnærminger for å forstå og beskrive risiko. Disse tre perspektivene er:

- Et tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektiv
- Et kunnskapsbasert og beslutningsorientert perspektiv
- Samfunnsfaglige perspektiver

Det tradisjonelle perspektivet anser risiko som en objektiv egenskap knyttet til en aktivitet som studeres og kan måles med historiske tall. Ved bruk av historiske tall fra en gitt tidsperiode er det et anslag for den reelle, sanne sannsynligheten på risiko for kommende år, men tallet vil kun fungere som et gjennomsnittstall. Hvis data ikke er tilgjengelig, må man i slike tilfeller benytte risikoanalyser. Aven et al. (2003) beskriver at *det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet* anser at det ikke finnes en objektiv, reell risiko. Risiko er en vurdering og uttrykk for usikkerhet om hva som vil skje i fremtiden. Det historiske tallet beskrevet fra forrige perspektiv er, i dette perspektivet, ikke et estimat for kommende risiko neste år. Det historiske tallet benyttes som utgangspunkt for å fastsette risikoen, hvor usikkerheten blir uttrykt med sannsynlighet. I dette perspektivet anses det misvisende å bruke historiske tall, fordi samfunnet er stadig i endringer. Perspektivet baserer seg på hvem som har utført analysen, på hvilken måte og hvilke faktaopplysninger og grunnlag som er benyttet for å beskrive og uttrykke risikoen. Det siste risikoperspektivet er *de samfunnsfaglige perspektiver*, som kjennetegnes med å diskutere ulike aspekter knyttet til risiko, som vurdering, persepsjon, kommunikasjon, styring og ledelse.

Standarden NS 5814 (Standard Norge, 2008) definerer risiko som et uttrykk for kombinasjonen av sannsynlighet og konsekvensene av en uønsket hendelse. Standarden EN

50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) har lignende definisjon av risiko, men uttrykker risikoen som sannsynlighet eller frekvensen av en hendelse eller kombinasjon av hendelser som fører til en fare. Derimot har standarden ISO 31000 (Standard Norge, 2009a) definert risiko som virkningen av usikkerhet knyttet til et mål, hvor risiko ofte blir uttrykt som en kombinasjon av muligheten og konsekvenser for forekomst av en hendelse. Standarden benytter altså termen 'mulighet', som kan fastsettes objektivt, subjektivt, kvalitativt eller kvantitativt.

Den mest grunnleggende måten å definere risiko er sannsynlighet multiplisert med konsekvens. Kaplan og Garrick (1981) uttrykker denne definisjonen som misvisende siden den ikke skiller mellom situasjoner med høy sannsynlighet og lav konsekvens, og situasjoner med lav sannsynlighet og høy konsekvens. Kaplan og Garrick (1981) har etablert en alternativ kvantitativ definisjon av risiko, som innebærer at risiko er lik «set of triplets», $\langle s_i, p_i, x_i \rangle$. Der s_i er den identifiserte scenarioet 'i', p_i er sannsynligheten til scenario 'i' og x_i tilhørende konsekvensen av scenario 'i'. Basert på «set of triplets», er definisjonen av risiko å besvare tre spørsmål:

- i) Hva kan skje, eventuelt hva kan gå galt?
- ii) Hvor sannsynlig er det at det vil skje?
- iii) Hvis det skjer, hva er konsekvensene?

Vatn (2013) uttrykker risiko som usikkerhet ved forekomst og alvorlighetsgrad av uønskede hendelser, men påpeker nødvendigheten for å ha en annen definisjon for å uttrykke risikoen kvantitativt. Den kvantitative definisjonen gitt av Vatn (2013) tar utgangspunkt i «set of triplets» fra Kaplan og Garrick (1981), gitt at man også vurderer dialog og risikokommunikasjon (D) med interessenter, informasjon, teorier og forutsetninger (U) som legges til grunn for å vurdere risikoen, og resultatene fra verifikasjonsprosessen (V). Aven (2008a) beskriver en tilnærmet lik definisjonen gitt fra Vatn (2013). Definisjonen inkluderer at risiko er relatert til fremtidige hendelser (A), tilhørende konsekvenser (C), usikkerheten (U) knyttet til forekomst av hendelser og konsekvensene de medfører, samt sannsynligheten (P) for forekomst som er basert på vår kunnskap (K).

2.4 Risikovurdering

Risikovurdering har som formål å beskrive risiko ved etablering av risikobilde samt støtte beslutningstaking (Aven, 2008a). Vinnem (2014) utdyper at gjennom en strukturert og systematisk prosess vil risikovurdering avgjøre behovet for risikoreduserende tiltak. NS 5814

(Standard Norge, 2008) definerer risikovurdering som den samlede prosessen av risikoanalyse og risikoevaluering. Standarden definerer risikoanalyse som en systematisk fremgangsmåte, gjennom kartlegging av farer, årsaker og konsekvenser, for å beskrive og/eller beregne risiko, og en risikoevaluering er prosessen for å sammenligne beskrevet eller beregnet risiko med gitte risikoakseptkriterier. Til forskjell fra NS 5814, definerer ISO 31000 (Standard Norge, 2009a) risikovurdering som den samlede prosessen av risikoidentifisering, risikoanalyse og risikoevaluering. Dette innebærer at standarden betegner risikoidentifisering for identifisering av hendelser, årsaker og konsekvenser, og risikoanalyse som prosessen for å forstå og estimere risiko samt avgjøre risikonivået som gir grunnlaget for risikoevalueringen.

van Duijne et al. (2008) uttrykker viktigheten med en egnet risikovurdering som kan demonstrere at produsenter, industrier eller virksomheter anstrenger seg for å garantere sikkerhet for ansatte og produserte produkter. For å kunne demonstrere dette, mener van Duijne et al. (2008), at en risikovurdering bør ha god kvalitet med en grundig analyse av alle mulige farlige situasjoner, sørge for entydig system for estimering av risikonivå av risiko-scenarier samt ha en tilfredsstillende risikoevaluering.

En risikovurdering kan utføres i flere forbindelser. NS 5814 (Standard Norge, 2008) og Rausand og Utne (2009) utdyper at risikovurderinger skal støtte beslutninger angående sikkerhet ved situasjoner som valg eller prioriteringer, planprosesser, prosjektering eller ved prioritering av tiltak. Rausand og Utne (2009) argumenterer at risikoanalyse blir utført for å avdekke risiko som er knyttet til et tiltak, en aktivitet, et system eller en situasjon. Vatn (2013) påpeker at gjennomførelse av risikoanalyser kan utføres i ulike driftsfaser, men avhengig av nødvendig beslutningstøtte vil det være variasjon på formatet og tidshorisont i analysene. Aven (2008a) uttrykker forskjellene ved utførelse av risikoanalyser i fasene for planlegging og drift. I planleggingsfasen er en grov analysemetode å foretrekke, fordi det er ofte flere alternativer til beslutning og begrenset informasjon om disse alternativene. Ved tilfelle hvor mer informasjon er tilgjengelig, kan en mer detaljert analysemetode utføres. Vatn og Haugen (2013) beskriver tre ulike kategorier for risikoanalyser som er benyttet i det norske olje- og gassindustrien. Risikoanalysene blir kategorisert i strategisk analyse, kvalitativ design analyse og driftsanalyse. Strategisk analyse er ofte kvantitative med fokus på tekniske aspekter, der formålet er å utvikle sikkert design og driftsprosedyrer ved å vurdere akseptabelt risikonivå samt foreslå risikoreduserende tiltak. Kvalitativ design analyse fokuserer på system og er dermed mer spesifikk og detaljerte. Siste kategorien, driftsanalyse, er ofte kvalitative med benyttelse av risikomatrix for å klassifisere identifiserte farer og hendelser. Driftsanalysene blir gjennomført på begrensede problemområder, eksempelvis for en planlagt

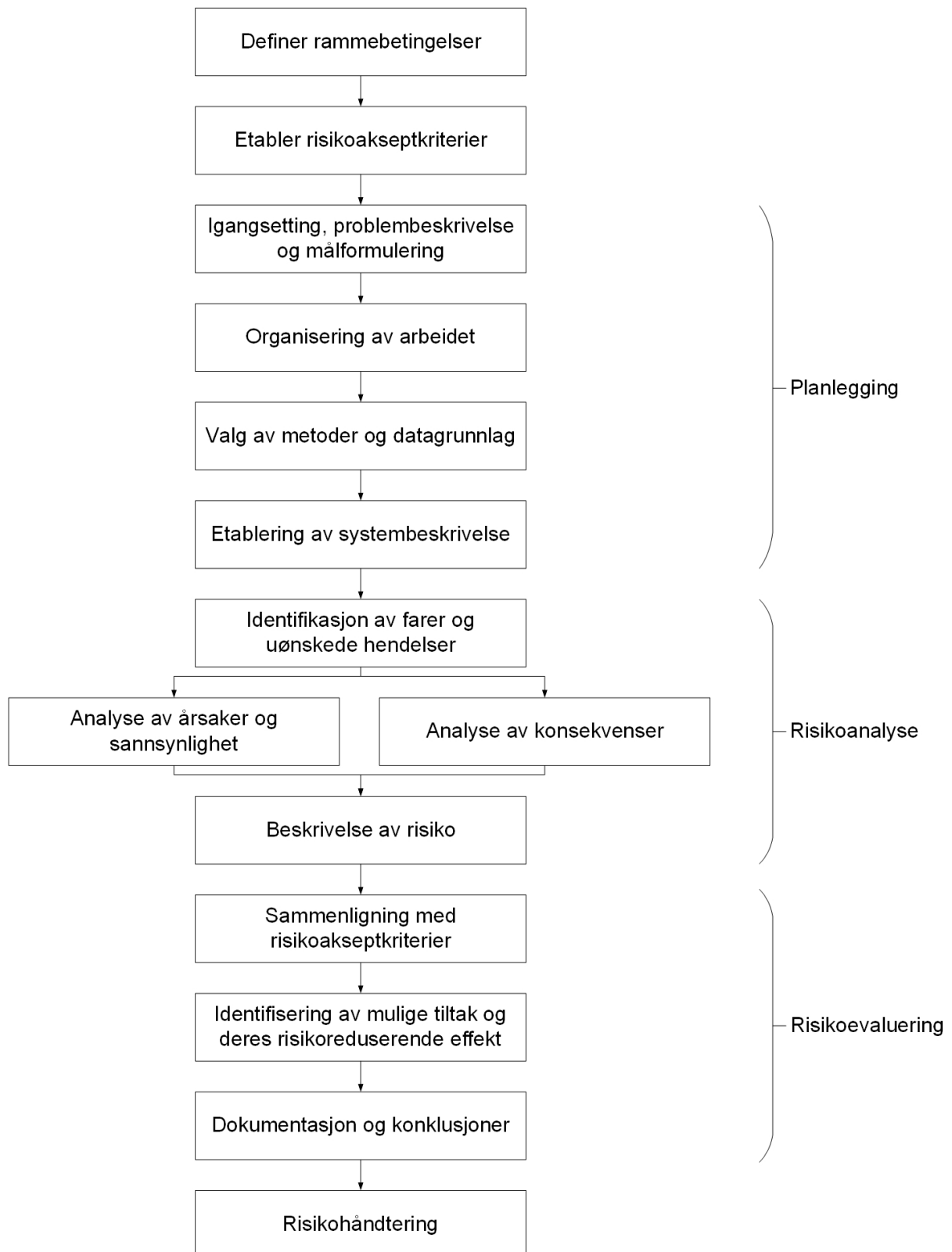
operasjon eller for å støtte en spesifikk beslutning. Aven (2008a) uttrykker at ofte blir risikovurderinger utført for å oppfylle krav fra myndigheter, men mener dette bør ikke være drivkraften.

Rapporten vil skille på bruk av termene risikoanalyse, risikoevaluering og risikovurdering. Ved bruk av begrepet risikovurdering i rapporten betyr det, i likhet med NS 5814 (Standard Norge, 2008), en helhetlig prosess av analyse og evaluering av risiko. En beskrivelse av risikoanalyse og risikoevaluering vil presenteres i de etterfølgende underkapitler. Risikovurderingsprosessen er illustrert i Figur 2.1 som er i henhold til NS 5814. Figuren er tilnærmet lik prosessen for risikovurdering eksempelvis fra ISO 31000, NORSOK Z-013, og Rausand (2011). Men illustrasjonen fra NS 5814 oppleves å være mest utfyllende, dermed er denne benyttet for å henvise til gjennomførelse av risikovurdering.

2.4.1 Risikoanalyse

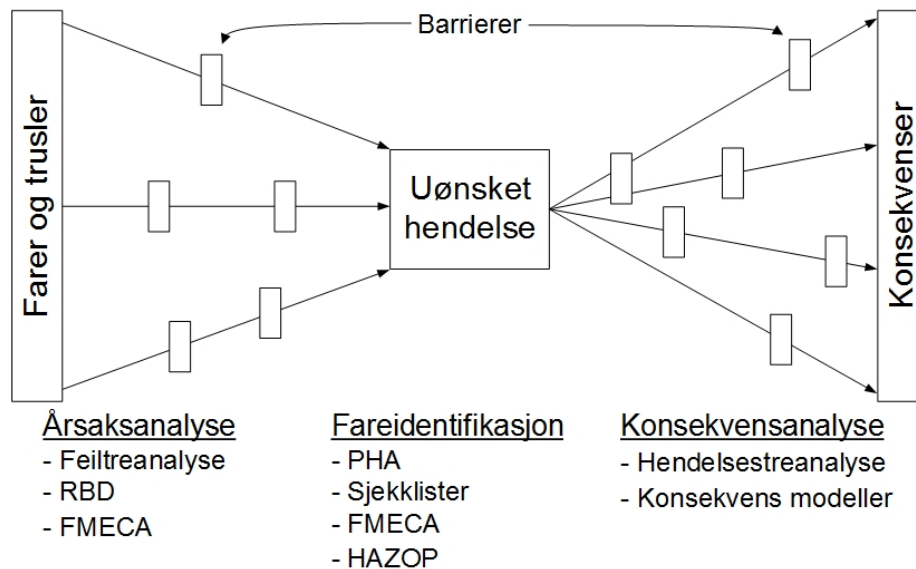
Risikoanalyse, som illustrert i Figur 2.1, består av tre trinn som besvarer spørsmålene fra Kaplan og Garrick (1981) samt en beskrivelse av risiko. Apostolakis (2004) beskriver denne fremgangsmåten som en top-down tilnærming. For å besvare spørsmålene benyttes tre analyser som utgjør fareidentifikasjon, årsaksanalyse og konsekvensanalyse (Rausand og Høyland, 2004). Arendt (1990) uttrykker når forståelsen av risikoen er tilstrekkelig kan man besvare første spørsmål ved evaluering på historisk erfaring, benytte analytiske metoder for å besvare spørsmål to, og evaluere konsekvenser gjennom kunnskap og intuisjon. Ofte utfører man risikoanalyser med ulike metoder, modeller og tilnærminger. En oversikt er presentert i Figur 2.2 som er illustrert i form av et bow-tie-diagram. I følge NS 5814 (Standard Norge, 2008) skal den valgte metoden gi robust beslutnings-støtte. Valget vil avhenge av problemstillingen, ressursene tilgjengelig, risikoakseptkriteriene man har fastsatt på forhånd, metodikken man planlegger for å håndtere risikoen samt tilgangen på data. Begrunnelsen av metoden skal ta hensyn til beslutningsrelevans, detaljeringsgrad og egnethet (Standard Norge, 2008).

Basert på resultatene fra årsak- og konsekvensanalysen, er formålet å etablere et risikobilde som beskriver risikoen for hver uønsket hendelse og den totale risikoen. Rausand og Utne (2009) beskriver risikobildet også blir kalt konsekvensspekter. Konsekvensspekteret lister opp alle mulige konsekvenser til et analyseobjekt med tilhørende sannsynligheter eller frekvenser for forekomst. Bow-tie-diagram kan også benyttes til dette formålet, som er en enkel metode for fremstilling av risikobildet, men et diagram må etableres for hver uønsket hendelse.



Figur 2.1 – Risikovurderingsprosess i henhold til NS 5814 (Standard Norge, 2008)

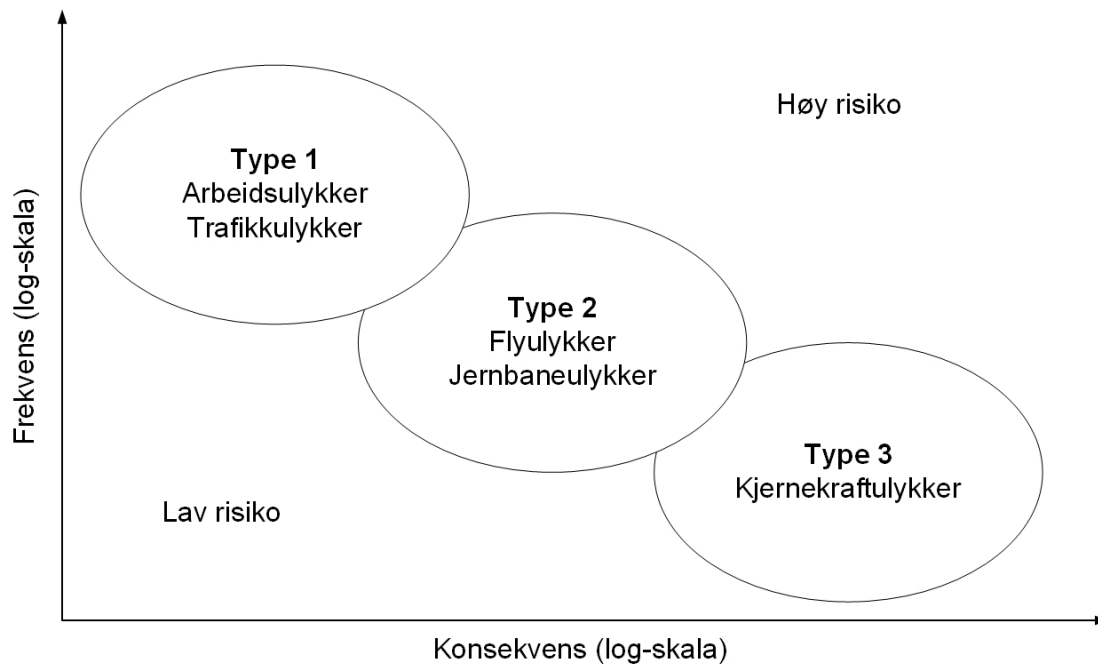
Aven et al. (2008) beskriver at bow-tie-diagrammet skal illustrere den uønskede hendelsen i midten, årsaker som leder til hendelsen på venstre side og konsekvensspekteret på høyre side. Dette er illustrert i Figur 2.2. Sannsynlighetsreducerende og forebyggende barrierer skal inkluderes med en vurdering av godheten til barrierene, som utgjør vurdering av ytelse og effekten barrieren har for å redusere risikoen.



Figur 2.2 – Trinnene i en risikoanalyse med analysemetoder, tilpasset fra Rausand og Høyland (2004)

Fokuset i rapporten er risikovurderinger ved prosjektering og bygging av jernbaneinfrastruktur til ferdig drift av systemet, og ulykker som kan forekomme under drift av jernbane. I følge Rasmussen (1997) er det hovedsakelig tre ulike risikostyringsstrategier som avhenger av karakteristikken til farekilden. Risikostyringsstrategiene er *empirisk strategi*, *utviklingsstrategi* og *analytisk strategi*. Rausand og Utne (2009) har også diskutert disse tre strategiene, men henviser strategiene til å være tre ulike typer ulykker. Henholdsvis type 1, type 2 og type 3 som illustrert i Figur 2.3, hvor hver av type ulykker er karakterisert etter frekvens og konsekvens. *Type 1* er ulykker som inntreffer regelmessig med lav konsekvens, eksempelvis arbeidsulykker og trafikkulykker. Rasmussen (1997) uttrykker at i type 1 kan risikoen styres empirisk, altså ved bruk av registrert data om ulykkene kan man anslå hva risikoen vil være i fremtiden basert på tidligere år. *Type 2* ulykker forekommer mer sjeldent og har større konsekvenser, eksempelvis flyulykker og jernbaneulykker (Rasmussen, 1997). Rausand og Utne (2009) uttrykker for å anslå risikoen for type 2 vil det ikke være tilstrekkelig å basere anslaget av frekvens og konsekvens fra tidligere ulykker. Man må i tillegg foreta en

risikoanalyse for å identifisere farer og scenarioer som ikke har forekommet til den dag i dag. *Type 3* ulykke er eksempelvis kjernekraftulykker som har lav frekvens med stor konsekvens, og er dermed uakseptable ulykker i henhold til Rasmussen (1997). Rausand og Utne (2009) beskriver at det har ingen mening å anslå risikoen basert på statistikk, fordi slike ulykker har begrenset datagrunnlag. En detaljert risikoanalyse må derfor gjennomføres for å anslå risiko.

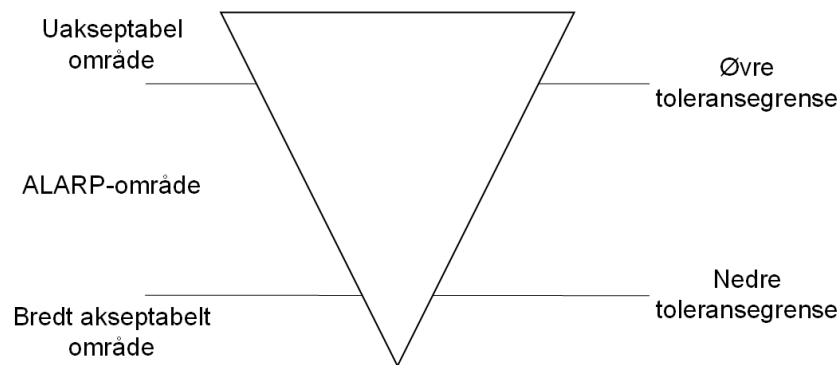


Figur 2.3 – Tre typer ulykker i henhold til Rasmussen (1997) og Rausand og Utne (2009)

2.4.2 Risikoevaluering

I følge NS 5814 (Standard Norge, 2008) skal en risikoevaluering bestå av en sammenligning av risikoakseptkriterier for akseptabel risiko mot resultatene fra risikoanalysen, identifisere risikoreducerende tiltak og vurdere tiltakenes effekt for å redusere risikoen. Videre utdyper standarden at en vurdering av tiltakene bør også inkludere dens funksjonalitet, integritet, robusthet og mulige andre effekter. Rausand og Utne (2009) beskriver barrierer kan implementeres for å enten fjerne eller redusere en farekilde, eventuelt skape avstand mellom farekilden og personer, redusere eksponeringen eller utvikle robuste systemer. Aven (2008a) utdyper basert på risikobildet kan man sammenligne ulike alternativer og løsninger, samt identifisere faktorer, forhold, aktiviteter, eller lignende, som er vesentlig for risikoen. Disse elementene gir et grunnlag for å velge mellom alternative løsninger, aktiviteter og tiltak, og dokumentere at man er på et akseptabelt nivå av risiko og sikkerhet.

I flere tilfeller kan det være hensiktsmessig å plassere resultatene av risikoanalysen i en risikomatrix som synliggjør de uønskede hendelsene innen gitte frekvens- og konsekvensklasser. I følge Duijm (2015) kan risikomatriser benyttes til beslutningstaking om risiko og for prioritering av hvilken risiko som må behandles først. Duijm (2015) utdyper at risikomatriksen kan deles inn i tre områder, henholdsvis etter prinsippet for ‘As low as reasonably practicable’ (ALARP-prinsippet). Illustrasjon av ALARP-prinsippet er presentert i Figur 2.4. Rødt område tilsier at risikoen ikke er akseptabel og krever risikoreduserende tiltak. Hendelser som faller i gult område, også kalt ALARP-området, krever nærmere vurdering. Etter ALARP-prinsippet skal man implementere risikoreduserende tiltak som er kostnads-effektive og er ikke urimelige høye mot nytten og effekten av å redusere risikoen (Norsk elektronisk komité, 1999). Grønt område tilsier at risikoen er akseptabel, men dersom risikoreduserende tiltak kan redusere risikoen ytterligere kan tiltak iverksettes. Rausand og Utne (2009) påpeker ved bruk av risikomatrix forutsettes det at virksomheten har etablert forhold som tilsier hvilken risiko som er akseptabel og ikke er akseptabel. I tilknytning fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016, s. 13) ble ALARP-prinsippet diskutert, hvor Health and Safety Executive (HSE (2001) har benyttet ALARP-prinsippet som rammeverk for tolererbar risiko. HSE (2001) presenterer risikotoleransegrenser som skiller de tre områdene i ALARP-prinsippet med tilhørende kvantitativt risikoakseptkriterium til hver grense.



Figur 2.4 – ALARP-prinsippet tilpasset fra Rausand (2011)

Standarden EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) presenterer risikomatrix som metode for risikoevaluering med foreslåtte og beskrevne kvalitative klasser for frekvens og konsekvens. Standarden benytter matrisen for risikoevaluering og akseptabel risiko, hvor matrisen henviser til fire risikonivåer og klasser som presenterer om risikoen er ubetydelig, akseptabel (eng: tolerable), uønsket eller uakseptabel (eng: intolerable) med tilhørende forslag for å redusere og kontrollere risikoen, men uten referanse til implementering av risiko-

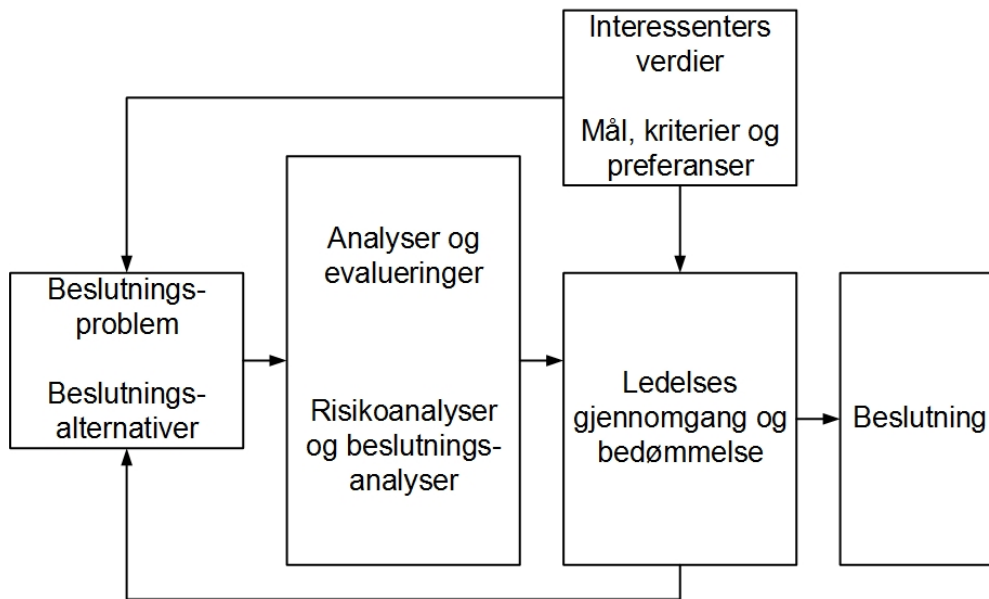
reduserende tiltak. Ved evaluering om akseptabel risiko, anbefaler EN 50126-1, at dette gjøres ved bruk av prinsipp, eksempelvis ALARP-prinsippet som henviser til behov for risikoreduserende tiltak.

I henhold til Aven et al. (2003), defineres akseptabel risiko som risikoen som aksepteres ved en beslutning. Fischhoff et al. (1981) uttrykker akseptabel risiko kan sees på som et beslutningsproblem og risiko er kun akseptabel hvis det finnes noen fordeler som kan kompensere for risikoen. Aven et al. (2003) har referert til Fischhoff et al. (1981) som lister i tillegg opp forhold som skaper utfordringer for å løse problemet med akseptabel risiko:

1. Vanskelighetene med å definere problemet og hensiktsmessige risikostørrelser.
2. Vanskelighetene med å vurdere de faktiske forhold.
3. Vanskelighetene med å uttrykke hvilke verdier som skal legges til grunn.
4. Vanskelighetene omkring den menneskelige faktor.
5. Vansker med å vurdere kvaliteten på beslutninger.

For å kunne ta beslutninger om risiko mener Amundrud og Aven (2015) at man behøver en risikoforståelse og deretter risikoerkjennelse. Risikoforståelse er en forutsetning for en ordentlig risikoredusering og er den fortolkete kunnskapen en har om risiko. Ved å ha en god risikoforståelse har man kunnskap om den sanne risikoen, har viten om de aspekter ved et system eller en aktivitet som bidrar mest mot risiko og vet hvilke hendelser som kan forekomme, samt tilhørende konsekvenser. I tillegg har en viten om usikkerheter og kunnskap fra datakilder og informasjon om hendelser og konsekvenser. Risikoerkjennelse er det som er oppnådd etter kunnskapen om risiko har sunket inn, med andre ord man aksepterer risikoen og beslutter de nødvendige handlingene (Amundrud og Aven, 2015).

Beslutningstaking kan ofte være utfordrende, Aven (2008a) uttrykker at denne prosessen er spesielt utfordrende ved situasjoner med høy risiko og store usikkerheter. Prosess for beslutningstaking vil generelt inkludere beslutningssituasjon og interessenter, målsetning, bruk av analyser for å støtte beslutningstaking samt gjennomgang og bedømmelse fra ledelsen. Denne prosessen er illustrert i Figur 2.5. Apostolakis (2004) konkluderer beslutningstaking til å være risikoinformert, ikke risiko-basert, og grunnlaget for beslutningstaking er normalt ikke kun basert på resultatene fra kvantitative risikovurderinger. Yang og Haugen (2015) påpeker ved risikoinformert beslutningstaking er informasjon om risiko viktig. Kaplan og Garrick (1981) beskriver at rasjonell beslutningstaking krever en klar og kvantitativ måte for å uttrykke risiko. Slik at i beslutningsprosessen blir risiko riktig vektet, mot kostnader og fordeler.



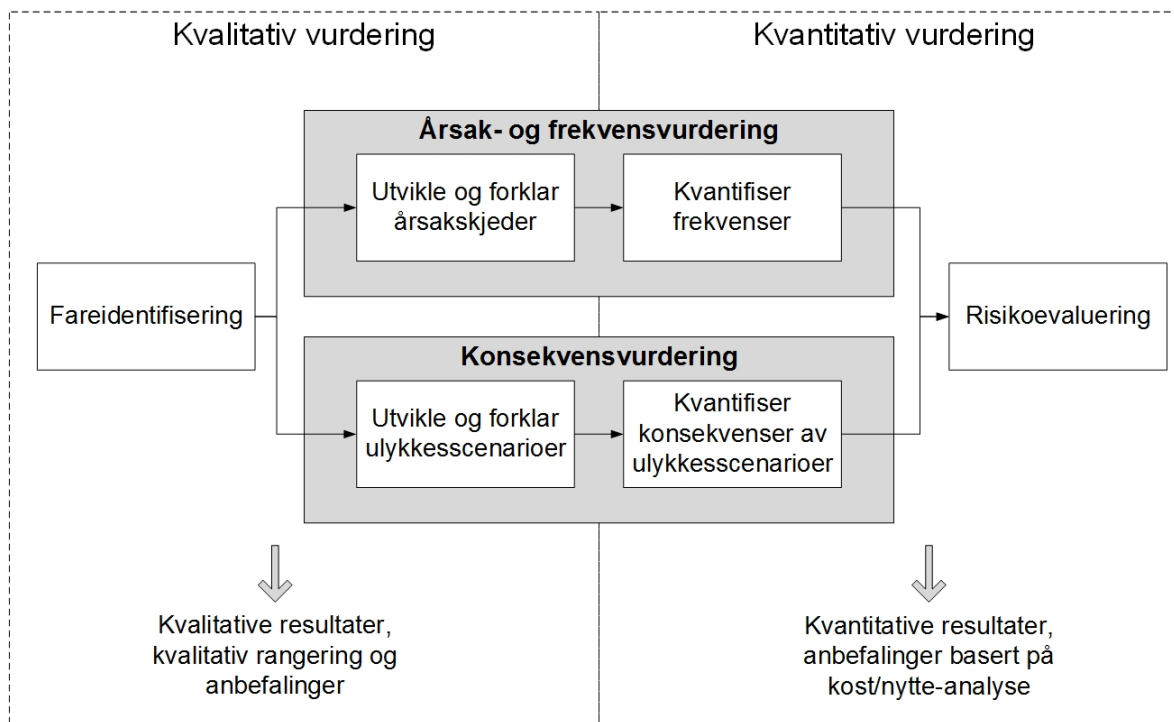
Figur 2.5 – Prosess for beslutningstaking i henhold til Aven (2012)

I en artikkel fra Yang og Haugen (2015) har de klassifisert beslutninger i et risikovurderingsperspektiv i fire kategorier. Henholdsvis beslutninger angående utførelse som deles opp i momentane beslutninger og beslutninger i nødsituasjon, samt beslutninger angående planlegging som deles opp i strategiske og operasjonelle beslutninger. Disse fire typene beslutninger blir evaluert av Yang og Haugen (2015) mot ulike typer risikoer og hvordan kvantifisere risiko. Strategiske beslutninger blir karakterisert som beslutninger med lang planleggingshorisont der risiko og nytte blir vurdert nøye. Operasjonelle beslutninger er definert med kort planleggingshorisont, der tiltak blir planlagt implementert innen kort tid. Momentane beslutninger blir besluttet ved avvik av normale arbeidsforhold, og beslutninger under nødssituasjon blir tatt for å unngå eller tilpasse farlige situasjoner. I henhold til Yang og Haugen (2015) vil ikke alltid kvantifisering være løsningen eller gi gode nok svar ved alle situasjoner. De påpeker ved tekniske beslutninger kan problemet med kvantitative risikovurderinger være mindre enn ved beslutninger angående praktisk anvendelse. Et alternativ er å gi en kvalitativ sammenligning mellom alternativer og beslutningskriterier (Yang og Haugen, 2015).

2.5 Tilnærminger i risikovurderinger

En av beslutningene man tar i forkant ved gjennomførelse av risikovurderinger er valg av tilnærming. For å beskrive risiko benytter man én av tre tilnærminger, henholdsvis kvalitativ, semi-kvantitativ eller kvantitativ tilnærming. En illustrasjon på forskjellen av kvalitativ og

kvantitativ tilnærming er presentert i Figur 2.6. Tilnærmingene vil utdypes i videre underkapitler. Kvantitative risikovurderinger er hovedfokus i oppgaven og vil derfor beskrives i mer detaljert omfang.



Figur 2.6 – Risikovurderingsprosessen med forskjell på kvalitativ og kvantitativ tilnærming i henhold til Arendt (1990) og Rausand (2011)

2.5.1 Kvalitativ tilnærming

Rausand (2011) og Ye (2017) definerer kvalitativ risikoanalyse der sannsynligheter og konsekvenser blir bestemt rent kvalitativt, og benytter ord for å beskrive frekvens og alvorlighetsgrad. Ayyub (2003) beskriver at kvalitative risikovurderinger evaluerer verdiene for sannsynlighet og konsekvens ved bedømmelse og ved noen anledninger ekspertvurderinger. Aven (2008a) refererer kvalitativ risikoanalyse som forenklet risikoanalyse, hvor risikobildet etableres gjennom en uformell prosess med idédugnader og gruppediskusjoner og risikoen kan bli presentert i en grov skala.

EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) påpeker for å få et realistisk estimat av sannsynligheten må vurderingen utføres med hensiktsmessig dybde. I følge EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) har kvalitative vurderinger fordeler i at det ikke krever detaljert informasjon eller data innsamling, er enkle i bruk og mindre kostbar enn kvantitative risikovurderinger. Ulempene inkluderer at antakelser krever grundig dokumentasjon og for

vurderinger av risiko med lav/høy konsekvens/frekvens kan kvalitative risikovurderinger være utilstrekkelig. ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) benytter betegnelsen viktighetsnivåer, som 'høyt', 'middels' og 'lavt', hvor konsekvens og sannsynlighet blir definert i en kvalitativ risikovurdering. Ved kombinasjon kan en definere risikonivået samt etterfølge en evaluering av nivået mot kvalitative kriterier. Aven et al. (2003) argumenterer for at det sjeldent brukes risikoakseptkriterier i kvalitative analyser, men brukes i større grad for kvantitative risikoanalyser. De utdyper ved kvalitativ tilnærming kan en løsning anses akseptabel når flere personer som innehar de nødvendige fagområdene, kunnskap og erfaring har en overveiende oppfatning om risikoen. Aven et al. (2003) presenterer også at man kan benytte sammenligningskriterier, der aksept oppnås når løsningen ikke har høyere risiko enn for etablert eller akseptert praksis.

2.5.2 Semi-kvantitativ tilnærming

Semi-kvantitativ tilnærming baseres på en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Rausand (2011) beskriver benyttelsen av en semi-kvantitativ risikoanalyse hvor man rangerer sannsynlighet/frekvens og konsekvens omtrentlig i bestemte klasser. ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) har en lignende definisjon, der semi-kvantitativ risikovurdering er en metode som benytter skalaer, enten lineære eller logaritmiske, med tallverdier for konsekvens og sannsynlighet, og ved kombinasjon gir dette et risikonivå.

En annen måte å referere til semi-kvantitativ risikoanalyse er gitt av Aven (2008a) hvor han presenterer metoden som standard risikoanalyse. Standard risikoanalyse, beskriver Aven som en mer formell prosess, der risikoanalysemetoder kan benyttes og risikoen kan bli presentert i en risikomatrise.

2.5.3 Kvantitativ tilnærming

Ved kvantitative risikovurderinger er sannsynlighet eller frekvens fullt ut kvantifisert (Ye, 2017) og man etablerer et konsekvensspekter med tilhørende sannsynligheter (Rausand, 2011). Kvantitative risikovurderinger baserer seg på sannsynlighets- og statistiske metoder, og databaser som kan identifisere numeriske verdier for sannsynlighet og konsekvens (Ayyub, 2003). Aven (2008a) refererer kvantitative risikoanalyser som modellbasert risikoanalyse, hvor risikoen blir kalkulert ved bruk av teknikker som feiltreanalyse (FTA) og hendelsestreanalyse (ETA). Resultatene av risikoen blir presentert numerisk i form av mål mot ulike risikometrikker (Johansen og Rausand, 2014). Vinnem (2014) utdyper dette og

beskriver ved beregning av dødsrisiko skal presentasjon av risiko som et minimum bestå av parameterne potential loss of life (PLL), fatal accident rate (FAR), individual risk per annum (IRPA) og grupperisiko. En presentasjon av risikometrikker og hvordan disse beregnes ble presentert i fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016, s. 15). Disse parameterne etablerer et risikobilde som er grunnlaget for risikoevalueringen (Aven, 2008b).

Ved kvantitativ risikovurdering, beskriver Rausand og Utne (2009), viktigheten ved risikobilde. Flage og Aven (2009) uttrykker at en kvantitativ risikovurdering skal gi et informativt bilde av risiko, som også er formålet for alle risikovurderinger, men for kvantitative analyser er det en forutsetning å gi ordentlig behandling av usikkerhet. Vinnem (2014) poengterer ved presentasjon av resultatene fra en kvantitativ risikovurdering bør resultatene være detaljerte for å gi god innsikt til leser.

I følge En 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) har kvantitative risikovurderinger fordeler i at de er mer nøyaktige enn kvalitative så fremt tilstrekkelig data er benyttet og kan gi en bedre forståelse av årsaker og konsekvenser av farer. Ulempene til kvantitative risikovurderinger inkluderer at vurderingene er komplekse, krever mye data, er mer kostbare og kan krever betydningsfulle ressurser. EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) beskriver at kvantitative risikovurderinger bør vurderes ved omstendigheter som er betydelige og mener det er utilstrekkelig å utføre kvalitative risikovurderinger av ulykker med lav konsekvens og høy frekvens, og ulykker med høy konsekvens og lav frekvens.

I henhold til Ye (2017) er kvantitative risikovurderinger mer ressurs- og tidskrevende fordi det vil kreve ekspertise, samt vil resultatene være mindre subjektive, derimot kan alternativene for risikoreduserende tiltak sammenlignes lettere. Ye (2017) evaluerer analysen til å være mer anvendbar for hendelsesscenarioer som er komplekse, ukjente og har høy konsekvens med lav frekvens. Ved analyser av tekniske systemer belyser Ayyub (2003) fordeler å evaluere kvantitativt for å kunne kutte ned på kostnader som unødvendig og kostbare utgifter på redesign, reparering eller utskifting av komponenter. Beslutningstaking for komplekse teknologiske systemer har Apostolakis (2004) beskrevet fordeler og begrensninger ved bruk av kvantitativ risikovurdering. Fordelene inkluderer at kvantitative risikovurderinger gir en felles forståelse av problemet som kan kommuniseres til interessenter, og vurderingen fokuserer på kvantifisering av usikkerhet ved å skape et bilde av hva eksperter vet og ikke vet om problemet. Begrensningene omfatter blant annet mangel på modellering av menneskelige feilhandlinger og mangel på inkludering av sikkerhetskultur. Center for Chemical Process Safety (2010) (CCPS) presenterer, i likhet med Apostolakis (2004), ulike begrensninger som en kvantitativ risikoanalyse kan medføre hvor mesteparten

av begrensningene stammer fra usikkerhet. CCPS fremhever eksempler på begrensninger som utilgjengelighet på nødvendig data eller antakelser i modellering av frekvens eller konsekvens, hvor begge begrensningene kan medføre usikkerheter i estimerer for konsekvens, frekvens og risiko. Andre begrensninger involverer ressurser i form av personell eller tid, som kan påvirke analysens dybde og kvalitet. I tillegg er utilgjengelighet på ferdigheter en begrensning, som kan føre til feilaktig tolkning av resultatene (CCPS, 2010).

2.5.4 Valg av tilnærming

I henhold til Ye (2017) er det analytikerens ansvar å velge hensiktsmessig tilnærming. Risikovurderinger skal støtte beslutningstaking, med dette i fokus begrunner ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) at valg for uttrykkelse av risiko bør ha utgangspunkt i informasjon som er tilgjengelig og hvilken type risiko som analyseres. I tillegg avhenger valg av tilnærming omstendigheter som formålet med analysen, grad av usikkerhet i dataene, tilgjengelig informasjon og ressurser i form tid, budsjett og av ferdigheter, kompetanse og erfaring til analytikere (Standard Norge, 2009b). Standarden fremhever også at valg av tilnærming i en risikovurdering avhenger av hva behovet er for beslutningstakere, om det er behov for detaljer eller om det er tilstrekkelig med en mer generell forståelse (Standard Norge, 2009b). Basert på hva man behøver ved beslutningstaking, mener Ayyub (2003) at en kvalitativ tilnærming på risikovurdering ikke tilbyr analyser med detaljert informasjon, men avhengig av hvem som utfører analysen kan de subjektive prosessene medføre ulike utfall i resultatene. Derimot ved en kvantitativ tilnærming, argumenterer Ayyub (2003), at analysene krever kvalitetsdata for å få eksakte resultater, men gir en mer ensformig forståelse. Alt i alt, beskriver Ayyub (2003) at valget bør baseres på hvilket nivå av analysen man bør kreve for å kunne ta en sikker beslutning, dyktigheten eller evnen til personell for å uttrykke informasjonen, men også på viktigheten av å få numeriske eller ikke numeriske verdier for å ta beslutninger. ISO 31000 (Standard Norge, 2009a) utdyper at valget bør være forenlig med risikoakseptkriteriene og standarden påpeker at faktorer som motstridene meninger blant eksperter, usikkerhet, tilgjengelighet og kvalitet bør uttrykkes og kommuniseres til beslutningstakere.

NORSOK Z-013 (NORSOK Standard, 2010) beskriver fremgangsmåte for årsak- og konsekvensanalysen, med tilhørende krav stilt for begge analysene med henholdsvis kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Krav til kvalitativ analyse av årsak og konsekvens krever NORSOK Z-013 at detaljnivået skal være egnet i forhold til risikovurderingens kontekst samt

skal årsak- og konsekvensanalysen reflektere et bredt erfaringsgrunnlag. For kvantitativ analyse av årsaker, krever NORSOK Z-013 at en skal etablere en frekvens for hver initierende hendelse, der data for svikt og ulykker blir brukt skal dataen være egnet i forhold til konteksten av studien og metoden. Ved mangel på representativt og hensiktsmessig data, skal en supplere med eksplisitt analyse av mulige årsaker for initierende hendelser. For krav til kvantitative konsekvensanalyser krever NORSOK Z-013 at detaljnivået skal være egnet i forhold til analysens formål og kontekst, og hvor det er relevant lister standarden opp tilfeller hvor separate hendelsestrær skal etableres.

ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) påpeker en full kvantitativ analyse ikke alltid er mulig og samtidig ikke alltid ønskelig, og en semi-kvantitativ eller kvalitativ rangering av risiko er effektivt nok. Medførende faktorer kan være utilstrekkelig informasjon om aktiviteten eller systemet, mangel på data eller involvering av menneskelige faktorer (Standard Norge, 2009b). Rausand og Utne (2009) har samme argumentasjon, og supplerer at i flere tilfeller er kvalitativ analyse tilstrekkelig, men når resultatene krever mer detaljer må kvantitativ analyse gjennomføres. I henhold til Ye (2017) kan en vurdere om prosjektet har enkelt design, da forståelsen for farer og risiko vil være enkelt. For prosjekter som involverer kompleks eller ukjent design, uttrykker Ye (2017) at kvalitativ tilnærming kan benyttes for avskjerming og videre benytte kvantitative analyser. Denne alternative prosessen fremhever også NS 5814 (Standard Norge, 2008). Standarden beskriver å innlede risikoanalysen av årsak og konsekvens med kvalitativ tilnærming med formål å anskaffe oversikt på risikonivået, og deretter avgjøre behovet for mer detaljert analyse av risiko ved utførelse av kvantitativ analyse.

Aven (2008a) diskuterer at en kvalitativ risikoanalyse har evnen til å fange mer relevante faktorer og er dermed mer hensiktsmessig enn kvantitative analyser. Dette er begrunnet med at kvantitative beregninger er ressurskrevende og vil ofte kreve forenklinger, forutsetninger og antakelser, som kan gi inntrykk på en presis måte å uttrykke risiko. Aven (2008b) argumenterer med at en kvalitativ eller semi-kvantitativ analyse kan etablere et omfattende risikobilde og er derfor en bedre erstatter for kvantitative risikovurderinger. Vinnem (2014) sier seg uenig mot at kvalitative risikovurderinger er bedre, kun fordi tallene er så usikre. Vinnem (2014) mener det er essensielt at risikovurderinger er kvantitative for å få samme nivå av presisjon som andre studier som er benyttet i prosessen for beslutningstaking, samt at nivået av presisjon i en analyse forbedres ved kvantifisering. Videre påpeker Vinnem (2014) at gjennomførelse av kvantitative studier må det gis oppmerksomhet for evaluering av usikkerhet og modellens følsomhet. Hvis dette gjøres, mener Vinnem (2014) at kvantitative

studier i noen tilfeller er mer troverdig enn kvalitative, fordi kvalitative risikovurderinger kan lettere manipuleres for å konkludere med hva beslutningstakere foretrekker. Vinnem (2014) har også en annen god betraktning og uttrykker at i studier er det ofte best å bruke 'kvantitative studier i en kvalitative måte'. Med andre ord, kvantifiseringen er kun et middel for å oppnå bedre beslutninger og verdiene er kun for å demonstrere viktige evalueringer. Apostolakis (2004) kommer med lignende argumentasjon som Vinnem (2014), ved å beskrive at usikkerheter eksisterer uansett om en kvantitativ risikovurdering blir utført eller ikke. Han begrunner at med kvantitativ informasjon tilgjengelig, kan beslutninger bli tatt bedre.

På lignende måte innen samfunnsforskning må man beslutte for valg av kvalitativ eller kvantitativ metode. Tjora (2017) fremhever at hensyn må tas på faglige og praktiske forhold, som tilgang til ressurser og ikke minst hva forskerens lyst for valg av metode, fordi lyst kan avhenge av blant annet erfaringer og personlighet. Johannessen et al. (2010) begrunner at valg av tilnærming blir bestemt av problemstillingen, men også ressurser som i tid og kostnad.

2.6 Risikoberegning

Til nå er det presentert litteratur om definisjon av risiko samt hvordan risiko kan uttrykkes ved ulike tilnærminger i en risikovurdering. Hovedfokuset i rapporten er kvantitative risikovurderinger, og det er derfor nødvendig å inkludere litteratur om kvantifisering av risiko. I Kapittel 2.2 ble det gitt en presentasjon av ulike perspektiver for å beskrive risiko. Hva som er hensiktsmessig å benytte avhenger av situasjonen. Måten vi velger å forstå og beskrive risikoen har stor innflytelse på fremgangsmåten for risikoanalysen. Kaplan og Garrick (1981) argumenterer at risiko må vurderes mot et beslutningskonsept, og meningen med å kvantifisere risiko er å gi innspill til et beslutningsproblem som involverer risiko, kostnader og nytte.

Hubbard (2014) trekker frem tre grunner på hvorfor noen mener at noe ikke kan bli målt, årsakene utgjør; konsept, objekt og metode av målingen. Konsept innebærer at en ikke forstår hva definisjon og hva måling betyr. Objekt utgjør ikke veldefinert forståelse av objektet som skal måles. Sistnevnte, metode, henviser til manglende kjennskap av metoder for å kunne foreta målinger. Rausand og Utne (2009) beskriver ved måling eller vurdering av risiko er det tre elementer som må undersøkes. Innledende må man se på hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe, for hver av hendelsene må man se på sannsynligheten eller frekvensen og avsluttende hvilke konsekvenser hendelsene medfører. Med andre ord, er de tre elementene besvarelse av Kaplan og Garrick (1981) tre spørsmål.

Garrick (2008) uttrykker viktigheten av at målet for risiko reflekterer og kommuniserer tilliten og usikkerheten. Risiko kan uttrykkes på flere måter, av disse presenterer Vinnem (2014) og Aven et al. (2008) blant annet ved fordeling, enkel sannsynlighet for bestemte konsekvenser og forventningsverdier, hvor sistnevnte er mest vanlig. Rausand og Utne (2009) beskriver at begrepet sannsynlighet benyttes for å gi en uttalelse om hvor ofte en hendelse vil inntreffe eller ikke i fremtiden. Sannsynlighet kan uttrykkes med ord eller som tallverdi i intervallet 0 til 1 eller mellom 0 % til 100 % om man regner i prosenter. Frekvens kan benyttes i stedet for sannsynlighet i en risikoanalyse for situasjoner hvor en hendelse kan inntreffe flere ganger i løpet av tidsperioden som betraktes i analysen (Rausand, 2011).

Rausand (2011) beskriver at det er tre hovedtilnærminger for sannsynlighet:

- a. Den klassiske tilnærmingen
- b. Frekventist-tilnærming
- c. Den Bayesianske tilnærmingen.

Den klassiske tilnærmingen forutsetter at alle situasjoner har et antall mulige utfall, hvor hvert utfall har samme sannsynlighet for å inntreffe, der sannsynlighet betegnes $P(A)$. *Frekventist-tilnærmingen* er kun anvendelig for fenomener som kan gjentas et antall ganger under de samme betingelsene. Garrick (2008) beskriver at frekvens benyttes for hendelser som periodisk tilbakevender, og kan uttrykkes i forekomster per dag, per år eller per forsøk. I følge Kaplan (1997) blir frekvens ofte kalt objektiv sannsynlighet, siden den er målbar ved gjennomføring av eksperiment. *Den Bayesianske tilnærmingen* anser sannsynligheten for å være subjektiv. Aven (2010) utdypet at sannsynlighet kan fortolkes som et subjektivt mål for usikkerhet om forekomst av en fremtidig hendelse basert på bakgrunnsinformasjon og kunnskap til den som gjennomfører analysen. I risikoanalyser er den Bayesianske, subjektive, tilnærmingen mest brukt. Rausand og Utne (2009) argumenterer for dette med å beskrive at det er ikke realistisk å anta at hendelser kan gjentas flere antall ganger under de samme betingelsene i en risikoanalyse.

ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) presenterer tre tilnæringsmetoder for beregning av sannsynlighet, som inkluderer bruk av historisk data, prognoser av sannsynlighet og ekspertoppfatninger. *Historiske data* er til hjelp for identifisering av hendelser som har forekommet i fortiden. Hensyn må tas hvis det er funnet få forekomster, dette kan medføre usikkerhet i sannsynlighetsberegningen. Ved bruk av datakilder, beskriver NS 5814 (Standard Norge, 2008) følgende faktorer skal vurderes; relevans, alder på data, datamengde, underrapportering og nøyaktighet. *Sannsynlighetsprognoser* utføres ved hjelp av metoder som FTA og ETA, der utledning av verdiene gjøres ved analyse av systemet, aktiviteten, eller hjelp av datakilder,

som kombineres for å gi en verdi til topphendelsen. *Ekspertoppfatninger* er tredje tilnæringsmetoden, som baseres på tilgjengelig informasjon for å beregne sannsynligheter.

2.6.1 Usikkerhet ved beregning av risiko

Aven (2008a) poengterer at en risikoanalyse gir kun en beskrivelse av risiko som skaper et grunnlag for valg av tiltak eller løsninger, med andre ord, en risikoanalyse vil ikke gi ett direkte svar. Av og til kommer man i situasjoner hvor usikkerheten er stor og kunnskapen om risikoen for liten. Men Aven (2008a) påpeker at en risikoanalyse skal utføres akkurat for dette formålet, å systematisere og beskrive kunnskapen og mangel på kunnskapen om analyseobjektet i fokus. Uansett nivå av usikkerhet som eksisterer, må en beslutning bli tatt. Sannsynlighet er kun et verktøy for å uttrykke usikkerheten, siden dette utgjør hovedkomponenten av risiko (Flage og Aven, 2009). Kaplan og Garrick (1981) uttrykker avhengig av hvem som observerer, er risiko relativt, altså en subjektiv ting. Aven (2012) beskriver at det eksisterer ingen sann sannsynlighet, fordi gitt sannsynlighet er kun et mål for usikkerheten til en hendelse angitt fra en analytikers synsvinkel og kunnskap. Ved tildeling av verdier for sannsynlighet er dette basert på nåværende kunnskap, som dekker historisk data, kunnskap om hendelser og farer, og forutsetninger (Aven, 2012). Hubbard (2014) utdyper dette ved å forklare at sannsynlighet refererer til en observatørs 'grad av tro'. van Breugel (1998) uttrykker at utfordringer forekommer særlig ved tildeling til den teoretiske risikoen for hendelser som har lav sannsynlighet og høy konsekvens, fordi problemer kan dukke opp med mangel på statistisk data. I dette tilfellet kan utfordringer være å velge mellom å tildele frekvens eller dømme etter grad av tro. Garrick (2008) uttrykker viktigheten med presisjon. Ikke henholdsvis for antall desimal tall, men presisjon for hvor godt man viser til usikkerheter ved kvantifisering av tall. Ved å inkludere kunnskapen bak tallene, som er støttet av bevis, gjør at man kan ta beslutninger som er basert på tilgjengelige erfaringer og ikke mot antakelser.

Rausand (2011) definerer usikkerhet som et mål for tilliten en har for resultatene av risikovurdering. Det er to typer usikkerheter som er involvert, aleatorisk og epistemisk. Flage og Aven (2009) viser til at aleatorisk usikkerhet ofte er knyttet til usikkerheten i $P(A)$. Aleatorisk usikkerhet er, i henhold til Rausand (2011), usikkerhet forårsaket av naturlig variasjon og tilfeldigheter. Epistemisk usikkerhet er forårsaket av mangel på kunnskap for verdien av $P(A)$, samt er det epistemisk som er den eneste som kan bli redusert (Flage og Aven, 2009), ved å tilegne seg tilstrekkelig kunnskap om analyseobjektet (Rausand, 2011).

Rausand (2011) henviser til tre bidragsytere for usikkerhet i en risikovurdering som er usikkerhet i modell, parameter og fullstendighet. Usikkerhet i modell refereres til valget og forståelsen av modellen som benyttes i analysen. Usikkerhet i parameterne omhandler kvaliteten av datainnsamlingen, mengde data og bruk av ekspertvurderinger. Usikkerhet ved fullstendighet refereres mot kvaliteten av hele risikoanalyseprosessen, herunder om bakgrunns materialet er korrekt og om alle uønskede hendelser er identifisert. Vinnem (2014) presenterer, i likhet med Rausand (2011), tre hovedkilder til usikkerhet og deler disse opp i; (i) variasjoner i antall personer som blir benyttet i kalkulasjonene, (ii) graden av forenklingene i modelleringen, og (iii) den fullstendige kunnskapen om aktuelle scenarioer.

2.6.2 Omfanget for beregning av risiko

Standarden NS 5814 (Standard Norge, 2008) beskriver at årsak- og konsekvensanalysen skal etter hensiktsmessighet utføres med et detaljeringsnivå avhengig av hva som er målet med risikovurderingen og de beslutninger som skal tas, hva som er tidligere satt av avgrensninger i analysen samt tilgjengeligheten på relevant og nøyaktig data. Detaljeringsnivået som er bestemt for årsak- og konsekvensanalysen skal være i samsvar med avsluttende risiko-beskrivelse, men valget av kvalitativ og kvantitativ tilnærming er også avhengig av de fastsatte risikoakseptkriteriene. I likhet med NS 5814 uttrykker ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) graden av nøyaktighet ved analyse for risiko avhenger av bruken, tilgjengelighet på pålitelig data samt behov for beslutningstaking. EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) har beskrevet nødvendig grad av analysen for å demonstrere sikkerhet avhenger blant annet av delsystemet som er under vurdering, ukjente deler av systemets design eller anvendelse samt risikonivået. I tillegg uttrykker standarden at detaljnivået i risikoanalysen bør være bredt tilpasset risikoen. Ofte kan kvalitative risikovurderinger være nok for de fleste farer, men standarden påpeker at for farer som kan potensielt lede til konsekvenser av stort eller katastrofalt utfall, kan det kreve en full eller delvis kvantitative risikovurdering. EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) påpeker derimot at det er utfordrende å vurdere risikoen i disse tilfellene, fordi frekvensen og alvorlighetsgraden er lite kjent, derfor er det viktig å gi anerkjennelse til usikkerhet.

2.7 Retningslinjer

Som en del av litteraturstudien vil kapitlet presentere håndbøker skrevet om etablering av retningslinjer henholdsvis fra WHO, Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN),

American Psychological Association (APA) og NICE. Alle håndbøker som er funnet i forbindelse med litteratursøket har sitt opphav i helsesektoren. Derfor vil det i tillegg bli gitt en kort introduksjon til hvordan håndbøkene til Bane NOR og Statens Vegvesen er bygget opp. Litteraturen om retningslinjene blir benyttet som inspirasjon og tips for oppbygning av retningslinjen for kvantifisering av risiko i risikovurderinger.

2.7.1 Etablering og utvikling av retningslinjer

Håndboken fra WHO (2014) er utarbeidet for medlemmer og andre som er interessert i hvordan WHO utvikler retningslinjer. WHO (2014) skiller mellom fire ulike typer retningslinjer. Første typen er standard, der formålet er å gi nye anbefalinger mot et spesifikt tema og omfanget av retningslinjen er enten fokusert eller omfattende. Den andre typen er konsolidert retningslinje med formål å samle eksisterende veiledninger om en tilstand der omfanget av retningslinjen er omfattende. Midlertid retningslinje er den tredje typen, som etableres for å gi veiledning om nye inngrep som oppstår. Siste typen er retningslinjer som blir etablert ved akutte situasjoner eller hendelser.

WHO (2014) anbefaler å identifisere målgruppen, beskrive formålet, målsetningene og hva retningslinjen skal oppnå. Elementene skal utdype om retningslinjen vil gi veiledning om et usikkert tema, hvilke mål en ønsker å forbedre eller det er et tema som behøver veiledning. I likhet mener SIGN (2015) at en retningslinje bør inneholde en introduksjon som beskriver behovet for retningslinjene og definisjoner, i tillegg mener APA (2002) at introduksjon bør henvise til prosessen for utvikling. Når behovet for retningslinjen og sluttbrukere av produktet er identifisert, beskriver WHO (2014) at man må vurdere de nødvendige ressursene er tilgjengelig samt i hvilke detalj og format som er mest nyttig for brukere av retningslinjen. Ved avsluttende del av planleggingen skal man avgjøre omfanget og rammeverket for retningslinjen. NICE (2014) beskriver i likhet med WHO (2014) at prosessen for å bestemme omfanget bidrar til å fastsette hva retningslinjene skal inneholde og ikke. I henhold til NICE (2014) kan anbefalinger bli utviklet basert på bevis vitenskapelig dokumentasjon, eventuelt fra ekspertvitnemål og interessenters synspunkt.

I henhold til APA (2002) skal retningslinjer være fornuftige, ha hensiktsmessige mål, samt inneholde utsagn som foreslår eller anbefaler behandlinger, ulikt fra standarder som er obligatoriske. Anbefalingene som gis, skal ifølge NICE (2014), være klare og forståelig for brukere samt basert på best tilgjengelige bevis. Videre foreslår NICE (2014) tre nivåer av sikkerhet i anbefalingene; (i) anbefalinger for aktiviteter som skal eller ikke skal bli brukt, (ii)

anbefalinger for aktiviteter som kan bli brukt, og (iii) anbefalinger for aktiviteter som må eller må ikke bli brukt. SIGN (2015) utdyper at hoveddelen av retningslinje kan bestå av en klar uttalelse om problemet som er under vurdering, en forklaring på behandlingsalternativer samt en oppsummering av konklusjoner og anbefalinger basert på bevis.

APA (2002) har beskrevet ulike kjennetegn eller egenskaper knyttet til retningslinjer. Kjennetegnene inkluderer blant annet at retningslinjene kan demonstrere behovet for dokumentet, har et klart definert avgrenset omfang, retningslinjene gir interesserte parter informasjon om praksis, de er fleksible, benytter aktuell teori, er gjennomførbar, gir klarhet samt har et utvetydig språk. NICE (2014) mener ordvalget er et av de viktigste stegene i utvikling av retningslinjer, for retningslinjen må være kortfattet, utvetydig samt lett overført til praksis. I følge NICE (2014) skal ordvalget først og fremst fokusere på handlingene, det vil si å gi anbefalinger mot hva som skal gjøres med direkte instruksjoner. Ordvalget skal inkludere hva brukere trenger å vite, og unngå unødvendige detaljer. Språket og formulering av retningslinjene behøver å være klar og skrevet med aktiv stemme (WHO, 2014). Videre anbefaler WHO (2014) å benytte ulike uttrykk som 'skal' og 'sterkt anbefalt' for sterke anbefalinger, samt 'foreslå' og 'vurdere' for betinget anbefalinger. Derimot, uttrykker APA (2002) at praksisretningslinjer unngår ordbruk som 'skal' og 'må' fordi det gir uttrykk for obligatorisk hensikt. APA anbefaler istedenfor å benytte ord som 'oppmuntre', 'anbefale' og 'streve'.

2.7.2 Håndbøker i transportsektor

I transportsektoren, henholdsvis for jernbane og vegbane, har Bane NOR og Statens vegvesen etablert håndbøker med ulike dokumenter som er tilgjengelig for nedlastning på deres respektive nettsider.

Statens vegvesen har etablert håndbøker som er delt opp i to nivåer, der nivå én betegnes som *normal og retningslinje*, og nivå to er *veiledning*. Statens vegvesen (2017) beskriver på deres nettsider at nivå én utgjør kravdokumenter, der normaler gjelder for all offentlig veg/gate samt er hjemlet i lovverk, og retningslinjer gjelder kun for riksveg og er hjemlet i lovverk eller etter instruks fra Vegdirektør. Nivå to utgjør hjelpedokumenter som støtter nivå én med detaljert beskrivelse for hvordan normalkravene kan brukes. Statens vegvesen har utarbeidet og kategorisert håndbøkene inn i hovedtemaer som blant annet vegbygging, bruer, tunneler, drift og vedlikehold, planlegging, og grunnerverv og bygging. Der håndbøkene igjen, i noen tilfeller, består av én eller flere normaler, retningslinjer og tilhørende

veiledninger. Eksempelvis under hovedtema tunneler, er normaldokumentet «N500 Vegtunneler», med tilhørende tre retningslinjer, inkludert «R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler Del 1», samt veiledning «V520 Tunnelveiledning». Samtlige normaler, inkludert N500, beskriver gyldighet/fravik med det som er presentert i normalen, ved bruk av ordene ‘skal’, ‘bør’ og ‘kan’. Både ‘skal’ og ‘bør’ er krav og kan kun fravikes med begrunnelse. Derimot er ‘kan’ en anbefaling og behøver ikke begrunnelse for fravik.

Bane NOR har utarbeidet håndbøker for RAMS og sikkerhet, som skal etterleves i alle prosjekter som gjennomføres i Bane NOR. Håndboken for sikkerhet samt relevante dokumenter fra RAMS-håndboken, er fokuset for denne rapporten. Sikkerhetshåndboken består av krav, retningslinjer og maler. Det kan antydes at krav-dokumentene er elementer som skal være oppfylt, og retningslinjene beskriver fremgangsmåte og hvordan kravene skal bli oppfylt, og der det er nødvendig er malene tilgjengelig for en standardisert metode eller oppsett for gjennomførelse. Retningslinjene i sikkerhetshåndboken er oppbygget med innledende kapitler og den obligatoriske retningslinjen kommer i avsluttende kapittel. Sikkerhetshåndboken benytter ordet ‘skal’, og ved noen tilfeller ‘kan’. Bane NOR har ikke beskrevet hva de legger i betydning av ordene ‘skal’ og ‘kan’, som Statens vegvesen har presentert i sine normaler. Eksempelvis i «Retningslinje for risikostyring trafiksikkerhet innen sikkerhetsstyring» er det beskrevet; «Risikovurderingen skal som et minimum bestå av en fareidentifikasjon samt en vurdering av hvor vidt risikoen er akseptabel», og «... de spesifiserte tiltakene kan omfatte en detaljert risikoanalyse.» (Bane NOR, 2017e s. 4). Denne retningslinjene er utformet i form av nummererte punkter i den rekkefølgen et prosjekt skal utføre risikovurderingen. Dette er ikke tilfelle for alle retningslinjene, der noen er beskrevet med ord. Bane NOR har på lignende måte, som presentert av APA og WHO, valgt å bygge opp sine retningslinjer i sikkerhetshåndboken, med kapitler som beskriver hensikt, omfang, referanse til overordnede krav fra standarder eller forskrifter fra SJT og anbefalinger.

Kapittel 3

Bane NORs prosess for risikovurderinger

Kapitlet presenterer introduksjon til Bane NORs prosess for risikovurderinger med krav for gjennomførelse stilt i Bane NORs håndbøker med referanse til forskrifter og standarder. I tillegg presenteres tre utvalgte gjennomførte risikovurderinger fra Bane NOR, med formål å få innsikt i hvilke typer analyser som gjennomføres med dens tilhørende formål, ulikheter ved utførelse av risikovurderinger i ulike planfaser samt hvilke styrker og svakheter analysene har.

3.1 Bane NORs risikovurderingsprosess

I fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016) ble det gitt en introduksjon til utførelse av risikovurderinger med framgangsmåte for vurdering av akseptabel risiko for en fare, samt beskrivelser av lovverk, forskrifter og Bane NORs interne krav og retningslinjer tilknyttet utførelse av risikovurderinger. Det ble ansett nødvendig å gi en beskrivelse av risikovurderingsprosessen til Bane NOR i henhold til metode, og kvalitativ og kvantitativ tilnærming som ikke ble avdekket i fordypningsprosjektet. Ved behov vil de viktigste funnene fra fordypningsprosjektet bli henvist og referert til i tekst.

Basert på krav fra SJT og standarden EN 50126-1 har Bane NOR har utarbeidet håndbok for RAMS og sikkerhet. Hvilke krav SJT og EN 50126-1 henviser til ved utførelse av risikovurderinger blir presentert, i tillegg til krav fra Bane NORs håndbøker.

3.1.1 Statens Jernbanetilsyn henvisning til risikovurderinger

SJT er ansvarlig for oppfølging av sikkerheten på det norske jernbanenettet, samt påse de virksomhetene innen jernbane oppfyller lover og forskrifter tilknyttet jernbanedrift (Olsson og Veiseth, 2011). Jernbaneinfrastrukturforskriften (2011) § 3-1 beskriver i første ledd «jernbaneinfrastrukturen skal utformes slik at virksomheten drives innen akseptabel risiko», i

andre ledd «Jernbaneinfrastrukturen skal prosjekteres, bygges og testes i henhold til nasjonale og internasjonale standarder» og i tredje ledd:

Infrastrukturforvalter skal benytte prosessstandarden EN 50126 (1999) ved bygging av ny infrastruktur ... Ved andre endringer av jernbaneinfrastruktur skal infrastrukturforvalter vurdere om endringen er av en slik karakter at bruk av EN 50126 (1999) er hensiktsmessig. (Jernbaneinfrastrukturforskriften, 2011, § 3-1)

Dette innebærer at Bane NOR har krav fra SJT å benytte standarden EN 50126-1 og dens henvisninger til blant annet utførelse av risikovurderinger ved hensiktsmessighet.

Sikkerhetsstyringsforskriften (2011) § 6-1 stiller krav til planlegging og gjennomførelse av risikovurderinger, dette for å fastslå at virksomheten drifter innen akseptabel risiko. I samme paragraf beskriver forskriften at risikovurderinger skal gjennomføres på en systematisk og koordinert måte, etter anerkjente og hensiktsmessige metoder, samt at fareidentifisering skal være på et tilstrekkelig detaljert nivå. Sikkerhetsstyringsforskriften (2011) henviser til NS 5814 i kommentar til § 6-1 for en anerkjent fremgangsmåte for risikovurderinger. Fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016, s. 26) refererte til Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) fra SJT som henviser til CSM RA som er utarbeidet av European Union Agency for Railways for innføring av en felles sikkerhetsmetode for gjennomføring av risikovurdering. Dette for å sikre at alle medlemsland opprettholder et høyt sikkerhetsnivå og forbedring ved nødvendighet. CSM RA påpeker ved estimering av risiko for identifiserte farer skal man ta hensyn til nåværende sikkerhetstiltak. CSM RA uttrykker videre at så fremt tilstrekkelig informasjon er tilgjengelig for frekvens og konsekvens, kan kvantitativt benyttes, men hvis kvantifisering ikke er mulig kan kvalitativ tilnærming benyttes. For beskrivelse av risikovurderingsprosessen som Bane NOR har tatt i bruk blir presentert i Kapittel 3.1.3.

3.1.2 EN 51026-1 henvisning til risikovurderinger

RAMS-arbeidet i Bane NOR er fordelt i ulike aktiviteter i prosessen for UPB, og drift og vedlikehold, som totalt utgjør 14 RAMS-faser (Bane NOR, 2017d) i henhold til EN 50126-1. Utførelse av risikoanalyse utgjør RAMS-fase tre som kan bli gjentatt flere ganger av et systems livssyklus (Norsk elektronisk komité, 1999).

EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) beskriver at målsetningen med risikoanalyse er å identifisere assosierte farer og hendelser samt avgjøre risikoen assosiert med farene. For

gjennomførelse av risikoanalyse har standarden presentert tabeller med kvalitative kategorier for frekvens og konsekvens. Standarden påpeker at avhengig av hva som er hensiktsmessig for anvendelsen i analysen, skal kategoriene med tilhørende verdier og numeriske skalaer som blir benyttet, defineres av jernbanemyndigheten. Ved risikoevaluering har standarden, som beskrevet i Kapittel 2.4.2, presentert en risikomatrise for frekvens og konsekvens som skal benyttes ved evaluering av resultatene fra en risikoanalyse for å etablere risikonivå fra en uønsket hendelse. Standarden henviser dermed ikke til valg av tilnærming, kun at resultatet av risikoanalysen skal presenteres igjennom en risikomatrise for risikoevaluering basert på et prinsipp for akseptabel risiko.

RAMS-håndboken (Bane NOR, 2017d) krever utførelse av risikovurdering innen planfase for utredning, hovedplan og detaljplan. Et prosesskart etablert i RAMS håndboken (Bane NOR, 2017b) gir korte beskrivelser om gjennomførelse av risikovurderinger med henvisning til kapitler i EN 50126-1. I henhold til prosesskartet (Bane NOR, 2017b) skal man i *utredning* gjennomføre tidlig risikoanalyse hvor man skal identifisere farekilder som kan påvirke RAMS-ytelsen til et system. I *hovedplan* skal risikoanalyse gjennomføres og hvis man har tilstrekkelig informasjon om systemet skal risikoevaluering gjennomføres. I *detaljplan* viser prosesskartet at det skal utføres en komplett risikovurdering. Prosesskartet henviser til at man i *teknisk byggeplan* kan risikovurdering gjennomføres hvis det er aktuelt. Men denne henvisningen er kun gitt i prosesskartet og ikke i andre dokumenter fra Bane NOR og har heller ikke henvisning til hvilke kapitler i EN 50126-1 som skal oppfylles.

Med utgangspunkt i de gitte referanse til kapitlene i EN 50126-1 fra RAMS-håndboken (Bane NOR, 2017b) henviser Tabell 3.1 til mer detaljerte beskrivelser hentet fra standarden EN 50126-1. Disse kravene skal svares ut for alle prosjekter i Bane NOR, uansett størrelse og kompleksitet (Bane NOR, 2017d).

3.1.3 Bane NORs sikkerhetshåndbok henvisning til risikovurderinger

RAMS-håndboken refererer til dokumenter i sikkerhetshåndboken som skal legges til grunn ved gjennomføring av risikovurderinger. Kravene stilt av Bane NOR (2017a) ved utførelse av risikovurderinger er kortfattet forklart, og følger en trinnvis prosess bestående av seks steg som etterlever Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) og kravene stilt av EN 50126-1 som presentert i Tabell 3.1. De seks stegene er som følger (Bane NOR, 2017a):

- i) Systembeskrivelse
- ii) Endringer med betydning mot sikkerheten
- iii) Vesentlig endring
- iv) Fareidentifikasjon
- v) Risikovurdering
- vi) Tiltaksanalyse

Tabell 3.1 – Obligatoriske krav til risikovurderinger (Bane NOR, 2017b), med henvisning til kapitler og beskrivelser i EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999)

Planfase	Kapittel	Beskrivelse
Utredning	6.1.3.3	Farekilder skal identifiseres som har potensialet til å påvirke RAMS ytelsen av et system, inkludert påvirkning fra andre systemer og mennesker.
	6.1.3.4	Innhent informasjon om: <ul style="list-style-type: none"> a) tidligere RAMS krav og ytelse av lignende og/eller relatert system b) identifiserte farekilder mot RAMS ytelse
Hovedplan	6.2.3.1	Definer: <ul style="list-style-type: none"> a) systemets oppgave i form av ytelseskrav, mål og langsiktig drift- og vedlikeholdsstrategi b) systemgrensen mot miljø, andre systemer og mennesker c) virkeområde til forhold som har innvirkning på systemet d) omfanget av systemets analyse av farer
	6.2.3.2	Gjennomfør: <ul style="list-style-type: none"> b) innledende fareidentifikasjon
Hovedplan og Detaljplan	6.3.3.1	<ul style="list-style-type: none"> a) Identifiser og prioriter alle fornuftige farer assosiert med systemet, inkludert farer som oppstår fra systemet i normal drift, under svikt, nøddrift, menneskelig faktor, etc. b) Identifiser rekkefølge av hendelser som leder mot farer c) Evaluer frekvens for at farene kan oppstå d) Evaluer den sannsynlige konsekvens til hver fare e) Evaluer risikoen av hver fare mot systemet
	6.3.3.2	Bestem og klassifiser akseptabel risiko for hver identifisert fare

I henhold til sikkerhetshåndboken (Bane NOR, 2017a) skal man i steg (i) utarbeide en systembeskrivelse som benyttes i de videre analysene i de neste stegene. Steg (ii) skal endringen vurderes om den har stor betydning for sikkerheten. I tilfellet hvor endringen

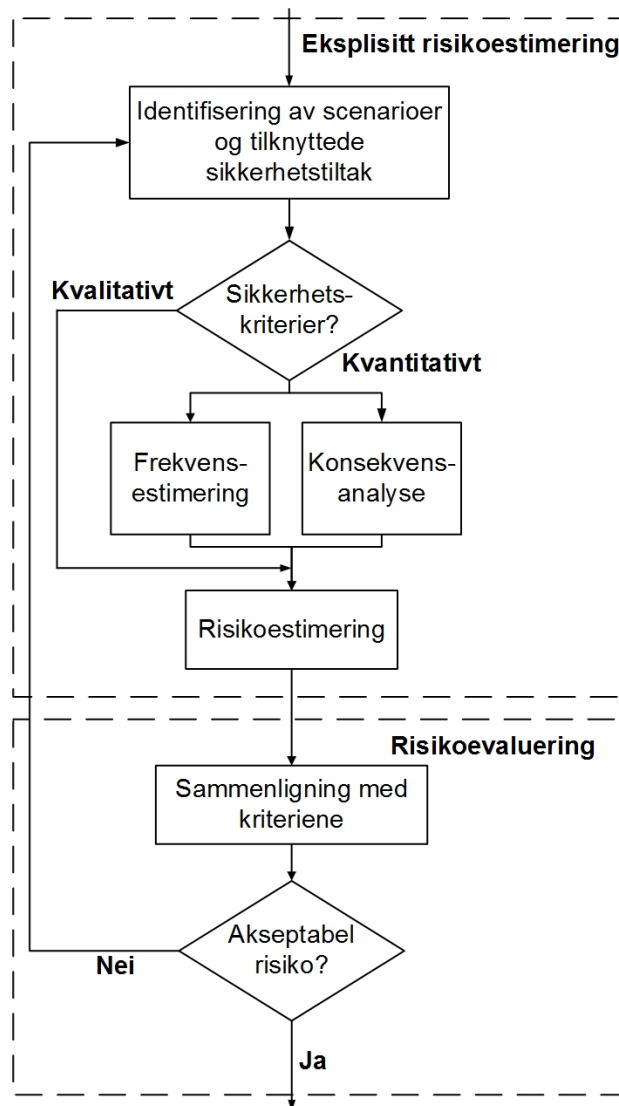
vurderes til å være betydningsfull for sikkerheten skal en risikovurdering gjennomføres. I steg (iii) skal en vurdere endringen mot seks kriterier; (a) følger av svikt, (b) nyskapning ved gjennomføring av endringen, (c) endringens kompleksitet, (d) overvåkning, (e) reversibilitet, og (f) addisjonalitet. Hvis disse seks kriteriene vurderes å være vesentlig, skal en assesserende enhet følge prosessen. Videre beskriver Bane NOR (2017a) at trinn (iv) utgjør fareidentifikasjon, som skal være grundig og omfatte alle mulige hendelser som kan medføre en uønsket hendelse.

Trinn (v) utgjør risikovurderingen, hvor hver uønsket hendelse skal beskrives med forventet frekvens og skade, og risiko, samt skal man utføre en evaluering om risikoen er akseptabel. I fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016, s. 28.) ble det presentert en figur som illustrerte Bane NORs tre prinsipper for bedømmelse av akseptabel risiko. Hvis faren ikke er bredt akseptabel og faren ikke er dekket av et referansesystem eller teknisk regelverk, skal det utføres en detaljert eksplisitt risikoanalyse. Den eksplisitte risikoanalysen er illustrert i Figur 3.1. Noe å legge merke til her er benyttelse av termen risikoanalyse som er misvisende siden man har allerede utført en fareidentifikasjon. Som de fleste standarder beskriver er fareidentifikasjon en del av risikoanalysen, og Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) betegner denne analysen som eksplisitt risikoestimering og –evaluering. Figur 3.1 fra Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) illustrerer at man kan velge å gå direkte fra ‘sikkerhetskriterier’ med en kvalitativ tilnærming ved å anslå frekvens og konsekvens for hver fare. Eventuelt utføre risikoestimeringen kvantitativt med estimering av frekvens, konsekvens og risiko. Bane NOR (2017a) stiller krav til at risikoanalysen skal beskrive risiko, men for nye strekninger skal det gjennomføres en kvantitativ risikoestimering. Foruten krav til kvantitativ risikovurdering av nye strekninger er det ikke stilt krav om kvantifisering i håndbøkene. Håndbøkene gir en mulighet for å velge mellom kvalitativ eller kvantitativ tilnærming for å anslå årsak og konsekvens av hver enkelt fare, men i begge tilfeller skal erfaringsdata om ulykker og tilløp som kan innsamles fra BaneData og Synergi benyttes. Bane NORs sikkerhetshåndbok henviser at årsak- og konsekvensanalysen kan benytte barriereanalyser som FTA og ETA.

Resultatene fra den eksplisitte risikoanalysen skal evalueres mot Bane NORs risikoakseptkriterier. Litteratur om Bane NORs risikoakseptkriterier er beskrevet i fordypningsrapporten (Torsteinsen, 2016, s. 32), hvor Bane NOR (2017e) benytter følgende kriterier:

- a) Samfunnsrisiko for transport skal gjennom nybygg og endringer (av varig art) reduseres i forhold til eksisterende risikonivå, målt mot aktivitetsnivå.

- b) Samfunnsrisiko for nye strekninger skal ikke overstige 0,15 døde per million tog-kilometer.
- c) Individrisiko for 1. person (ansatte, ansatte i andre jernbaneselskaper og underleverandører) skal ikke overstige FAR=12,5.
- d) Individrisiko for mest utsatte individ (passasjer eller tredje part) skal ikke overstige dødsrisiko på (IRPA) $< 1 \cdot 10^{-4}$ per år.
- e) For eksisterende strekninger samt for nybygg skal et hvert mulig risikoreducerende tiltak gjennomføres med mindre tiltaket vil medføre urimelige store forsinkelser, komplikasjoner, gjennomføringsvansker og/eller kostnader sammenlignet med potensiell risikoreduksjon (ALARP-prinsippet).



Figur 3.1 – Eksplisitt risikoestimering og –evaluering i henhold til Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014)

Avsluttende steg (vi) er tiltaksanalyse etter ALARP-prinsippet, hvor nytten og kostnader skal vurderes mot identifiserte og foreslåtte tiltak. Nytteverdien skal omfatte forventet effekt, tilgjengelighet og sårbarhet av et tiltak mot faren. Kostnadsvurdering skal omfatte livsløpskostnader, som inkluderer vedlikeholdskostnader.

3.2 Gjennomgang av utvalgte risikovurderinger fra Bane NOR

Som en del av litteraturstudiet for masteroppgaven er tre utvalgte risikovurderinger gjennomgått. Formålet med gjennomgangen var å danne et bilde av Bane NORs fremgangsmåte for utførelse av risikovurderinger, som et grunnlag for etablering av retningslinjen. I denne gjennomgangen ble det opprettet en liste over elementer som skal vurderes hvorvidt risikovurderingene har inkludert og argumentert for. Disse elementene bestod av hvilken type analyse som er utført og hva er formålet, planfase risikovurderingen er utført i, metode for risikoanalysen, begrunnelse og argumentasjon for valg av tilnærming og valg for tilnærming ved utførelse av risikoevaluering. Analyseresultatet i risikovurderingene er anonymisert.

De tre risikovurderingene har alle ulike hensikter for gjennomførelse samt er de utført i ulike planfaser innen UPB-prosessen. Risikovurderingene utgjorde analyse for:

- Fauske stasjon med godsterminal (Jernbaneverket, 2016a) som er en risikoanalyse for modifisering av sporplan på eksisterende linje.
- Sørumsand stasjon (Jernbaneverket, 2016b) som ser på byggeplanfasen, med formål identifisere nye farer.
- Bryn stasjon (Bane NOR, 2017c) som er en risikovurdering for evaluering av tiltak som skal iverksettes.

Hver risikovurdering blir presentert med egne ord for hvordan risikovurderingene er utført, med hensyn på tilnærming og metoden for gjennomførelse.

3.2.1 Fauske stasjon

I forbindelse med planarbeid om kapasitetsøkning for godstrafikk og for å oppnå bedret sikring av Fauske stasjon, er det gjennomført en RAMS vurdering i prosjektfase for hovedplan (Jernbaneverket, 2016a). RAMS vurderingen er todelt, der analysens hensikt er å sikre at det planlegges og prosjekteres et jernbaneanlegg mot bestemte og RAMS-krav. Denne

rapporten vil fokusere på sikkerhetsanalysen, med andre ord risikovurderingen, som analyserer ferdig drift av anlegget med fokus på togframføring, og er utført med hensikt for å identifisere farer og ikke utsette personer mot uakseptabel risiko på Fauske stasjon. Endringen i prosjektet er vurdert av en slik karakter at EN 50126 er hensiktsmessig etter hva som er kravet i fra jernbaneinfrastrukturforskriften (Jernbaneverket, 2016a).

Risikovurderingen henviser til en utarbeidet risikomatrix i sikkerhetsdokumentet «Krav til utførelse av Risikovurdering innen trafikksikkerhet», derimot henviser dette dokumentet kun til at risikomatrixer kan benyttes i et prosjekt for å demonstrere endringer av risiko og ikke til en standardisert etablert matrix. Matrixen benyttet i risikovurderingen består av fem klasser for sannsynlighet- og konsekvensklassifisering, med kvalitativ beskrivelse og numeriske verdier med logaritmisk skala på aksene, som presentert i Tabell 3.2. Analysen beskriver at matrixen, med ALARP-farger, er utformet i henhold til akseptkriteriet for individrisiko for 2. og 3. person fra Bane NOR, der grensen 10^{-4} er reflektert mellom rødt og gult område i matrixen. Beskrivelse om hvilke betydningen av fargeområder i matrixen er i henhold til EN 50126-1, med anbefalinger om implementering av tiltak.

Tabell 3.2 – Risikomatrix (Jernbaneverket, 2016a)

Sannsynlighetsklassifisering	Sannsynlighetsområde / år (returperiode)	Konsekvens klassifisering				
		Mindre	Betydelig	Alvorlig	Kritisk	Katastrofal
		Fraværsskader < 1 dag	Fraværsskader < 1 måned	Alvorlige personskader (uførhet over lengre tid)	Alvorlige skadde og 1 omkommet	Flere alvorlige skadde og døde
Svært sannsynlig	$p > 10^{-1}$ (< 10 år)					
Meget sannsynlig	$10^{-2} < p < 10^{-1}$ (10-100 år)					
Sjelden	$10^{-4} < p < 10^{-2}$ (100-10000 år)					
Lite sannsynlig	$10^{-5} < p < 10^{-4}$ (10'-100' år)					
Svært lite sannsynlig	$p < 10^{-5}$ (>100 000 år)					

Risikovurderingen innledes med fareidentifikasjon, der faresituasjoner tilknyttet togframføring er identifisert og evaluert mot prinsippene for akseptabel risiko. De farene som ikke blir dekket av teknisk regelverk eller referansesystem, blir tema for eksplisitt estimering av sannsynlighet og konsekvens. Kombinasjonen av sannsynlighet og konsekvens er sammenlignet med Bane NORs risikoakseptkriterier, og risikomatriksen blir benyttet for å prioritere tiltak. Rapporten har avslutningsvis sammenlignet den totale estimerte risikoen mot Bane NORs risikoakseptkriterier. Risikovurderingen er ikke konsekvent med bruk av betegnelsen «eksplisitt risikoestimering», og skriver i likhet med Bane NORs sikkerhets håndbok «eksplisitt risikovurdering» enkelte steder i rapporten. Det fremkommer ingen argumentasjon for valg av tilnærming. Metodekapitlet henviser til at det er blitt utført en eksplisitt risikoestimering av sannsynlighet og konsekvens.

De identifiserte farer som krever eksplisitt risikoestimering er kvalitativt begrunnet om hvordan faren kan oppstå basert på fremtidig drift med tilhørende beskrivelse om tiltak som vurderes for faren, og hvor nyttig tiltaket kan være. Hver fare er kvalitativt begrunnet mot «alvorlighet av konsekvens» og «konsekvens sannsynlighet», og gis en klassifisering av konsekvens og sannsynlighet etter risikomatriksen. Tre av de fire farene havnet i gul sone, dermed er farene akseptable i henhold til akseptkriteriet, men anbefaler tiltak for å redusere risikoen ytterligere samt for å oppnå akseptabel risiko. Disse tre farene har fått identifisert hensiktsmessige tiltak samt kvalitativ vurdering av deres forventede risikoreduserende effekt. Avsluttende er det gjennomført kvalitativ begrunnelse om oppfyllelse av samtlige risikoakseptkriterier.

3.2.2 Sørumsand stasjon

Risikovurderingen for Sørumsand stasjon er utført i planfase for byggeplan, som er en oppdatering av risikovurderingen fra detaljplanfasen (Jernbaneverket, 2016b). Selv om RAMS-håndboken ikke henviser til at det er nødvendig med risikovurdering i byggeplan, er risikovurderingen utført for å identifisere og vurdere nye farer knyttet til endringer i byggeplanfasen samt følge opp tiltak som ble overført fra detaljplan til byggeplan. Formålet med analysen er oppgradering av stasjonen for bedring av sikring og tilgjengeligheten for reisende ved prosjektering av kulvert med heiser og trapper, ny sideplattform og adkomstveier til stasjonen. Én hovedutfordring på stasjonen er planovergang, og en lav smal mellomplattform som ikke er tilgjengelig for alle brukere (Jernbaneverket, 2016b).

Risikovurderingen presenterer, i likhet med Fauske stasjon, Bane NORs prinsipper for risikoaksept som er benyttet for å identifisere farer samt risikoakseptkriterier som benyttes for risikoevaluering for de farer som krever eksplisitt risikoestimering. Argumentasjon for valg av tilnærming er begrunnet med at risikovurderingen fra detaljplanfasen var kvalitativt, siden analysen er en oppdatering ble også denne utført kvalitativt og basert på ekspertvurderinger. Risikoanalysen benytter, i likhet med analysen for Fauske stasjon, risikomatrise som er utformet på lignende måte. Risikoen til de identifiserte farene er anslått grovt med kvalitativ begrunnelse for sannsynlighet og konsekvenser. Analysen har også forklaring av ALARP-fargene i matrisen, men betegner ingen grense i matrisen for akseptkriteriet for individrisiko, og refererer ikke til EN 50126-1. Vurderingen av tiltak i byggeplanfasen er av samme kvalitative tilnærming som risikoanalysen, der tiltakene er forslått med beskrivelse samt en vurdering om det er nytte og i noen tilfeller er kostnader vurdert. De farene som ble identifisert i byggeplanfasen ble plassert i risikomatrisen. Samtlige farer argumenteres for å være akseptable, siden frekvensen på samtlige er klassifisert som «svært lite sannsynlig», selv om fem av disse havnet i gul sone. Avsluttende er det gjennomført kvalitativ begrunnelse om oppfyllelse av samtlige risikoakseptkriterier.

3.2.3 Bryn stasjon

Det er utført en RAMS vurdering av Bryn stasjon med formål om å bidra til en midlertidig oppgradering av stasjonen gjennom planlegging og prosjektering. Dette for å oppnå en sikker løsning og avvikling av trafikk ved avvikssituasjoner samt oppnå akseptabel risiko for publikum og ansatte fram til ombygningen av Bryn stasjon som vil skje i fremtiden (Bane NOR, 2017c). Det er dermed utført en tiltaksanalyse, hvor de identifiserte tiltakene blir implementert kortsiktig. RAMS vurderingen fokuserer på to aspekter for oppgradering av stasjonen med tilhørende to alternativer for hvert aspekt. Det ene alternativet baseres på å omgjøre et spor til buttspor samt etablere overgang mellom plattform til midtplattform. Andre alternativet omhandler oppgradering av trapp og etablering av heiser til sporene (Bane NOR, 2017c).

Bruk av akseptkriterier og forklaring av metode for utførelse av risikovurderingen er identisk til risikovurderingene fra Fauske og Sørumsand. Risikovurderingen for Bryn stasjon har benyttet risikomatrise, men refererer til mal for risikovurderingsrapport for bruk av risikomatrise til de farer som krever eksplisitt risikoestimering. Forklaringen av fargene er begrunnet med henvisning til EN 50126-1 forslag til implementering av tiltak. Det er ikke

inkludert argumentasjon for valg av tilnærming. Risikovurderingen er gjennomført basert på CSM RA, der farene er kvalitativt vurdert og klassifisering av årsak og konsekvens for de farer som krever eksplisitt risikoestimering.

De farene som ble påkrevd en eksplisitt risikoestimering har påkjørsel av person i spor som konsekvens. I likhet med risikovurderingen fra Fauske er disse to farene vurdert med kvalitativ begrunnelse for hvordan faren kan oppstå basert på fremtidig drift av de midlertidige tiltakene, samt en klassifisering av alvorlighet av konsekvens og sannsynlighet for forekomst av faren. Kombinasjonen av klassifiseringen ble illustrert i risikomatriksen, hvor én av farene kom i rød sone og andre i grønn. Vurdering av tiltak for å redusere risikoen og oppfyllelse av risikoakseptkriteriene er evaluert.

Kapittel 4

Grunnlag for etablering av retningslinjen

Kapitlet presenterer forhold som påvirker valg av tilnærming og beregning av risiko innen jernbanesektoren og hvor de presenterte elementene blir vurdert mot Bane NORs risikovurderingsprosess. Basert på disse forholdene og litteraturstudien, presenteres utvikling og etablering av første versjon av retningslinjen, med tilhørende kriterier for godhet av retningslinjen.

4.1 Forhold som ligger til grunn for kvantifisering av risiko innen jernbanesektor

Valget om å kvantifisere risiko avhenger av flere elementer. Det er elementer som skaper utfordringer ved kvantifisering av risikovurderinger, men det er også forhold som tilsier at risikovurderinger bør ha en kvantitativ tilnærming og er fordelaktig i analysens formål. I dette delkapitlet presenteres elementer som kan ha en påvirkning på valget av tilnærming for utførelse av risikovurderinger innen jernbanesektoren for trafikkikkerhet. Disse elementene er basert på egne synspunkt og innspill fra litteraturstudien.

4.1.1 Oppfylle krav fra forskrifter og standarder

I henhold til Aven (2008a) blir flere risikovurderinger utført for å tilfredsstille myndighetskrav, men dette bør ikke være drivkraften. Prosessen for utførelse av risikovurderinger i Bane NOR skal oppfylle krav fra SJT som omfatter blant annet Sikkerhetsstyringsforskriften (2011), Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) og Jernbaneinfrastrukturforskriften (2011), som igjen stiller krav ved hensiktsmessighet skal EN 50126-1 etterleves. Presentasjon av hvilke krav forskriftene og standarden krever er presentert i Kapittel 3.1. Utenom CSM RA som uttrykker at risikoen kan estimeres kvantitativt, semi-kvantitativt eller kvalitativt, stiller ikke de andre nevnte standarden eller forskriftene krav til valg av tilnærming eller kvantifisering av risiko. Det kan derfor tolkes slik at det er opp til analysegruppen å avgjøre

hvilken tilnærming som er passende for analysens formål. EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) har, som tidligere presentert, uttrykt at risiko skal presenteres i en risikomatrise med fire risikonivåer som beskriver hvordan man skal kontrollere risikoen. De gjennomgåtte risikovurderingene benytter risikomatrise for å evaluere risikoen fra farene ved å plassere kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens i risikomatrise, men her med tre nivåer. Dette viser til at det ikke er etablert en standardisert matrise i Bane NORs sikkerhetshåndbok som skal eller kan etterleves i risikovurderinger for å presentere resultatene av risikoen. De utvalgte risikovurderingene oppfyller de krav som ble presentert i Kapittel 3.1, men for valg av tilnærming og beregning av risiko er det ikke påpekt når dette skal gjennomføres. Det kan derfor skapes en usikkerhet for valg av tilnærming når ikke kravene som Bane NOR skal etterleve refererer til omstendigheter og forhold på hvor risiko skal kvantifiseres.

4.1.2 Risikoakseptkriterier

Fordelen ved å kvantifisere risiko er at Bane NORs risikoakseptkriterier er fastsatt kvantitative for grupperisiko og individrisiko for 1., 2. og 3. person. Siden det ikke er dokumentert fremgangsmåte eller metodikk for kvalitativ risikoevaluering kan det oppstå usikkerheter ved risikoevalueringen når man benytter kvalitativ tilnærming på risikoanalysen. ISO 31010 (Standard Norge, 2009b) beskrev at ved kvalitativ tilnærming, skal resultatene sammenlignes mot kvalitative kriterier for aksept av risiko. Det er flere forfattere som påpeker at kriteriene må være fastsatt og bestemt før utførelse av risikovurderinger, og valg av tilnærming må gjenspeile dette. Bane NOR har fastsatt kvalitativt kriterium for samfunnsrisiko, men ikke kvalitativt for 1., 2. og 3. person. Alternativt kan sammenligningskriteriet presentert av Aven et al. (2003) benyttes. Men som vist i Kapittel 3.2 har risikovurderingen fra Fauske stasjon en definert grense for individrisiko for 2. og 3. person i risikomatrisen, som dermed vil hentyde om de identifiserte farene er over grensen for akseptabel risiko, slik ALARP-prinsippet tilsier med å ha en øvre toleransegrense. Men en grense mellom akseptabel risiko og ALARP-området er ikke definert. Dette medfører utfordringer for å bedømme om risikoen er tolererbar eller ALARP. I henhold til å avgjøre akseptabel risiko med risikoakseptkriteriene avdekket litteraturstudien forhold som skaper utfordringer for å løse problemet med akseptabel risiko som Fischhoff et al. (1981) har listet opp. Samtlige forhold skaper utfordringer for å sammenligne resultatene av risikoanalyse med risikoakseptkriterier. Hvis problemene ikke er håndtert og betraktet i risikoanalysen, kan man ikke med sikkerhet si at risikoakseptkriteriene er oppfylt.

I fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016 s. 23.) ble det fremhevet litteratur om nødvendighet med risikoakseptkriterier hvor bruk risikoakseptkriterier kan skape feil fokus ved utførelse av en risikovurdering, fordi det fremmer ikke økt sikkerhet og en analytiker kan i fokusere i større grad på å oppnå kriteriene framfor å anskaffe et godt beslutningsgrunnlag for implementering av tiltak og løsninger. Aven et al. (2003) uttrykker at selv om risikoen kan anses som akseptabel i henhold til risikoakseptkriteriene, kan risikoreducerende tiltak være påkrevd. Man bør i tillegg trekke inn aspekter på hva som er praktisk mulig og få til, kostnaden på tiltakene samt hvordan risikoen oppleves av personer.

4.1.3 Prosjektspesifikt

Omfanget av prosjektspesifikt inkluderer tid, ressurser, prosjektplanlegging og risikostyring. Disse elementene kan være førende begrensinger for beregning av risiko, og påvirker om beregning av risiko er mulig og nyttig.

Ressurser omfatter tilgjengelig data og personer i analysegruppen som skal gjennomføre kvantitative risikovurderinger. Datagrunnlag blir grundigere diskutert i Kapittel 4.1.8, men ressurser i form av personer som skal utføre kvantitative beregninger krever det personell som har de ferdighetene og kompetansen som er nødvendig. Et spørsmål å stille seg er om det er nytte i å benytte flere personer for å oppnå ønsket resultat i form av beregninger, eller er det mer nytte å benytte disse personene andre steder? Å gjennomføre en kvantitativ risikovurdering vil kunne kreve erfaring og kompetanse eller gjennomgå grunnleggende opplæring. Derfor er det viktig å ha god veiledning og verktøy internt. En kvalitativ analyse kan få ulike utfall avhengig av hvem som utfører analysene. Tid er også en medvirkende element for beregning av risiko. Med andre ord, er tid og kostnadseffektivt nok for å utføre en grundig kvantitativ risikovurdering, er det tid nok for å samle inn og bearbeide dataen samt estimere sannsynlighet og konsekvens, eller kunne denne tiden bli brukt til andre nyttige oppgaver?

Risikovurderinger i Bane NOR følger prosjektet fra idéfase til detaljplan. Kravet om kvantifisering kan være ulikt i disse fasene, men det avhenger også av hva som er mulig å gjennomføre. I utredningsfasen kan det være flere alternativer som er til vurdering, som man igjen avgrenser til hovedplan og detaljplan omfatter avsluttende løsning som skal analyseres. Som uttrykt av Aven (2008a) og Vatn (2013) er det forskjeller i å gjennomføre risikovurderinger ved planlegging eller i drift. I driftsfasen kan man ha større tilgang til data som medfører muligheten for detaljerte analyser.

4.1.4 Kostnader

Budsjett og kostnader for blant annet implementering og drift av tiltak er omfanget av dette delkapitlet. Budsjett går primært under prosjektspesifikt, men kostnader utgjør en stor del av analysen for implementering av tiltak i form av barrierer for å unngå ulykker eller redusere, fjerne, eller skape avstand til risiko. I tillegg påløper livsløpskostnader som omfatter kostnader for innkjøp, prosjektering og implementering av tiltak.

Det kan argumenteres at implementering av tiltak ikke skal gå på bekostning for sikkerheten. Mer sikkerhet man har for passasjerer og publikum, jo bedre. Som nevnt i litteraturstudien, er risikovurdering et verktøy for å argumentere ivaretagelsen av sikkerheten, ved å vurdere og eventuelt implementere tiltak for å redusere, eliminere eller skape avstand fra faren mot systemet, mennesker eller andre verdier. Å argumentere hvilke fordeler identifiserte tiltak har for å redusere risikoen kan være utgangspunkt for hvordan tilnærming man bør velge. Dette viser interesserte eller tilsynet argumentasjonene og på hvilket beslutningsgrunnlag man har besluttet for å beslutte å implementere, eller ikke implementere, nødvendige tiltak i forhold til den analyserte risikoen. En form for å dokumentere beslutningen er ved beregning av risiko. Derfor er det viktig å begrunne i risikoevalueringen hvorfor og hvordan et tiltak vil ha nytte med tanke på risikoen som er identifisert. Men det er ikke risikoanalysen som alene skal avgjøre om et tiltak er nødvendig. Jeg mener at selv om risikoen er ansett til å være akseptabel, er det viktig at beslutningstaker også benytter andre analyser og tar hensyn til synspunkt fra interessenter. Som det ble trukket fram i litteraturstudien uttrykker Apostolakis (2004) at beslutningstaking skal være risikoinformert, beslutninger skal normal ikke kun baseres på resultatene fra en risikovurdering.

4.1.5 Type risikoanalyse

Hvilken analyse som skal utføres kan være et utgangspunkt for i hvor stort omfang det er nødvendig å beregne risiko. I litteraturstudien ble det fremstilt flere sammenhenger som er generelle å for utførelse av risikovurderinger. I hvilke analyser hvor beregning av risiko er nødvendig har Vatn og Haugen (2013) fremhevet tre kategorier av analyser innen olje- og gassbransjen, hvor strategiske analyser ofte er kvantitative og driftsanalyser kvalitative. I tillegg har Yang og Haugen (2015) presentert ulike typer risikoer mot ulike beslutninger. Eksempelvis fra gjennomgang av risikovurderingene var Fauske stasjon innen kategorien for strategisk analyse og Bryn stasjon for operasjonell. Dette kan være en metode for å velge i hvilke analyser man bør ha en gitt tilnærming, men samtidig mener jeg det har å gjøre med

det resulterende beslutningsgrunnlaget man behøver. Eksempelvis ved prosjektering av nye løsninger er dette et ukjent område og krav om nøyaktige analyser kan ha et større behov. I all hovedsak blir risikovurderinger utført for å støtte beslutningstaking, og som vi har sett fra gjennomgangen av Bane NORs risikovurderinger, er ulike typer risikoanalyser utført, men alle med samme formål å evaluere nødvendighet for tiltak.

4.1.6 Ulykkessituasjon

Ulykkessituasjoner som kan oppstå og hendelser som utgjør en risiko medfører ofte usikkerheter i en risikovurdering, uansett om vurderingen er utført kvalitativt eller kvantitativt. Som påpekt i litteraturstudien er det essensielt å etablere et helhetlig risikobilde, hvor alle mulige hendelser og situasjoner er identifisert samt skape et inntrykk av risikoen som kan oppstå av en endring. Men på den andre siden igjen, kan det være hendelser en ikke har forutsett og som ikke er inkludert i beslutningsgrunnlaget. Uten dette er det vanskelig å begrunne om sikkerheten er ivaretatt. Spørsmålene som dukker opp her er hvordan kan man begrunne godt nok hvilke hendelser som kan forekommer, hvilke deler av en ulykkessituasjon lar seg kvantifisere og hvordan skape et helhetlig risikobilde som skal skape nok grunnlag i beslutningstakingen? Hvordan man presenterer ulykkessituasjonen er også et tema. Her er valg av metode for fremstilling og argumentering et utgangspunkt. Det handler om å skape en situasjonsforståelse. For å skape en situasjonsforståelse er det behov for å anskaffe en oversikt over feil og ulykker som kan oppstå, eksempelvis ved å etablere et feil- og/eller hendelsestre, og hvis sannsynlighetsverdier er tilgjengelig kan disse kalkuleres for å få en verdi til ulykkeshendelsen. Men å skape en situasjonsforståelse i jernbanesammenheng kan være utfordrende, siden jernbaneinfrastrukturen består av mange ulike tekniske systemer og komponenter, og utgjør elementer som strømforsyning, signalanlegg, underbygning, overbygning og teleanlegg. Samtidig består jernbaneinfrastrukturen av flere elementer som tunneler, bruer, planoverganger, og stasjon med plattform og plattformoverganger. Det er flere forfattere som påpeker at komplekse og nye objekter er anbefalt å utføre med kvantitativ tilnærming, men jernbane har stor interaksjon med mennesker som enten er drift- og vedlikeholdspersonell, lokførere, passasjerer eller tredje part som blir påvirket av jernbanedrift. Dette skaper igjen usikkerhet i antall personer som skal beregnes i risikovurderingene.

Som presentert i litteraturen, uttrykker EN 50126-2 (Norsk elektronisk komité, 2007) at det er utilstrekkelig å utføre kvalitative risikovurderinger av ulykker av lav eller høy konsekvens og frekvens. Derimot kan det forekommer utfordringer for katastrofale ulykker hvor

konsekvensene er store, men oppstår sjeldent. Fordi med større konsekvenser som kan medføre flere omkomne og større tap, mener jeg det er enda viktigere å være presis i analysen og treffsikker for valg av risikoreducerende tiltak og kvantifisere for å argumentere for ivaretagelse av sikkerheten. Derimot forekommer det ofte manglende statistikk med hendelser som har lav frekvens og spesielt for hendelser som har høy risiko med høy usikkerhet er beslutningstaking et utfordrende element. Å involverer interessenter mener jeg er en god tilnærming for å sikre at den riktige beslutningen blir tatt samt benytte ekspertvurderinger for tildeling av kvantitative verdier.

I fordypningsprosjektet ble det presentert en tabell med ulike topphendelser (Torsteinsen, 2016 s. 29.) som er et vanlig utgangspunkt å benytte ved analyser av farer som kan forekomme. Topphendelsene kan ha en påvirkning for valg av tilnærming, samtidig er noen av disse som kan ha fordel av beregning av risiko. Det kan diskuteres om topphendelsene er et utgangspunkt for hvilken tilnærming man bør velge. Eksempelvis kan sammenstøt tog-tog medføre store konsekvenser i form av flere omkomne og bør vurderes kvantitativ tilnærming, og påkjørsel i spor som ofte kan forekomme av menneskelig faktor er tilstrekkelig å analyseres kvalitativt? Å benytte topphendelser som utgangspunkt er en idé, men man bør vurdere å tenke på systemnivå, og ta en vurdering på hvordan systemer er bygd opp, hvordan systemet benyttes og hvilke vær-situasjoner som er kritiske for systemet. Og deretter avgjøre tilnærming som er tilstrekkelig og gir god beslutningsstøtte. Som nevnt i litteraturstudien, presenterer blant annet standarden NS 5814 at en kvalitativ tilnærming bør gjennomføres først, men ved tilfeller hvor det kreves mer detaljerte resultater kan kvantitativ analyse videre gjennomføres.

4.1.7 Menneskelige feilhandlinger

Standarden EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) påpeker at mennesker har stor innflytelse på jernbanedrift og på vurdering av RAMS. Standarden krever en analyse av menneskelige faktorer med hensyn til deres effekt på systemets RAMS. Jernbane involverer et bredt spekter av ulike grupper mennesker som passasjerer, operatører og tredje part som påvirkes av jernbanedrift, hvor alle kan reagere ulikt ved situasjoner. Som henvist til i Kapittel 3.3.2, har Bane NOR etablert tre ulike risikoakseptkriterier som omfatter dødsrisiko for ulike personer og gruppe av mennesker. Det er ofte samspillet mellom mennesker og maskin som er avgjørende årsaker for ulykker. Mennesket kan fungere som en barriere for et system, men menneskelig feilhandling kan forekomme. Sikkerhetsstyringsforskriften (2011) §

2-3 presenterer enkeltfeilprinsippet hvor det står beskrevet «Virksomheten skal planlegges, organiseres og utføres med henblikk på at en enkeltfeil ikke skal føre til en jernbaneulykke». I kommentarene til § 2-3 uttrykkes det at tekniske barrierer bør prioriteres framfor menneskelige barrierer. Ved vurdering av menneskelige feilhandlinger er det behov for å vurdere grensesnittet mellom menneske og maskin, menneskets kompetanse om systemet, reaksjon og risikopersepsjon. For mennesker utgjør ofte en stor del av systemet og bidrar på det totale risikonivået. Hvis vi nå ser i et fremtidsperspektiv er prosjekteringen for innføring av ERTMS i gang på det norske jernbanenettet, kan det tenkes at det vil medføre redusert menneskelig svikt fra lokførere og det blir ikke nødvendig med togekspeditører på stasjonene. Derimot vil det i mange tilfeller oppstå interaksjon mellom passasjerer og tredje part mot jernbanen. Da er spørsmålet om det er tilgjengelig statistikk og om data fra Synergi er tilstrekkelig nok for å danne et grunnlag for å kunne kvantifisere risiko. I hvilke tilfeller med menneskelig feilhandling som bør kvantifiseres i jernbanesammenheng er vanskelig å svare på, fordi det vil i likhet med andre tilfeller, medføre store usikkerheter. Derfor vil kvalitativ tilnærming ofte være tilstrekkelig nok og må heller benytte andre metoder som er etablert for vurdering av menneskelige feilhandlinger, som HRA og SPAR-H.

4.1.8 Datagrunnlag

Datainnsamling er en viktig del for muligheten til å kvantifisere, men samtidig må det tas en vurdering av hvor pålitelig datagrunnlaget er for beregningen. Problemer som ofte fremkommer er mangel eller utilstrekkelig data som medfører ofte usikkerhet i en analyse. Litteraturgjennomgangen belyste tre metoder som kan benyttes alene eller i kombinasjon for datainnsamling for kvantifisering; bruk av historisk data, utføre sannsynlighetsprognoser, eller bruk av ekspertoppfatninger.

Bane NOR har egne databaser, BaneData og Synergi, som kan benyttes i risikoanalysen for erfaringsdata. Dette kan også anses som historisk data over ulike feilrater, svikt som har oppstått og hendelser som har forekommet på det norske jernbanenettet. Men det er flere forfattere som påpeker om historisk data gir en god nok indikasjon for hva som skal skje i fremtiden. I jernbanesammenheng skal det skje flere endringer på det norske jernbanenettet, og hva som har forekommet i fortiden er ikke sagt med sikkerhet kan oppstå nok en gang, eller innføres det endringer av ukjent art og det er mangel data for å beregne risiko. Siden risikoanalysene som utføres i Bane NOR har et formål som omfatter fremtidige sammenhenger, kan en stille spørsmål om historisk statistikk er nyttig? Som fremhevet i

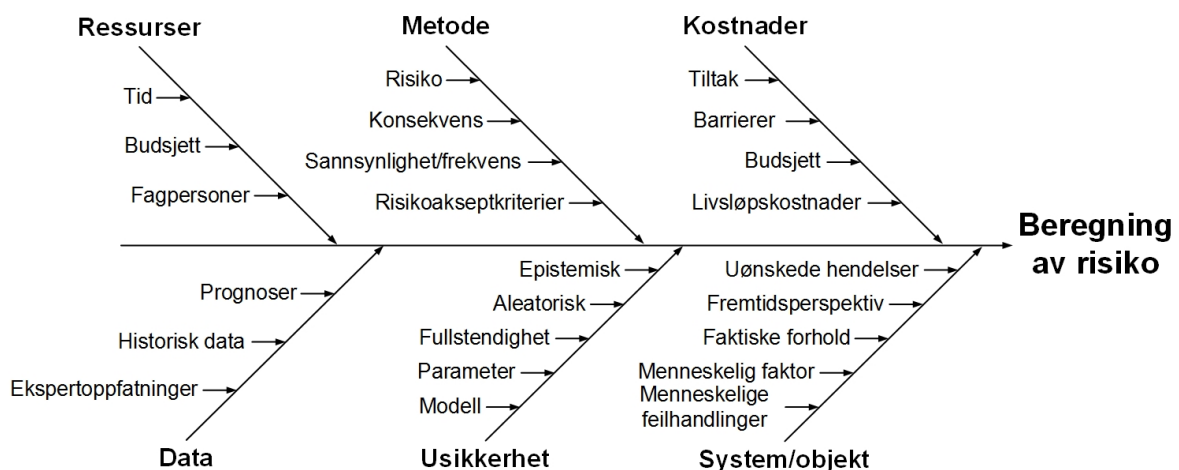
litteraturen, basert på tre typer ulykker fra Rasmussen (1997), bør jernbaneulykker benytte historisk data som utgangspunkt for å beregne risiko for fremtidige hendelser.

Sannsynlighetsprognoser gjennom modellbaserte analyser som FTA og ETA er et annet alternativ, hvor det er vanlig å utforme modellen kvalitativt, og ved tilgjengelighet av data eller bruka av subjektive anelser kan man fastsette en tilhørende sannsynlighet. Dette er en god metode å benytte i jernbanesammenheng, men antakelser og forutsetninger som legges til grunn må begrunnes.

Pålitelige ekspertvurderinger avhenger av kunnskapen, kompetansen og erfaringene til analytikere og fagpersonell som bidrar til å avgjøre og fastsette verdier for frekvens, sannsynlighet og konsekvens. Bakgrunnskunnskapen er en avgjørende faktor, men utfordringer i jernbanesammenheng er å tenke i et fremtidsperspektiv, der antall reisende antas å øke samt trafikkvolum. Det kan uansett tenkes at antakelser og tildele numeriske verdier etter grad av tro bidrar fordelaktig enn bruk av historisk data? Det forutsetter at man har erfaring og kunnskap for å tildele numeriske verdier av frekvens og/eller sannsynlighet.

4.1.9 Oppsummering

Flere av de diskuterte elementene som påvirker kvantifisering har usikkerhet til felles. Det kan forekomme usikkerhet i valg av metode, bakgrunnskunnskapen, data, menneskelige feilhandlinger, og hvilke hendelser som kan forekomme for å nevne noen. En oppsummering av årsaker som påvirker beregning av risiko, er illustrert i Figur 4.1.



Figur 4.1 – Elementer som har påvirkende effekt ved beregning av risiko

4.2 Utvikling og etablering av retningslinjen

På grunnlag av forhold som ligger til grunn for kvantifisering, gjennomgang av Bane NORs risikovurderingsprosess samt innsamlet litteratur, ble første versjon av retningslinjen etablert. Dette delkapitlet presenterer prosessen for utvikling og etablering av retningslinjen med fokus på oppsett og struktur, med beskrivelse av forhold som jeg mener har betydning for valg av tilnærming i en risikovurdering.

Retningslinjen har som formål å støtte avgjørelsen for nødvendigheten av kvantifisering av risiko i risikovurderinger innen trafikksikkerhet i utbyggingsprosjekter ved Bane NOR, eller om en kvalitativ tilnærming er hensiktsmessig. Risikovurderinger utført i Bane NOR kan ha ulike analyseobjekter i fokus eller formål. Et ønske med retningslinjen er at den skal være tilpasset alle typer risikovurderinger som utføres.

4.2.1 Oppsett og struktur

Retningslinjen er oppbygd med tilnærmet lik struktur som Bane NORs retningslinjer innen sikkerhet. Bakgrunn for valget er at retningslinjen kan være en del av dokumentene i sikkerheshåndboken og fungere som supplement for «Krav til utførelse av risikovurdering innen trafikksikkerhet» (Bane NOR, 2017a) og «Retningslinje for risikostyring trafikksikkerhet innen sikkerhetsstyring» (Bane NOR, 2017e). På bakgrunn av litteraturstudien om retningslinjer, er det inkludert elementer på innhold fra WHO (2014) og APA (2002) innledningsvis i retningslinjen som beskriver retningslinjens hensikt, omfang, målgruppe, termer og definisjoner, og forklaring av prosessen for utvikling. Av de ulike typer retningslinjer som WHO (2014) har presentert, vil denne retningslinjen være av type standard, som vil gi anbefalinger om et spesifikt tema, som i dette tilfellet er kvantifisering av risiko. Derfor ble det besluttet å inkludere et kapittel med kort oppsummering av teori innsamlet til hovedrapporten, for at brukere kunne ved behov lese om teorigrunnlaget for retningslinjen ved å få innsikt om kvantifisering av risiko og valg av tilnærming for risikovurderingen. Referanser er ikke tilknyttet teori-kapitlet da det ikke ble identifisert et behov for sporbarhet. Definisjonene som er benyttet i retningslinjen er basert på hvilke begreper som jeg anser som mest hensiktsmessig for Bane NOR basert på den innsamlede litteraturstudien, som er diskutert i Kapittel 6.1. Ordvalget i retningslinjen er benyttet på lignende måte som normalene fra Statens veg-vesen:

- Skal – bruker må benytte anbefalingen
- Bør – bruker anbefales å benytte anbefalingen så fremt det medfører nytte i analysen

- Kan – brukeren har valgfrihet om anbefalingen er passende med analysens formål

For gjennomførelse av kvantitative RAM-analyser er det utarbeidet en mal i RAMS håndboken, «Signifikansvurdering – behov for RAM-analyser». Metodikken i form av vektmetode avgjør om en RAM-analyse skal gjennomføres fullstendig, delvis eller om videre RAM-analyser ikke er nødvendig. Malen består av å besvare på tre spørsmål, med utfall i form av ja, nei eller N/A. Basert på besvarelsen av spørsmålene gir malen en veiledende konklusjon for hvilken handling som skal utføres for en gitt analyse. Siden risikovurderinger skal støtte beslutningstaking i likhet med RAM-analyser i et prosjekt, ble metodikken vurdert mot å etablere en tilnærmet lik metodikk for retningslinjen for kvantifisering av risiko. Derimot, anser jeg det utfordrende å lage en retningslinje i form av vektmetode. Årsaken er at det er flere hensyn ved beslutning om kvantifisering av risiko for å støtte beslutningstakingen. En vektmetode klarer ikke å dekke dette formålet fullstendig.

Metodebeskrivelsen dokumentert i Bane NORs sikkerhetshåndbok utdyper ikke et skille for fremgangsmåte av årsak- og konsekvensanalyse for kvalitativ og kvantitativ tilnærming, sammenstilling av risikobilde basert på resultatene av risikoanalysen og detaljnivå i risikovurderinger, som kun er dokumentert i RAMS-håndboken etter planfasene. Disse elementene ble valgt å inkluderes og er utdypet i de videre avsnittene.

Som nevnt i Kapittel 3.1 skal omfanget av detaljer øke jo lengre man kommer i planfasene. Men RAMS-håndboken presenterer ikke detaljeringsomfanget for valgt tilnærming. Det ble derfor valgt å innlede med beskrivelse av detaljeringsgraden i en risikovurdering i henhold hvilken planfase vurderingen utføres i. Retningslinjen presenterer i utredningsfasen at det ikke alltid er mulig å kvantifisere risikoen, men allerede i utredning kan bruker avgjøre type prosjekt mot tilfellene for kvantitativ tilnærming, og ved tilgjengelige data kan innsamling begynne. I hovedplan skal en helhetlig risikovurdering gjennomføres så fremt det lar seg gjøre. I avsluttende detaljplan skal en komplett risikovurdering utføres.

Retningslinjen beskriver videre hvilke innledende forberedelser som må evalueres eller utføres i forkant av valg av tilnærming. De valgte elementene inkluderer å:

1. Definere formålet med analysen og behov for beslutningsunderlag
2. Identifiser interessenter
3. Planlegg gjennomførelse av risikovurderingen
4. Innsamling av tilgjengelig data.

Slik Aven (2012) henviser i Figur 2.5 er det essensielt å ta hensyn til interessenters verdier og har klare mål. Disse elementene er ansett manglende i sikkerhetshåndboken og for å få en utfyllende retningslinje fant jeg disse vesentlig å inkludere.

I forkant av valg for tilnærming ble det dokumentert i retningslinjen at prosjektet måtte vurdere hvilket formål prosjektet har, hvilken type risiko som skal analyseres og hvilket behov det er for beslutningsgrunnlag. Ayyub (2003) trekker frem noe viktig for valget av tilnærming, som blant annet avhenger av hvor nødvendig det er for å få numeriske eller ikke numeriske verdier for å ta den siste beslutningen. Det er beslutningstaking som er nøkkelordet for valg av kvantifisering i risikovurderinger. Slik Kaplan og Garrick (1981) uttrykte er meningen med å kvantifisere risiko et innspill på beslutningsproblem. Type risiko kan omhandle personrisiko, helse, miljø, materielle skader og omdømme. Flere forfattere og standarder har argumentert at detaljeringsnivå i analysen avhenger først og fremst av risikotypen som analyseres. Derfor ble dette ansett som et annet viktig utgangspunkt.

EN 50126-1 er etter eget synspunkt mindre utfyllende til å benytte som utgangspunkt for gjennomførelse av risikovurderinger ved sammenligning mot NS 5814 og NORSOK Z-013. CSM RA bidrar med god metode for risikovurdering, men basert på litteraturgjennomgang mangler metoden elementer som retningslinjen har prøvd å utfylle. Som nevnt tidligere, beskriver sikkerhetshåndboken at risikoanalysen skal beskrive risikoen, der analysen kan enten gjøres kvalitativ eller kvantitativt. Det ble derfor sett behov for å skape et skille mellom kvalitativ og kvantitativ tilnærming, og tydeligere fremgangsmåte. Retningslinjen utdyper en veiledende analyseprosess ved å kombinere forskriftene, krav fra EN 50126-1, Bane NORs sikkerhetshåndbok med litteratur. Omfanget av retningslinjen vil kun gjelde for risikovurderinger som må utføre eksplisitt risikovurdering, hvor farene antas å ikke være bredt akseptabelt, og regler for god praksis og referansesystem ikke kan benyttes. Eksplisitt risikovurdering følger prosessen som illustrert i Figur 3.1, som er benyttet som utgangspunkt for presentasjon av trinnvise risikovurderingsprosessen. Veiledningen presentert i retningslinjen er en prosess for risikovurderinger som er lagt til grunn for den etablerte retningslinjen, som kan følges med både kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Selv om Figur 3.1 illustrerer at kvalitativ tilnærming skal hoppe over estimering av frekvens og konsekvens, anbefaler retningslinjen at alle trinnene blir fulgt. I stedet for tittelen frekvensestimert benyttet av CSM RA, er tittel årsaksanalyse fra NS 5814 benyttet, fordi den ble ansett for å være mer hensiktsmessig og forståelig. Retningslinjen tilsier ikke hvordan man skal gjøre en kvantitative beregninger, men fremhever metode for årsak- og konsekvensanalysen. Det blir også påpekt at den Bayesianske tilnærmingen er anbefalt for beregning av risiko. Trinnene inkluderer også et element som ikke er dekket av CSM RA, som er sammenstilling av risikobilde som er en viktig del av risikovurderingen.

Ved å inkludere alle de nevnte elementene mener jeg at en helhetlig prosess for gjennomføring av risikovurdering blir ivaretatt og retningslinjen oppfyller kriteriet om å være utfyllende.

4.2.2 Forhold som har betydning for tilnærming

For å avgjøre hvilken tilnærming som er den mest passende for analysens formål, lister retningslinjen opp forhold som vil kreve kvantifisering av risiko med tilhørende argumentasjon og forklaring. For å kunne referere til forholdene er de nummerert. Ved vurdering av hvilke tilfeller som skulle gjelde for kvantifisering av risiko var noen av hovedspørsmålene: er det noen utløsende elementer eller indikasjoner som tilsier at risikovurderingen bør gjennomføres kvantitativt? Og hvis man tar utgangspunkt i at alt skal kvantifiseres, er det noen forhold som ikke lar seg kvantifisere?

Hensikten med å etablere forhold for når kvantifisering av risiko er ansett å være nødvendig innen jernbanesektoren, er for at bruker skal unngå usikkerhet i valget om hvilken tilnærming som er hensiktsmessig. Forholdene er argumentert å ha tilknyttet nytte og fordeler for å benytte ressurser for å beregne risikoen, med krav om at beregningen skal være av slik detaljnivå at resultatene kan gi innsikt til beslutningstaker.

Forhold som har betydning for kvantitativ tilnærming ble i første versjon valgt å være følgende:

1. Prosjektering av nye strekninger.
2. Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse.
3. Den totale risiko anses som høy.
4. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med storulykke-potensiale.
5. Argumentere for ivaretagelse for interessenter og offentligheten.

Som beskrevet i «Krav til utførelse av Risikovurdering innen trafiksikkerhet» skal det gjøres en kvantitativ risikoestimering for alle *nye strekninger*. Det ble derfor ansett som nødvendig å inkludere dette tilfellet for retningslinjen. Derimot beskriver ikke dokumentet hva som menes med ny strekning. Punktet ble valgt fordi det er tilknyttet mindre kunnskap om hvordan bygging av ny strekning vil påvirke sikkerheten for ansatte, passasjerer og tredje part ved ferdig drift. *Nye og komplekse tekniske systemer* er anbefalt å ha kvantitativ tilnærming, fordi systemet er ukjent, og med samme argumentasjon som for første tilfellet, vil det være knyttet usikkerhet om hvordan systemet vil være i drift og hvordan systemet kan påvirke sikkerheten. Ayyub (2003) argumenterte for at fordelene ved å kvantifisere tekniske systemer er for å ha

muligheten til å kutte ned på kostnader ved tilfeller hvor det kan kreve reparering, redesign eller utskifting av komponenter. Ved scenarioer hvor det er vist fra den innledende kvalitative risikoanalysen at *risikoen anses som høy*, er det anbefalt å gjennomføre analysen med kvantitativ tilnærming. Tilfelle nummer fire hadde innledende tittelen «*uønskede hendelser med høy konsekvens og lav frekvens*», men tittelen ble endret for å omhandle storulykker. Storulykker karakteriseres som hendelser med høy konsekvens og lav frekvens, og bør ikke aksepteres å inntreffe i samfunnet. Slike ulykker har stor betydning for sikkerheten, og det er derfor viktig å være treffsikker i valg av risikoreduserende tiltak. I henhold til Ye (2017), er kvantitative analyser mer anvendbar for scenarioer som har høy konsekvens med lav frekvens. For å kunne være sikker ved beslutning om tiltak, er det behov for et godt grunnlag fra risikoanalysen. *Argumentere for ivaretagelse av sikkerheten for interessenter og offentligheten* ble valgt som tilfelle for kvantifisering. Dette gjelder for scenarioer hvor det er uttrykt et behov fra interessenter for henvisning til beslutningsgrunnlaget som er lagt til grunn for å implementere risikoreduserende tiltak eller begrunne for hvorfor det ikke er innført. For det kan oppstå motstridende interesser omkring nødvendigheten av et tiltak.

Forhold på hvor det er tilstrekkelig eller hensiktsmessig å utføre risikovurderingen med kvalitativ tilnærming er det, i likhet for kvantitativ tilnærming, ikke funnet konkrete eksempler gjennom litteratursøket. Tanken ved etablering av første utkastet var at hvis ingen av tilfellene for kvantitativ tilnærming gjaldt for gitt problemstilling, kunne kvalitativ tilnærming iverksettes. Første versjon av retningslinjen beskrev istedenfor elementer som medførte at kvalitativ tilnærming var hensiktsmessig, eksempelvis ved manglende data-grunnlag eller manglende forståelse av menneskelige feilhandlinger. Annen argumentasjon var at metoden er for utfordrende, mangel på tilstrekkelig erfaring på utførelse og for store usikkerheter involvert. Derimot, i forkant av møtet med Bane NOR, som beskrevet i Kapittel 5, var det ønskelig av veilederne å foreslå også tilfeller for når det er hensiktsmessig og holder å utføre risikoanalysen med kvalitativ tilnærming. Dette ledet til etablering av seks følgende forhold:

1. Den totale risikoen anses som lav.
2. Innsatsen for modellering/beregning av risiko blir for stor mot nytten.
3. Beslutningsgrunnlaget kan ikke bli forbedret med kvantitativ tilnærming.
4. Stor nytte og/eller lav kostnad for å implementere et tiltak.
5. Der effekten av et risikoreduserende tiltak er stor i forhold til kostnadene.
6. Kan argumentere med gode barrierer mot menneskelige feilhandlinger.

De seks tilfellene utgjør forhold som tilsier at kvalitativ tilnærming er tilstrekkelig å utføre. *Den totale risikoen anses som lav* gjelder situasjoner der det er tilknyttet liten usikkerhet om uønskede hendelser som kan inntreffe, og ved hendelser som er tilknyttet lav sannsynlighet eller frekvens og konsekvens. Punkt to, *innsats for modellering/beregning*, er inkludert i retningslinjen for å utelukke de situasjonene hvor det ikke er hensiktsmessig å utføre kvantitative beregninger, fordi modelleringen krever mye arbeid som gir liten nytte, eller hvor de numeriske verdiene ikke gir stor utbytte for beslutningsprosessen. Hvor *beslutningsgrunnlaget ikke blir forbedret med kvantitativ tilnærming* gjelder situasjoner hvor eksempelvis et tiltak ikke har behov for å tilknyttes mer argumentasjon for valget, fordi kostnaden er lav og vil klart bedre sikkerheten. I situasjoner hvor det er *stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av risikoreducerende tiltak* er det heller ikke ansett et behov for beregning av risiko. Tilfellet vil gjelde forhold hvor det medfører stor nytte og fordel å innføre risikoreducerende tiltak. Der forhold tilsier at *effekten av et risikoreducerende tiltak er stor i forhold til kostnadene* som vil klart bedre sikkerheten, er kvalitativ tilnærming tilstrekkelig nok. Et forhold som i tillegg kan være tilstrekkelig for utførelse av kvalitativ risikoanalyse er hvor man *kan argumentere med gode barrierer mot menneskelige feilhandlinger*. Drift av jernbane har stor interaksjon med mennesker, i form av 1., 2. og 3. person. I mange tilfeller er det situasjonsavhengig ved forekomst av uønskede hendelser ved interaksjon mellom menneske og maskin og kan medføre utfordringer for fastsettelse av kvantitativ verdi. Punktet argumenterte med at hvis det er implementert gode barrierer som kan hindre eller redusere menneskelige feilhandlinger, vil en kvalitativ vurdering være tilstrekkelig nok.

De presenterte punktene fungerer på slik måte at den tilsier hvilken tilnærming som er anbefalt avhengig av problemstilling til en risikovurdering. Utgangspunktet for etterlevelse av tilfellene for kvantitativ og kvalitativ tilnærming er at bruker benytter retningslinjen ved oppstart av risikovurdering og ved gjennomført kvalitativ forståelse av farer, årsaker og konsekvenser, benytter retningslinjen for å sjekke om det er nødvendig med kvantitativ tilnærming eller om kvalitativ tilnærming er optimal. Dette er den samme prosessen som presentert av NS 5814 (Standard Norge, 2008) og Ye (2017).

4.3 Godhet av retningslinjen

Med godhet av retningslinjen menes kriterier som jeg ønsker retningslinjen skal oppfylle. Tre kriterier ble valgt, der retningslinjen er ønskelig å være *utfyllende, tydelig og troverdig*.

Retningslinjen har som formål å være *utfyllende*. I den kontekst at retningslinjen skal kunne dekke de fleste situasjoner, forhold og problemstillinger ved gjennomførelse av risikovurderinger innen togframføring i utbyggingsprosjekter ved Bane NOR. Retningslinjen skal være komplett ved å kunne besvare de spørsmål en bruker besitter i forkant av en risikovurdering. Retningslinjen skal bidra med forslag og anbefalinger med tilhørende argumentasjon som er konkret og spesifikk.

En potensiell bruker av retningslinjen skal forstå hva som er beskrevet, med andre ord, retningslinjen skal være *tydelig*. Retningslinjen skal være oversiktlig og konkret ved å bringe klarhet for valg av tilnærming. Anbefalingene med tilhørende argumentasjon skal være forståelig og anvendbar.

Retningslinjen skal være *troverdig*, fordi at bruker skal få en forståelse av hvorfor noen situasjoner krever beregning. Å skape troverdighet vil skje i form av konkrete argumentasjoner som henviser til nytte og fordeler ved beregning av risiko. Samtidig skal en bruker se nytten i å benytte retningslinjen som kan bidra til å inkludere argumentasjoner i rapport for valgt tilnærming.

Kapittel 5

Uttesting av retningslinjen

Kapitlet presenterer målsetning seks av masteroppgaven, som er utfør test av retningslinjen i samarbeid med Bane NOR. Agenda og hva som ble gjennomgått og diskutert på møtet blir presentert, med beskrivelse av fremgangsmåte for gjennomgang av casestudiet. Videre gis en beskrivelse av hva som fungerte og ble tilsluttet i første versjon av retningslinjen, men som krever styrkende argumentasjoner. Det gis en presentasjon av hvilke innspill på møtet som resulterte i elementer som ble inkludert i retningslinjen samt en felles oppsummering av møtet. Avslutningsvis presenterer diskusjon på andre aspekter innen Bane NORs risikovurderingsprosess som ble tatt opp på møtet samt hvilke endringer jeg utførte for videre utvikling av retningslinjen. Revidert versjon av retningslinjen er presentert i Vedlegg D.

5.1 Møte med Bane NOR

I forkant ble møteinnkalling sendt til deltakere som var avklart med veileder fra Bane NOR. Møteinnkallingen inneholdt agenda, formål og struktur av møtet med tentativ tidsplan. Første versjon av retningslinjen ble sendt inn til deltakerne for gjennomgang i forkant av møtet.

Møtet fant sted i Bane NORs lokaler i Oslo den 20. April 2017. Fra Bane NOR deltok; Øyvind Reitan, RAMS-rådgiver i Plan & Teknikk, Angunn Engebø, senior rådgiver i Sikkerhet & Kvalitet, Silje Storsveen, RAMS-leder for Ringeriksbanen, og Karen Ranestad, fagansvarlig RAMS i Plan & Teknikk. Formålet med møtet var diskusjon og test av retningslinjen med utgangspunkt i caser innen togframføring, motta tilbakemelding om elementer i retningslinjen som krever forbedring og eventuelt hva som bør inkluderes eller endres.

Møtet bestod av tre deler. Første del av møtet var introduksjon med presentasjon av framdrift for masteroppgaven, innhold og struktur i rapport samt grunnlaget for etablering av retningslinjen og forhåndssatte kriterier tilknyttet retningslinjen. Andre del av møtet utgjorde utførelse av test, hvor deltakerne på forhånd valgte ut caser med ulike beslutningssituasjoner som ble gjennomgått i fellesskap. Casestudiet er presentert i neste delkapittel. Parallelt med gjennomgang av case, ble samtlige av de forslåtte forholdene som har betydning for

tilnærmingen, presentert i Kapittel 4.2.2, diskutert i fellesskap i løpet av møtet. Resultatet fra gjennomgang av case og diskusjon på møtet resulterte i endringer av retningslinjen som er presentert i Kapittel 5.3 og 5.4. Avsluttende del av møtet bestod av diskusjon og oppsummering, som blir presentert i Kapittel 5.5. Det ble i tillegg et behov for å ta en diskusjon av Bane NORs analysemetodikk. Diskusjonen her blir presentert i Kapittel 5.6. Basert på endringene fra casestudiet og diskusjon med deltakere er det gjennomført videreutvikling av retningslinjen basert på egen refleksjon, som er presentert i Kapittel 5.7.

Etter introduksjon av møtet var gjennomført ble det foretatt lydopptak av resterende deler av møtet, med hensikt å unngå notering slik at møteleder også kunne delta i diskusjon. Beskrivelser av uttalelser og innspill fra deltakere er dette anonymisert i rapporten.

5.2 Casestudie

Deltakerne hadde i forkant valgt ut et antall caser, som var utførte risikovurderinger med ulike formål. Risikovurderingene ble diskutert rettet mot tilfellene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming som presentert i Kapittel 4.2.2. Problemstillingen i casene ble gjennomgått mot retningslinjen, og en felles vurdering om problemstillingen ble dekket av retningslinjen. Ved gjennomgang av hvert case, ble følgende spørsmål gjennomgått og besvart:

- a) Hva er formålet av risikovurderingen?
- b) Hvilken type risiko analyseres?
- c) Hvilket beslutningsgrunnlag er det behov for?
- d) Hvordan er forholdene på området som analyseres/spesifikke forhold med analyseobjektet?
- e) Henviser retningslinjen til hvilken tilnærming som anbefales? I så fall hvilken? Hvis ikke, bør dette inkluderes?
- f) Hvilken tilnærming er den mest optimale basert på deres synspunkt?

Spørsmål b) «hvilken type risiko analyseres» ble ansett for å ikke være gjeldene siden det ofte er personrisiko av 1., 2. og 3. person som undersøkes og evalueres i en risikovurdering knyttet til togframføring og prosjektering. Type risiko som omdømme og samfunnsverdier er ikke nok til å ta valget mellom hvilken tilnærming som er mest hensiktsmessig.

Siden møtet kun varte i fire timer, og en del av tiden gikk med til generell diskusjon av tilfellene og Bane NORs metodikk for risikovurderinger, ble kun to risikovurderinger gjennomgått, henholdsvis referert som case én og to. Case én var en risikovurdering gjennomført for en stasjon i Norge. Stasjonen er i videre tekst omtalt som stasjon x.

Risikovurderingen var utført i planfase hovedplan med kvalitativ tilnærming. Hensikten med prosjektet var fast kryssing av to persontog, innføring av doble togsett av typen Flirt, og universell utforming på stasjonen samt vurdere eksisterende og nye løsninger for planfri kryssing på stasjon. Det er flere alternativer som er til vurdering, blant annet to alternativer for forlenging av krysningsspor. Det ene alternativet plasseres sporveksel etter en overgangsbru, som medfører ytterligere ombygging på bruene. Det andre alternativet er å legge en avledende sporveksel foran overgangsbru, men hvis et tog avsporer her kan toget ledes ut til trafikkert veg. Formålet med analysen var å få oversikt over farer, vurdere løsningene opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier, vurdere risikoreduserende tiltak og effekten av disse mot ALARP-prinsippet. Behov for beslutningsgrunnlag er valget om hvilket alternativ som er det mest optimale for stasjon x. Beslutning om valg av alternativ avhenger av flere momenter, blant annet RAMS-vurderingen, samfunnsøkonomi og vedlikehold. Risikovurderingen er derfor risikoinformativ i beslutningsprosessen. Ved vurdering av case én mot tilfellene av kvalitativ og kvantitativ tilnærming fra retningslinjen, tilsier metodikken i retningslinjen at risikovurderingen burde blitt gjennomført med en kvantitativ tilnærming. Det er punkt fire, «*uønskede hendelser og/eller situasjon med storulykke-potensiale*» som var utslagsgivende. Sporveksel er ikke et nytt, teknisk system, men i henhold til plassering er den kompleks med tanke på omgivelsene. Ved beregning av risiko kunne analysen hatt et sterkere beslutningsgrunnlag for anbefaling av alternativ, siden det var knyttet usikkerhet om det er akseptabelt å legge sporveksel som leder mot veg. En kvantitativ analyse kunne tydeliggjort usikkerheten knyttet til alternativet og økt kvaliteten på risikovurderingen. Case én henviser dermed til at retningslinjen er relevant. Hvis retningslinjen hadde blitt benyttet i forkant av gjennomførelsen av risikovurderingen, kunne utfallet av analysen vært annerledes.

Case to var en kvantitativ risikovurdering i detaljplan for prosjektering av ny tunnel. Traséen er besluttet, og derfor er risikovurderingens formål å etablere risikobilde for strekningen, evaluere prosjektert løsning møter risikoakseptkriteriene til Bane NOR og identifisere risikoreduserende tiltak som bidrar til å redusere risikoen til et nivå som er så lavt som praktisk gjennomførbart, i henhold til ALARP-prinsippet. Behov for beslutningsgrunnlag er å støtte valg av tiltak og optimalisere løsningen som bestemt fra hovedplan. Strekningen utgjør en omtrent 3 kilometer lang tunnel, prosjektert med høyt trafikkvolum. Ved vurdering av case to mot retningslinjen, henviste retningslinjen at risikoanalysen bør utføres med kvantitativ tilnærming, siden det er prosjektering av tunnel som er et *nytt teknisk system*. Retningslinjen henviste å være relevant også for case to siden risikovurderingen i utgangspunktet var kvantitativ.

5.3 Tilsluttede elementer i retningslinjen

Følgende elementer av retningslinjen gjelder fortsatt for andre versjon, med henvisning til punkter som hadde behov for styrkende argumentasjoner basert på innspill fra møtet.

Deltakerne på møtet godkjente og konkluderte de fem første forholdene som krever kvalitativ tilnærming til å være relevante. Samtlige av punktene var følgende:

1. Den totale risikoen anses som lav.
2. Innsatsen for modellering/beregning av risiko blir for stor mot nytten.
3. Beslutningsgrunnlaget kan ikke bli forbedret med kvantitativ tilnærming.
4. Stor nytte og/eller lav kostnad for å implementere et tiltak.
5. Der effekten av et risikoreducerende tiltak er stor i forhold til kostnadene.
6. Kan argumentere med gode barrierer mot menneskelige feilhandlinger.

Innspill til punkt 3, «*Beslutningsgrunnlaget kan ikke bli forbedret med kvantitativ tilnærming*», kan eksempelvis gjelde ved plattformforlengelse på stasjon. Eksemplet vil være tilstrekkelig med kvalitativ tilnærming siden det vil forbedre sikkerheten. Innspill til punkt 5, «*Der effekten av et risikoreducerende tiltak er stor i forhold til kostnadene*», kan gjelde ved tilfeller hvor det er lett å argumentere for at nytte er vesentlig og at kostnadene er relativt små uten henvisning til kvantitative verdier.

Samtlige forhold for kvantitativ tilnærming ble støttet, men hadde behov for ytterligere argumentasjon. Punktene var følgende:

1. Prosjektering av nye strekninger.
2. Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse.
3. Den totale risiko anses som høy.
4. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med storulykke-potensiale.
5. Argumentere for ivaretagelse for interessenter og offentligheten.

Punktene 1, 2 og 4 er supplert med definisjon om hva som betegnes med ny strekning, nye og komplekse tekniske systemer og storulykke. For definisjon av *ny strekning* gikk diskusjonen på om det gjaldt for endret kjøreområde eller en kombinasjon av kilometer og funksjonalitet. Sikkerhetsstaben hadde prøvd ut en tommelfingerregel for bygging av mer enn én kilometer skinnegang. Tommelfingerregelen ble ikke medtatt i retningslinjen. Punkt 1 gjelder for bygging av ny skinnegang på områder hvor det ikke tidligere har eksistert samt bygging av dobbeltspor. Selv i situasjoner hvor det er tilknyttet lav risiko, eller lav kompleksitet, uttrykket deltakerne på møtet at en kvantitativ risikovurdering skal utføres for å få et totalt bilde over risikonivået av jernbaneinfrastrukturen i Norge.

Definisjon av et *teknisk system* ble konkludert å omfatte store deler av infrastrukturen som tunnel, bru og stasjon. Jernbaneinfrastrukturforskriften (2011) definerer infrastruktur som spor, sporveksler, byggverk som broer og tunneler, og infrastruktur knyttet til jernbanestasjoner, som plattformer og ganganlegg. Diskusjon av *komplekst teknisk system* konkluderte med å inkludere viktigheten av å se på systemet i sin helhet og omgivelsene rundt. For omgivelsene vil ofte være utslagsgivende om systemet er komplekst. Tilfellet vil luke vekk tilfeller hvor det skal innføres tekniske systemer som forbedrer sikkerheten, eksempelvis plattformforlengelse som ikke har behov for kvantitativ tilnærming. *Nytt teknisk system* er definert som et system som tidligere ikke er tatt i bruk, det er altså ny teknologi som ikke er tatt i bruk tidligere, men omfatter også teknologi som skal benyttes på en annen måte enn tidligere. Definisjonen vil altså ikke gjelde for ny teknologi som implementeres på et gitt område, men er benyttet på andre deler av jernbaneinfrastrukturen.

For punkt 4 var det ansett behov for å inkludere en definisjon av hva som anses som *storulykke*. Diskusjon av definisjon omhandlet ett dødsfall og store materielle skader, men ved å kun involvere ett dødsfall er det mange hendelser som kan klassifiseres som storulykker, eksempelvis ulykke på planovergang med én involvert anses ikke som storulykke. Definisjonen av storulykke ble konkludert å være ulykke med to eller flere omkomne. Jernbaneinfrastrukturforskriften (2011) benytter begrepet *alvorlig jernbanehendelse*, som defineres som «en uønsket hendelse som under litt andre omstendigheter kunne ha ført til en jernbaneulykke». Retningslinjen har ikke valgt å benytte denne definisjonen, selv om den er tilnærmet lik valgt definisjon av *storulykke*. Definisjon av *storulykke-potensiale* vil gjelde for alle ulykker som under andre omstendigheter kunne gitt flere dødsfall. Eksempelvis, en avsporing hvor én person omkommer, men avhengig av omstendighetene kunne ulykken involvert flere personer og derav flere potensielle omkomne. Disse tilfellene er begrunnet i retningslinjen for å kreve kvantitativ tilnærming. Men det ligger et unntak i tilfellet, dette for å unngå at alle ulykker må kvantifiseres som gir liten nytte, er utfordrende å beregne på eller ikke blir benyttet som beslutningsunderlag. Spesielt gjelder dette for implementering av risikoreducerende tiltak som fjerner tidligere kilder for potensielle av storulykke og ikke introduserer et nytt storulykke-potensiale eller øker muligheten for en ny storulykke. Derfor ble tittelen supplert for å gjelde de situasjonene som introduserer et nytt eller økt storulykke-potensiale som er anbefalt for beregning av risiko.

5.4 Endringer i retningslinjen med utgangspunkt i innspill fra møtet

Følgende presentasjon er endringer som ble inkludert i retningslinjen som følge av innspill fra møtet.

For å gjøre retningslinjen mer tydelig og bringe klarhet til leser, utdyper retningslinjen, ved presentasjon av argumentasjoner for kvalitativ eller kvantitativ tilnærming, hva som er formålet med de foreslåtte tilfellene og påpeker hvordan punktene skal benyttes og hvorfor. Kvalitativ tilnærming ble plassert før kvantitativ tilnærming etter anbefaling av veileder fra Bane NOR. Årsaken er at hvis noen av tilfellene gjør at det er hensiktsmessig å gjøre kvalitativt, går man ikke videre til kvantitativ.

Som utfall av møtet medførte det behov for endring av noen av forholdene som har betydning for tilnærming i en risikoanalyse. Tidligere tittel for tilfelle fire var «*Kan argumentere med gode barrierer mot menneskelige feilhandlinger*», men er endret for å gjelde flere situasjoner. Diskusjonen konkluderte med at det ikke holder å kun vurdere antall barrierer etter enkeltfeilprinsippet, da det også er behov for å vurdere godheten av barrierene. Med 'godhet' menes at barrierene er relevante og dekkende mot farene. Derfor vil det være hensiktsmessig å utføre kvalitativ analyse når barrierene blir vurdert mot enkeltfeilprinsippet og barrierens effekt i form av virkningsgrad og effektivitet. Tittelen ble dermed endret til «*kan argumentere barrierer mot enkeltfeilprinsippet og dens effekt.*» Utfallet av møtet medførte behov for et nytt punkt for kvantitativ tilnærming, «*valg av løsninger som har ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde.*» Ved tilfeller hvor det er flere tiltak som er til vurdering, og man kan ikke tydeliggjøre hvilket alternativ som er det mest optimale og beste løsning sikkerhetsmessig, vil det være et behov for beregning av risiko som vil bidra til å ta den riktige beslutningen.

Et element som var under vurdering er om risikovurderinger bør ha samme tilnærming som andre analyser eller momenter som er inkludert i beslutningstaking, eksempelvis RAM-analyser og kost/nytte-analyser. Vurderingen omhandlet behov for å inkludere dette som et tilfelle for kvantitativ tilnærming hvis andre analyser er gjennomført kvantitativt, og så fremt en bruker ser nytten i å gjennomføre risikovurderingene også med kvantitativ tilnærming. Dette argumenterer Vinnem (2014) for som presentert i litteraturstudien, hvor han mener at andre studier som blir benyttet i beslutningstaking bør ha lignende nivå av presisjon. Kost/nytte-analyser kan være svært nyttig å gjennomføre kvantitativt når man har en kvantitativ forståelse av risikoen, for å vurdere mot ALARP-prinsippet med konkrete beløp

for kostnader av et tiltak. Møtet konkluderte å ikke inkludere dette i retningslinjen, fordi det vil være opp til analytiker og de nevnte forholdene som er grunnlag nok får evaluering av hensiktsmessig tilnærming.

Deltakerne konkluderte for å få retningslinjen mer utfyllende kan innføring av eksempler i retningslinje bidra til å oppnå kriteriet. På denne måten kan bruker benytte eksemplene i tillegg til å få ytterligere forståelse av hvordan hvert av punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming vil fungere i praksis, og kan gi en referanse til prosjektet som skal utføres. De gitte eksemplene er utviklet med utgangspunkt ved utbygging, prosjektering og drift av jernbane. Deltakerne påpekte at der er derimot utfordrende å komme opp med et representativt antall eksempler, siden prosjektene som utføres i Bane NOR er ulike. For avsluttende versjon av retningslinjen er det forslått to eksempler til hvert punkt, utenom ny strekning og nytt/komplekst teknisk system.

5.5 Oppsummering av møtet

Avsluttende del av møtet bestod av oppsummering hvor følgende fem spørsmål, utarbeidet av veileder fra Bane NOR, ble gjennomgått i fellesskap med deltakerne:

- a) Evalueres retningslinjen relevant for problemstillingen som var hovedtema i risikovurderingen?
- b) Evalueres retningslinjen tydelig og lett anvendelig for risikoanalysen?
- c) Ville omfanget av kvantifisering i risikoanalysen blitt annerledes dersom retningslinjen hadde blitt anvendt i forkant av analysen, slik den er planlagt benyttet som en del av styringssystemet?
- d) Evalueres anbefalt nivå av kvantifisering basert på retningslinjen å være formålstjenlig for Bane NORs risikoanalyser, og ville retningslinjen således bidratt til å en kvalitetsheving av Bane NORs analysearbeid?
- e) Eventuelle innspill for justering og modifisering av retningslinjen basert på evalueringer av gjeldende risikovurdering?

Perspektivet for besvarelsene av spørsmålene kom først fram etter gjennomgang av casestudiet. Deltakerne opplevde retningslinjen til å være relevant ved felles gjennomgang enn ved egen lesing. Argumentasjonene i retningslinjen kom ikke klart nok frem, derfor er det behov for korte og konsise setninger og beskrivelser. En illustrasjon kan bidra til å gjøre retningslinjen mer anvendelig. Spørsmål c) og d) ble konkludert å besvares ja, basert på gjennomgang av casestudiet.

Avslutningsvis ble kriteriene for retningslinjen diskutert i fellesskap for å avklare om kriteriene er oppfylt. Samtlige av kriteriene ble konkludert til å ikke være fullstendig oppfylt. For at retningslinjen skal bli mer *utfyllende* er det behov for et nytt tilfelle for kvantitativ tilnærming, utdypende argumentasjon, og bruk av eksempler kan bidra til å gjøre retningslinjen mer *troverdig*. Retningslinjen kan bli mer *tydelig* ved endring av setningsoppbygging og få frem argumentasjonene. Et poeng fra deltakerne er at retningslinjen bør være tydelig nok for at en bruker ikke skal misforstå forslagene, for å unngå utførelse av risikovurderinger som ikke har noen nytte i en beslutningsprosess.

5.6 Innspill i henhold til analysemetodikk

Møtet var i utgangspunktet tenkt for uttesting av retningslinjen, men underveis ble det behov for å diskutere aspekter knyttet til gjennomføring av risikovurderinger.

For vurdering om hvorvidt risikoen er akseptabel, skal man i henhold til Bane NORs sikkerhetshåndbok benytte Bane NORs risikoakseptkriterier i risikoevalueringen ved gjennomføring av eksplisitt risikoanalyse. Disse risikoakseptkriteriene, som presentert i Kapittel 3.1 er i kvantitativt format for samfunns- og individrisiko for 1., 2. og 3. person, utenom ALARP-prinsippet og samfunnsrisiko for endringer. Diskusjonen omhandlet Bane NOR har dokumentert en fast metode for kvalitativ risikoevaluering, noe sikkerhetshåndboken ikke dokumenterer. Dette ble uttrykt for å være en svakhet, siden konsekvensen er at metodikken i en risikovurdering kan bli utført forskjellig hver gang. Likevel står det i sikkerhetshåndboken at man skal beskrive risikoen ved vurdering av sannsynlighet og forventet skade. Det ble uttrykt at det kvalitative risikoakseptkriteriet Bane NOR har er at enhver endring ikke skal gi økning i risiko. Ved å sammenligne hver fare, og en kan evaluere at man håndterer farene bedre enn før, vil risikoen være lavere, selv uten beregninger for å stadfeste dette. Ved kvalitative vurderinger uttrykker deltakerne at vurdering av akseptabel risiko kan argumenteres gjennom at det er tilknyttet liten usikkerhet til konklusjonen om man er på samme eller lavere risikonivå i dag enn ved det gamle systemet. Hvis dette kan argumenteres for, vil det være tilstrekkelig med kvalitativ vurdering, så fremt risikoen for det gamle systemet var akseptabelt. Ved usikkerhet om man er innenfor, samme eller på lavere risikonivå, uttrykker deltakerne enighet om at et kriterium bør være å gjennomføre kvantitativ analyse for å ha et bredere grunnlag å argumentere for om man er innenfor akseptkriteriene. Men uansett hvilken tilnærming en risikovurdering har, uttrykker deltakerne viktigheten med å argumentere for at man er innen akseptabel risiko.

Det ble uttrykt at det er i hovedsak to prinsipper som benyttes, enkeltfeilprinsippet og ALARP-prinsippet. Enkeltfeilprinsippet kan brukes som et kriterium i tillegg, men innen sikkerhet brukes ikke prinsippet for alle tilfeller. I tillegg er ikke dette prinsippet dokumentert i sikkerhetshåndboken. Det andre prinsippet er ALARP-prinsippet, som det er beskrevet i sikkerhetshåndboken, benyttes for risikoreduserende tiltak for vurdering av nytte og kostnad.

5.7 Videreutvikling av retningslinjen

Endringene presentert er basert på egen refleksjon og synspunkt for videreutvikling av retningslinjen.

Det kvalitative punktet *«beslutningsgrunnlaget ikke kan bli forbedret ved kvantitativ tilnærming»* er istedenfor benyttet som argumentasjon under punktet *«innsatsen for modellering/beregning av risiko blir for stor mot nytten»*. I tillegg ble det kvalitative punktet *«der effekten av et risikoreduserende tiltak er stor i forhold til kostnadene»* også benyttet som argumentasjon under punktet for *«stor nytte og lav kostnad for implementering av risikoreduserende tiltak»*. Disse to endringene ble gjennomført siden jeg vurderte disse til å overlape hverandre og i begge tilfeller vil argumentasjonen være at effekten er stor i forhold til sikkerheten og vil klart bedre sikkerheten.

Et tidligere benyttet punkt for kvantitativ tilnærming var *«argumentere for ivaretagelse for interessenter og offentligheten»*. I siste versjon valgte jeg å fjerne tilfellet. Årsaken involverer at argumentasjonen av punktet kunne inkluderes i *«valg av løsninger som har ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde»*, samtidig i forkant av en endring på jernbaneinfrastruktur skal Bane NOR melde inn til SJT for å argumentere for ivaretagelse av sikkerheten. For å rådføre med interessenter og høre deres synspunkt om en potensiell endring, er dette inkludert i retningslinjen under forberedelser av risikovurderinger.

Basert på diskusjon under møtet med Bane NOR og egen evaluering i etterkant, er tilfellene for kvalitativ tilnærming bestemt å være følgende:

1. Den totale risikoen anses som lav.
2. Innsatsen for beregning av risiko blir større enn nytten for gjennomførelse.
3. Stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av risikoreduserende tiltak.
4. Kan argumentere barrierer mot enkeltfeilprinsippet og dens effekt.

Som utfall av møtet og egen evaluering i etterkant, er tilfellene for kvantitativ tilnærming:

1. Prosjektering av nye strekninger.
2. Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse.

3. Valg av løsninger som har ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde.
4. Den totale risikoen anses som høy.
5. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med nytt eller økt storulykke-potensiale.

De to settene av forhold, henholdsvis forhold for kvalitativ og kvantitativ tilnærming, dekkes bedre enn før basert på samtlige endringer med utdypende forklaringer. Presentasjonen av forholdene som har betydning for tilnærming ble i selve retningslinjen kortet ned og listet opp med punkter, og henviser til vedlegg som fungerer som veiledning til retningslinjen hvor det er gitt mer utdypende forklaringer. Elementer som ble ansett for å være supplement til retningslinjen og gir utdypende veiledning for retningslinjen er plassert i retningslinjens vedlegg. Vedlegget utdyper forberedelsene som skal gjøres i forkant av risikovurdering, krav for gjennomføring av risikovurdering i ulike planfaser og en trinnvis risikovurderingsprosess som kan etterleves ved utførelse av risikovurderinger med både kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Retningslinjen påpeker at retningslinjen kan følges fra oppstart av risikovurderinger, og må ha gjennomført forberedelser og en kvalitativ tilnærming for trinn 1-3 i risikovurderingsprosessen før valg av tilnærming. Basert på Figur 2.6 henviser Arendt (1990) og Rausand (2011) til at en kvalitativ tilnærming er grunnlaget for gjennomførelse av kvantitativ tilnærming. Med andre ord, det er nødvendig med en god kvalitativ forståelse av farer, trusler, hendelser, med tilhørende årsaker og konsekvenser i forkant av beregning av risikoen. Det er med bakgrunn den kvantitative analysen bygger på grunnlaget fra kvalitative analysen, ikke motsatt. Dette perspektivet er benyttet som grunnlag i retningslinjen før analytiker kan beslutte hvilken tilnærming som er den mest optimale.

I etterkant av møtet er det utarbeidet et logisk flytskjema som kobler sammen og illustrerer tilfellene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Illustrasjonen er en enklere og visuell metode for brukere av retningslinjen til å velge hvilken av tilnærmingene som er potensielt den mest gunstige gitt prosjektets formål og omfang. Innledende var illustrasjonen tenkt å etableres i form av beslutningstre, men på grunn av utfordringer for å koble sammen tilfellene og ulike hensyn som må betraktes, ble ideen forkastet. Flytskjemaet består av rektangler som representerer spørsmål som besvares ja eller nei, og hver ellipse representerer utfallet for tilnærming, enten kvalitativ eller kvantitativ. Flytskjemaet tar utgangspunkt i en endring som skal initieres, som er et uttrykk benyttet i sikkerhetshåndboken som refererer til eksempelvis prosjektering, nytt tiltak, aktivitet eller valg av løsninger. For å ta et eksempel fra flytskjemaet, hvis det skal prosjekteres et nytt teknisk system som ikke tidligere er benyttet på den norske jernbaneinfrastrukturen, kan bruker vurdere om risikoen anses som høy, hvis ja, kan bruker igjen vurdere om innsats for beregning blir for stor mot nytten. Hvis det tekniske

systemet ikke er nytt, men eksempelvis brukt i andre områder på det norske jernbanesystemet, må man se systemet i sin helhet og vurdere om omgivelsene rundt det tekniske systemet er utslagsgivende. Bruker skal videre vurdere om endringen medfører nytt eller økt storulykkespotensiale eller om risiko anses som høy. Hvis ett av disse spørsmålene besvares ja, skal bruker vurdere om innsatsen blir for stor mot nytten. Et annet eksempel er ved spørsmålet om det er valg av løsninger med ulik sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde. Hvis svaret er ja, vil dette tilsi at det er flere løsninger som vurderes og man kan ikke tydeliggjøre den optimale løsningen, men ved besvarelse av nei, er det kun én løsning man vurderer. Ved å kombinere punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming ser bruker hvilken tilnærming som er mest passende basert på flere forhold. Det skal nevnes at flytskjemaet er etablert som et hjelpemiddel, men vil mulig i noen tilfeller ikke gjelde for noen gitte problemstillinger. Bruker av retningslinjen er anbefalt å benytte samtlige av punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming i kombinasjon med flytskjema for å kunne ta en helhetlig beslutning om valg av tilnærming.

Kapittel 6

Hovedfunn og diskusjon

Kapitlet presenterer rapportens hovedfunn og diskusjon. Innledningsvis blir det foretatt en begrepsavklaring av uttrykk innen risiko med tilhørende drøfting for hvilke begreper som jeg mener Bane NOR har fordeler av å benytte, som også er valgt å belyse i retningslinjen. En diskusjon av Bane NORs risikovurderingsprosess er presentert. Avslutningsvis blir det foretatt en diskusjon av den etablerte retningslinjen og hvordan møtet med Bane NOR hadde betydning for endelig resultat.

6.1 Begrepsavklaring

Det er behov for oppsummering av begreper og termer som er beskrevet fra litteraturstudien. Flere artikler og standarder benytter forskjellige definisjoner og på ulike måter. Betydningen av å ha begrepsavklaringen er å undersøke om Bane NOR er konsekvent i bruk av begreper innen fagfeltet risikovurdering og foreslå definisjoner som er relevante. Sikkerhetshåndboken inneholder ikke eget dokument som utdyper hvilke begreper de har tatt i bruk, men begrepene som er benyttet i selve sikkerhetshåndboken blir vurdert.

Vatn (2013) påpekte betydningen av å ha en presis tolkning av risiko, både kvalitativ og kvantitativt, dette for å kunne vurdere risikoen og benytte resultatene som beslutningsstøtte. Slik NS 5814 og En 50126-1 har definert risiko, som en kombinasjon av sannsynlighet/frekvens og konsekvensene av en hendelse, er en oppsummering av spørsmålene fra Kaplan og Garrick (1981). Men for å kunne koble det mot hva jeg anser som et viktig perspektiv for Bane NOR, anbefales det å legge til *usikkerheten* for forekomst av uønskede hendelser og dens tilhørende konsekvenser. I henhold til de ulike perspektivene som ble diskutert i Kapittel 2.3, anser jeg at det *kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet* for å være den mest optimale perspektivet for Bane NOR å benytte ved definisjon og bruk av begrepet risiko. Årsakene er flere. Blant annet er det stadig endringer i samfunnet, det er flere reisende som velger å benytte tog som fremkomstmiddel, infrastrukturen er under oppdatering som kan medføre innføring av ny teknologi og stor kompleksitet, og forholdene i omgivelsene som vær, er stadig i endring. Ved å benytte dette perspektivet er risiko da et uttrykk for usikkerhet,

hvor det ikke finnes en sann, reell risiko, fordi det er basert på en egen vurdering og kunnskap. I tillegg, i henhold til Rasmussen (1997), vil jernbaneulykker falle inn i type 2 ulykke hvor det ikke er hensiktsmessig å kun anslå risiko basert på forekomst av tidligere ulykker. Denne definisjonen av risiko er benyttet i retningslinjen og utførelse av årsak- og konsekvensanalysen påpeker tildeling av kvantitativ verdi skal benytte det historiske tallet som utgangspunkt. Ved gjennomgang av risikovurderingene har ikke disse utdypet hvilken definisjon av risiko som benyttes, men spesielt risikovurderingen fra Sørumsand stasjon påpeker at vurdering av farene er basert på innspill fra deltakerne i analysegruppen. Det er dermed analytikerens bakgrunn og kunnskap som avgjør risikoen tilknyttet hendelsene, som *kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet* beskriver. En alternativ metode for å definere risiko er uttrykt fra Aven (2008a) og Vatn (2013). Elementene de beskriver er i tillegg essensielt å inkludere ved vurdering av risiko, som dialog med interessenter og kunnskapen som ligger bak risikovurderingen.

Å dele opp begrepet risikovurdering i risikoanalyse og risikoevaluering er ansett å være den mest forståelige og brukte definisjonen, noe Bane NOR også uttrykker i sikkerhets-håndboken. Å benytte definisjonen av risikovurdering i henhold til ISO 31000 er misforstående, i den hensikt at risikoidentifisering identifiserer hendelser, årsaker og konsekvenser, mens i risikoanalysen skal risikoen beskrives og estimeres. Ved å etablere et mer tydelig skille, slik NS 5814 har i sin risikovurderingsprosess (se Figur 2.1) er opplevd å være mer forståelig. Begrepet risikoanalyse har i litteraturen tilnærmet samme definisjon. Henholdsvis prosessen for å identifisere farer, trusler, hendelser, og deres tilhørende årsaker og konsekvenser, ved beskrivelse av ord eller beregning av sannsynligheter eller frekvenser. Definisjonen er tilnærmet lik som benyttet av Bane NOR. Sikkerhets-håndboken dokumenterer at man skal beskrive eller beregne forventet skade og frekvens. Det kan være mer anvendelig å benytte begrepet årsaker som kan deretter beskrives eller beregnes ved sannsynlighet eller frekvens.

Første steget i en risikoanalyse involverer identifisering av farer og uønskede hendelser, i henhold til NS 5814. ISO 31000 (Standard Norge, 2009a) benytter begrepet risikoidentifisering. I henhold til litteratursøket er standarden den eneste som benytter begrepet. Eksempelvis benytter både NORSOK Z-013, CSM RA, Sikkerhetsstyringsforskriften og igjen Bane NOR, begrepet fareidentifikasjon, men da igjen bør farer bli definert. Farer og hendelser bør også inkludere trusler og andre kilder tilknyttet risiko som bør være en del av identifisering av uønskede hendelser.

Ved litteratursøk om kvantifisering av risiko er det flere begreper som benyttes i litteraturen. Blant annet risikomåling som etter eget synspunkt ikke er forståelig siden risiko ikke kan 'måles'. I tillegg benytter blant annet CSM RA risikoestimering. Termen estimering benyttes innen statistikk for å fastsette parametere i en modell. Men siden risiko er valgt definert som et uttrykk for usikkerhet basert på vår vurdering, vil det være feil å 'estimere' risikoen. Hvis begrepet risiko ble ansett for være en objektiv størrelse, altså en sann, reell risiko, kan estimering være riktig begrep å benytte. Det er derfor valgt i denne rapporten å bruke termen 'risikoberegning' som kan antydes å være ens vurdering av risiko og man foretar beregninger for å fastsette en numerisk verdi til risikoen. Dette er påpekt i retningslinjen, hvor det er valgt å benytte risikoberegning som gir en mer forklarende henvisning.

6.2 Bane NORs risikovurderingsprosess

Risikovurderinger utføres for å støtte beslutningstaking, ved å evaluere resultatene av risikoanalysen mot risikoakseptkriterier samt vurdere nødvendighet for risikoreduserende tiltak. De innspillene under diskusjon på møtet omhandlet hvilket kvalitativ kriterium Bane NOR har for kvalitative risikoevalueringer. Som beskrevet i litteraturstudien, fremhever Aven et al. (2003) frem sammenligningskriterium som kan benyttes for kvalitative analyser. Basert på diskusjonen under møte med Bane NOR benytter de sammenligningskriteriet i praksis. Å ta opp debatten på bruk av risikoakseptkriterier er ikke formålet med denne rapporten. Bruk og fastsettelse av risikoakseptkriterier i Bane NOR er diskutert i fordypningsprosjektet (Torsteinsen, 2016). Men et element som kan tas opp til diskusjon er hvor nyttig risikoakseptkriterier er for å ta en beslutning om tiltak. Hvis vi tar eksemplet fra case én er spørsmålet om kun enkeltscenarioet med avsporing i sporveksel skal kvantifiseres eller hele risikovurderingen for å kunne etablere et helhetlig risikobilde. Derimot hvis kun scenarioet ble kvantifisert vil det forekomme utfordringer ved risikoevalueringen på grunn av risikoakseptkriteriene til Bane NOR ikke er nedbrutt. For å kunne ta en vurdering om alternativet var akseptabelt må man kunne bryte ned de overordnede risikoakseptkriteriene på et nivå som er tilpasset enkeltobjekt, noe som kan være utfordrende. Dette viser at det er vanskelig å knytte enkeltcase mot risikoakseptkriterier. I slike tilfeller kan en kost/nytte-analyse være mer hensiktsmessig mot enkeltvurderinger som vil tilsi hvilke alternativer som er de mest optimale. Situasjonen vil være annerledes når analysen omfatter hel strekning hvor en summerer opp den totale risikoen for en hel strekning og deretter kan evaluere mot de overordnede risikoakseptkriteriene.

Selv om risikoen kan anses som akseptabel fra risikoanalysen, bør også andre betraktninger legges til grunn før beslutning om tiltak gjøres, eksempelvis analyse av kost-nytte samt synspunkt fra interessenter. Ved å se akseptabel risiko som et beslutningsproblem i henhold til Fischhoff et al. (1981), kan en argumentere mot at risikovurderinger i Bane NOR bør ha samme tilnærming som andre analyser som omfatter samme beslutning, eksempelvis RAM-analyser og kost/nytte-analyser. Det vil være en fordel at man har samme nivå, men som påpekt i Kapittel 5.4 vil det være opptil analytiker samt hvilken tilnærming som er mest hensiktsmessig for prosjektet.

Tiltaksanalyse er anbefalt å gjennomføre ved bruk av ALARP-prinsippet, noe EN 50126-1 påpeker og som er benyttet av Bane NOR. Men prinsippet er ikke benyttet i sin helhet i sikkerhetshåndboken. Tiltaksanalyse med vurdering av nytte og kostnad etter ALARP-området er det eneste formatet som er beskrevet i sikkerhetshåndboken til Bane NOR. Risikovurderingene som er gjennomgått har kvalitativ tilnærming og resultatene blir presentert i en risikomatrise henholdsvis etter ALARP-prinsippet, hvor prinsippet er benyttet i sin helhet. Siden Bane NOR ikke har etablert en standardisert matrise for dette formålet og har kun definert individrisiko som definerer et skille mellom akseptabel og uakseptabelt nivå er det utfordrende å understøtte argumentasjonen om å vurdere risikoen i gult-rødt område. Uansett påpeker Rausand og Utne (2009) viktigheten av å etablere et skille i risikomatriksen som tilsier om risikoen er akseptabel eller ei. Kun én av de gjennomgåtte risikovurderingene er konsekvent på dette, men det vil også være behov for en grense mellom ALARP-området og akseptabelt område.

Risikovurderingene som er gjennomgått i Kapittel 3.2 har bidratt til å undersøke Bane NORs risikovurderingsprosess i praksis, i tillegg få et innsyn på hvilke ulike typer prosjekter som utføres, i forskjellige planfaser og analyseobjekter. Derimot var samtlige av risikovurderingene utført kvalitativt. Dermed manglet det innsikt i hvilke tilfeller Bane NOR har valgt å kvantifisere risikoen og undersøke hvilken argumentasjon som lå til grunn for å velge kvantitativ tilnærming.

6.3 Etablering og endring av retningslinjen

For å kunne utvikle en retningslinje spesifikt for jernbanesektor har det krevd en helhetlig forståelse av Bane NORs prosess for risikovurderinger og innspill fra litteratur vedrørende risikovurderinger. Det er ikke funnet artikler eller fagbøker som tar opp temaet i sin helhet, men flere forfattere er tydelig på at valget mellom tilnærming avhenger av tilgjengelig data og

ressurser, behov for underlag i beslutningstaking. Retningslinjen som er etablert er generelt laget for jernbanesektoren. Basert på litteraturgrunnlaget er de bestemte forholdene optimale basert på min mening, men det kan likevel være flere forhold som ikke er blitt vurdert og burde vært en del av retningslinjen. Noen ganger må man også stille seg spørsmålet i hvilke tilfeller er det viktigst å argumentere for at sikkerheten er ivaretatt? Basert på alle ulike hensyn som må tas for å kvantifisere risiko, var det en utfordring å lage en retningslinje som kan dekke alle typer scenarioer og problemstillinger som kan dukke opp. Det kan likevel fremkomme elementer som krever kvantifisering som kanskje ikke retningslinjen har dokumentert, men de kvalitative forholdene vil kunne hjelpe vurderingen om det eksempelvis er nytte for kvantifisering.

Omfanget for beregning av risiko, som presentert i Kapittel 2.6.2, er det uttrykt at det avhenger av objektet som blir analysert, behovet for beslutningstaking og tilgjengelighet til pålitelig data. I henhold til valgt problemstilling: *i hvilket omfang bør risikovurderingene kvantifiseres med tanke på grundighet og detaljnivå av tallfestingen?* Ble grundighet og detaljnivå i retningslinjen gitt mindre oppmerksomhet til, foruten i de ulike planfasene, fordi det hadde større fokus på forhold som krever beregning eller bør beregnes som avhenger av beslutningen som skal tas. Grundighet og detaljnivå i beregningene er istedenfor referert til i retningslinjen å være av slikt nivå at det gir innsikt til beslutningstaker, som uttrykt av Vinnem (2014), samt om det er behov for detaljerte beregninger av risiko for benyttelse i beslutningstakingen. I noen tilfeller kan en risikovurdering henviser om risikoen til et analyseobjekt er akseptabelt, men det er fortsatt motstridende meninger om man likevel skal innføre et tiltak. I dette tilfellet er det viktig å henviser til en grundig risikoanalyse som viser til hvorfor man ikke velger å implementere et tiltak. Jeg mener for å kunne henviser til dette vil kvantifisering kunne støtte beslutningen.

Etableringen av flytskjemaet i tilknytning retningslinjen ble utviklet basert på de avsluttende valgte forholdene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Dermed er ikke skjemaet testet mot spesifikke caser som kunne vært nyttig for videre utvikling og gjøre den mer tilpasset Bane NORs analysearbeid. Den er likevel inkludert for at bruker kan beslutte en avgjørelse av valg av tilnærming ved å kombinere tilfellene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Flytskjemaet ble likevel testet på egenhånd mot de utvalgte risikovurderingene gjennomgått i Kapittel 3.2. Alle var gjennomført med kvalitativ tilnærming, noe siste versjonen av retningslinjen i tillegg kunne understøtte at valget var korrekt. Eksempelvis fra Fauske stasjon ble et par av de uønskede hendelsene klassifisert innen gult område i risikomatriksen, men for å kunne ta en beslutning om valg av risikoreducerende tiltak var det

konkludert å være liten nytte for beslutningstakingen å basere dette på numeriske verdier. For Bryn stasjon var det to typer alternativer som var til vurdering, som kan gå under punkt 3 for kvantitativ tilnærming. I likhet med å ikke utføre test av flytskjemaet, er ikke de tre kriteriene som presentert i Kapittel 4.3 vurdert mot endelig versjon av retningslinjen. Vurderingen av retningslinjen mot kriteriene bør være en konklusjon fra annen part. Men basert på innspill og konklusjon fra møtet, er kriteriene benyttet som grunnlag for videreutvikling av retningslinjen for å skape en ytterligere utfyllende, tydelig og troverdig retningslinje.

I Kapittel 4.1 ble forhold som ligger til grunn for kvantifisering av risiko diskutert. De åtte temaene som var oppe til diskusjon har en påvirkende effekt for kvantifisering av risiko innen jernbane. For utvikling av retningslinjen er det elementene som *oppfylle krav fra forskrifter og standarder, prosjektspesifikt, type risikoanalyse, ulykkessituasjon og datagrunnlag* som var førende. Innholdet i retningslinjen oppfylder de kravene som er stilt av forskrifter og standarder for gjennomførelse av risikovurdering, men er supplert med funn fra litteratur. I forhold til prosjektspesifikt utdyper retningslinjen kvantifisering av risiko i henhold til utførelse i ulike planfasene til Bane NOR. Samtidig dekker prosjektspesifikt at det avhenger av analytiker som gjennomfører risikovurderingen har tilstrekkelig kunnskap og erfaring. Retningslinjen bidrar med mer utfyllende prosess for gjennomførelse av risikoanalyse og risikoevaluering for å sikre at den samme fremgangsmåten blir benyttet. Type risikoanalyse har en påvirkning i valget, avhengig av om det enten er prosjektering av ny strekning, nytt teknisk system, eller risikoanalyser vedrørende valg av tiltak og løsninger. Videre er ulykkessituasjon det elementet som er mest dekket i retningslinjen. Hvilke typer ulykker som forekommer og i hvor stort omfang de utgjør skade på personer, materiell og miljø har etter egen mening mye å si for valget av kvalitativ eller kvantitativ tilnærming. Datagrunnlag for gjennomføring av kvantitative risikovurderinger er helt essensielt, enten det er i form av et utgangspunkt i tidligere hendelser som har forekommet til bruk av ekspertvurderinger. Det viktigste er den kunnskapen en medbringer i risikovurderingen samt rådføring med personer som er kjent i området som analyseres eller med et spesifikt analyseobjekt. Ved gjennomføring av risikovurderinger vil det ofte være usikkerhet i forkant av en analyse, en risikovurdering blir gjennomført for å avdekke flere av disse, selv om det ikke er alltid er tilfelle at alt av usikkerhet blir avdekket. Vinnem (2014) argumenterte for dette noe som er benyttet som et viktig utgangspunkt for retningslinjen. Selv om en analytiker kan argumentere for at det er usikkerhet i resultatene av en kvantitativ analyse, vil det likevel være tilknyttet usikkerhet ved gjennomføring av kvalitative analyser. Usikkerhet bør ikke være utgangspunktet for valg av tilnærming. Beslutningstaking er nøkkelordet i retningslinjen. Å

kvantifisere risiko har i retningslinjen blitt uttrykt at formålet er å gi innspill til et beslutningsproblem, slik uttrykt av Kaplan og Garrick (1981).

Risikoakseptkriterier, kostnader og menneskelige feilhandlinger har også stor betydning for muligheten til å kunne beregne risiko, men er ikke valgt i lik omfang å være førende for utvikling. Det avhenger mer at hvilke spesifikke forhold som ikke lar en risikovurdering kvantifiseres eller forhold hvor det ikke vil medbringe nytte. Risikoakseptkriterier er en del av risikoevalueringen, men det bør ikke være førende for valg av tilnærming. Som vist ved gjennomgang av de utvalgte risikovurderingene er de kvantitative risikoakseptkriteriene benyttet ved evalueringen, men Bane NOR har også et kvalitativt kriterium for samfunnsrisiko. Kostnader har en påvirkende effekt på valg av tilnærming og for resultatene. Men dette er ikke et godt nok grunnlag å ha som et forhold som tilsier om en kvalitativ tilnærming er mer egnet. Menneskelige feilhandlinger kan i flere tilfeller være utfordrende å kvantifisere, for alle mennesker har ulik risikopersepsjon og kunnskap. Feilhandlinger skaper mer utfordringer for beregning, men er ikke benyttet som førende for utvikling av retningslinjen.

6.4 Møte og test av retningslinjen

For utvikling av første versjon av retningslinjen, ble det opplevd utfordrende å komme med sterke argumentasjoner angående forhold som har betydning for valg av tilnærming. Innspill fra møtet har bidratt til styrkende argumentasjon i revidert versjon av retningslinjen, noe som også var møtets formål. Det bidro dermed til et kvalitetsløft av retningslinjen og anser resultatet ble betraktelig bedre gjennom god veiledning fra deltakerne. Resultatet av arbeidet kunne vært mer tilpasset Bane NORs risikovurderingsprosess hvis flere risikovurderinger hadde vært gjennomgått for å anskaffe oversikt over hvilke forhold og problemstillinger som kan avgjøre om kvantifisering er nødvendig eller ei. En mer helhetlig oversikt er anskaffet gjennom litteraturstudiet, men ved mer kunnskap om praksis for gjennomføring og mer detaljert forståelse kunne resultatet vært mer tilpasset.

Deltakerne på møtet har ulike stillinger innen Bane NOR, som er en fordel for resultatet av møtet med tanke på innspill og diskusjon fra ulike vinkler. Det har vært verdifullt å få innspill fra personer som er potensielle brukere av retningslinjen. Ved mer disponibel tid for utvikling av retningslinjen kunne det vært ønskelig å utføre ytterligere tester av retningslinjen ved gjennomgang av flere caser.

Kapittel 7

Konklusjon og forslag til videre arbeid

7.1 Konklusjon

Hovedmålet er å utvikle en retningslinje som er et innspill til Bane NOR som belyser behov for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger. For å konkludere vil rapportens seks målsetninger fra Kapittel 1.2 presenteres og vurdert om de er oppnådd.

Målsetning én var å *«foreta en begrepsavklaring av faguttrykk fra litteraturstudiet mot Bane NORs definisjoner.»* Litteraturstudien avdekket og belyste flere ulike benyttede definisjoner av blant annet risiko, risikoanalyse og beregning av risiko. De definisjonene som er mest relevante for Bane NOR å ta i bruk er diskutert i Kapittel 6.1 og er benyttet i retningslinjen.

Målsetning to var å *«presentere litteratur om gjennomførelse av kvantitative risikovurderinger med hensyn på fremgangsmåte, utfordringer og hensyn som må tas, samt litteratur knyttet til utforming av retningslinjer.»* Litteraturstudien er presentert i Kapittel 2. Litteraturstudien belyste fremgangsmåte for risikoanalyse og –evaluering, med beskrivelse for utførelse av risikovurdering med kvalitativ, semi-kvantitativ og kvantitativ tilnærming samt tilhørende utfordringer. For utførelse av kvantitative risikovurderinger er også litteratur om beregning av risiko presentert, med tilhørende usikkerhet og omfang for beregning. Litteratur om retningslinjer belyste metodikk, oppsett og innhold fra fire håndbøker med opphav fra helsesektoren, samt at håndbøker fra vegtrafikk og jernbane er presentert.

Målsetning tre var å *«gjennomgå utførte risikovurderinger fra Bane NOR, med formål å innsamle informasjon om Bane NORs prosess for gjennomførelse av risikovurderinger, ulike analyseobjekt, tidligere erfaringer og argumentasjoner.»* En presentasjon er gitt i Kapittel 3 og diskutert i Kapittel 6.2. Før gjennomgang av utvalgte risikovurderinger var det i tillegg behov for å presentere Bane NORs risikovurderingsprosess og hvilke krav de skal oppfylle fra standarder og forskrifter. Samtlige av de gjennomgåtte risikovurderingene hadde kvalitativ tilnærming, dermed var det ikke mulig å få innblikk på hvilke argumentasjoner eller

Kapittel 7 Konklusjon og forslag til videre arbeid

fremgangsmåte de hadde for å kvantifisere risiko. Derimot gav risikovurderingene innsikt for å se risikovurderingsprosessen i praksis med ulike problemstillinger og analyseobjekter gjennomført i ulike planfaser.

Målsetning fire var å *«kartlegge og diskutere påvirkende forhold som skaper utfordringer ved kvantifisering av risikovurderinger.»* De ulike elementene er diskutert og beskrevet i Kapittel 4.1 og diskutert i Kapittel 6.3. Basert på litteraturstudien er forholdene diskutert med egne synspunkter ved gjennomføring av risikovurderinger for jernbane. Samtlige forhold kan skape utfordringer eller påvirke muligheten for å kunne beregne risiko. De diskuterte forholdene som hadde betydning for etablering av retningslinjen inkluderte å oppfylle krav fra forskrifter og standarder, type prosjekt og analyse som utføres, hvilke ulykkessituasjoner som kan forekomme og datagrunnlaget. Spesielt er de to sistnevnte elementene forhold som skaper usikkerhet i en risikovurdering, med grunnlag på manglende forståelse av ulykker og identifisering av uønskede hendelser.

Målsetning fem var å *«utvikle en retningslinje med metodikk for kvantifisering av risikovurderinger som tilsier i hvilke forhold en kvantitativ tilnærming skal eller bør benyttes.»* Prosessen for utvikling av retningslinjen er presentert i Kapittel 4.2. Retningslinjen presenterer forhold som har betydning for valg av tilnærming, henholdsvis forhold som krever kvantifisering av risiko for å bidra til beslutningstaking og forhold som er hensiktsmessig for å utføre risikovurderingen med en kvalitativ tilnærming. Retningslinjen utdyper også de delene av prosessen for risikovurdering som er manglende i Bane NOR, blant annet hvilke forberedelser som skal gjøres i forkant av risikovurdering, kvantifisering av risiko i Bane NORs planfaser og en analysemetodikk for risikovurdering som er lagt til grunnlag for retningslinjen.

Målsetning seks var *«utfør test av retningslinjen i samarbeid med Bane NOR, evaluer resultatene og nødvendighet for endringer.»* Møtet ble avholdt med fire deltakere fra Bane NOR og er presentert i Kapittel 5 og diskutert i Kapittel 6.3. Basert på innspill fra møtet ble deler av retningslinjen tilsluttet, men møtet konkluderte at retningslinjen hadde behov for endringer, dette for å kunne oppfylle de tre kriteriene til retningslinjen. Det er også foretatt en videreutvikling av retningslinjen hvor eksempler er inkludert og et flytskjema ble utviklet for å visualisere koblingen mellom forholdene på en mer tydelig måte.

7.2 Forslag til videre arbeid

For at retningslinjen kan ytterligere bli tilpasset Bane NORs risikovurderingsarbeid kunne retningslinjen henvist til hvilke tilfeller for kvantitativ og kvalitativ tilnærming som behøver vurdering i de ulike planfasene innen et prosjekt med utgangspunkt i ulike caser. Henholdsvis utredning, hovedplan og detaljplan. Forslaget kom frem under møtet med Bane NOR fra RAMS-miljøet som mente dette kunne være bidra til ytterligere tilpasning ved utførelse av risikovurderinger. Ideen baserte seg på å koble sammen tilfellene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming mot hva som er relevant ut i fra detaljeringsgraden på analyser i de ulike planfasene. I praksis kan en bruker vurdere, basert på planfasen hvor risikovurderingen utføres i, for hvilke tilfeller som bør tas hensyn til.

Videre kan det tas til vurdering om det er ønskelig at retningslinjen skal ha lignende oppbygning som mal for signifikansvurdering av RAM-analyser. I denne omgang var malen ikke ansett tilstrekkelig nok for å ta alle hensyn som jeg mente er essensielt for valg av tilnærming.

Risikomatriser er et verktøy for å fremvise resultatene av en risikoanalyse. Det er ikke en analysemetode i seg selv, men for kvalitative og semi-kvantitative vurderinger kan skalaene for sannsynlighet og konsekvens komme i god bruk. Det er derimot utfordrende å skalere risikomatriser. Dette er dermed foreslått som et forslag til videre arbeid for å utvikle en standardisert risikomatrise som Bane NOR kan benytte i risikovurderinger.

Kildehenvisning

- American Psychological Association 2002. Criteria for Practice Guideline Development and Evaluation. *American Psychologist*, Vol. 57, No. 12, 1048-1051.
- Amundrud, Ø. & Aven, T. 2015. On how to understand and acknowledge risk. *Reliability Engineering & System Safety*, 142, 42-47.
- Apostolakis, G. E. 2004. How Useful Is Quantitative Risk Assessment? *Risk analysis*, 24, 515-520.
- Arendt, J. S. 1990. Using quantitative risk assessment in the chemical process industry. *Reliability Engineering & System Safety*, 29, 133-149.
- Aven, T. 2008a. *Risk Analysis: Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities*, West Sussex, England, John Wiley & Sons, Ltd.
- Aven, T. 2008b. A semi-quantitative approach to risk analysis, as an alternative to QRAs. *Reliability Engineering & System Safety*, 93, 790-797.
- Aven, T. 2010. On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering & System Safety*, 95, 623-631.
- Aven, T. 2012. *Foundations of Risk Analysis*, Hoboken, John Wiley and Sons, Ltd.
- Aven, T., Boyesen, M., Heinzerling, G. & Njå, O. 2003. Risikoakseptkriterier og akseptabel risiko i transportsektoren: En kunnskapsoversikt. *RISIT (Risiko og Sikkerhet i Transport)*. Stavanger, Norge: RF - Rogalandsforskning.
- Aven, T., Røed, W. & Wiencke, H. S. 2008. *Risikoanalyse - Prinsipper og metoder, med anvendelser*, Oslo, Norge, Universitetsforlaget.
- Ayyub, B. M. 2003. *Risk analysis in engineering and economics*, Boca Raton, Florida, Chapman & Hall/CRC.
- Bane NOR 2017a. Krav til utførelse av Risikovurdering innen trafikksikkerhet. *Sikkerhetshåndbok*. 7,1 ed.: Bane NOR.

Kildehenvisning

- Bane NOR 2017b. Prosesskart for RAMS i UPB-prosessen (STY-603099). *RAMS-håndbok*. 5 ed.: Bane NOR.
- Bane NOR 2017c. RAMS vurdering - Bryn Stasjon - kortsiktige tiltak. 00A ed.: Bane NOR.
- Bane NOR 2017d. RAMS-styring i Jernbaneverket (STY-603097). *RAMS-håndbok*. 5 ed.: Bane NOR.
- Bane NOR 2017e. Retningslinje for Risikostyring trafikksikkerhet innen Sikkerhetsstyring. *Sikkerhetshåndbok*. 7,0 ed.: Bane NOR.
- Bane NOR 2017f. Sikkerhetspolitikk - ID: R000S12. *Sikkerhetshåndbok*. 4 ed.: Bane NOR.
- Center for Chemical Process Safety 2010. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, Hoboken, A John Wiley & Sons, Inc.
- Duijm, N. J. 2015. Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76, 21-31.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S. L. & Keeney, R. L. 1981. *Acceptable risk*, New York, USA, Cambridge University Press.
- Flage, R. & Aven, T. 2009. Expressing and Communicating Uncertainty in Relation to Quantitative Risk Analysis. *R&RATA*, #2(13) part 1 (Vol.2).
- Forskrift om en felles sikkerhetsmetode. 2014. *Forskrift om en felles sikkerhetsmetode for risikoevaluering og -vurdering* [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-10-27-1344>. [Accessed 30. Mars 2017].
- Garrick, B. J. 2008. *Quantifying and Controlling Catastrophic Risks*, Burlington, Elsevier Science.
- HSE 2001. *Reducing risks, protecting people; HSE's decision-making process*, Norwich, Health and Safety Executive.
- Hubbard, D. W. 2014. *How to Measure Anything : Finding the Value of Intangibles in Business*, Hoboken, Wiley.

- Jernbaneinfrastrukturforskriften. 2011. *Forskrift om nasjonale tekniske krav m.m. for jernbaneinfrastruktur på det nasjonale jernbanenettet* [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-04-11-388>. [Accessed 30. Mars 2017].
- Jernbaneverket 2016a. RAMS vurdering - Fauske stasjon med godsterminal. 01A ed.: Jernbaneverket, Infrastruktur, Plan og Teknikk.
- Jernbaneverket 2016b. Risikovurdering - Sørumsand stasjon. 01A ed.: Jernbaneverket.
- Johannessen, A., Tuft, P. A. & Christoffersen, L. 2010. *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, Oslo, Abstrakt forlag.
- Johansen, I. L. & Rausand, M. 2014. Foundations and choice of risk metrics. *Safety Science*, 62, 386-399.
- Kaplan, S. 1997. The Words of Risk Analysis. *Risk Analysis*, 17, 407-417.
- Kaplan, S. & Garrick, B. J. 1981. On the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 1, 11-27.
- National Institute for Health and Care Excellence 2014. *Developing NICE guidelines: the manual*, Manchester, UK, National institute for Health and Care Excellence.
- Norsk elektronisk komité 1999. NEK EN 50126-1:1999. *Jernbaneapplikasjoner - Spesifikasjon og demonstrasjon av pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS); Del 1: Grunnleggende krav og generisk prosess*. Lysaker, Norge.
- Norsk elektronisk komité 2007. NEK CLC/TR 50126-2:2007. *Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety*. Lysaker, Norge.
- NORSOK Standard 2010. Z-013. *Risk and emergency preparedness assessment, edition 3*. Lysaker, Norway: Standards Norway.
- Olsson, N. & Veiseth, M. 2011. *Jernbanetraffikk*, Trondheim, Norge, Tapir Akademisk Forlag.
- Rasmussen, J. 1997. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27, 183-213.

Kildehenvisning

- Rausand, M. 2011. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- Rausand, M. & Høyland, A. 2004. *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications. Second edition.*, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Rausand, M. & Utne, I. B. 2009. *Risikoanalyse - teori og metoder*, Trondheim, Tapir akademisk forlag.
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network 2015. SIGN 50: a guideline developer's handbook Edinburgh: SIGN.
- Sikkerhetsstyringsforskriften. 2011. *Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomhet på det nasjonale jernbanenettet* [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-04-11-389>. [Accessed 30. Mars 2017].
- Standard Norge 2008. NS 5814:2008. *Krav til risikovurderinger*. Lysaker, Norge: Standard Norge.
- Standard Norge 2009a. NS-ISO 31000:2009. *Risikostyring - Prinsipper og retningslinjer*. Lysaker, Norge: Standard Norge.
- Standard Norge 2009b. NS-ISO/IEC 31010:2009. *Risikostyring - Metoder for risikovurdering*. Lysaker, Norge: Standard Norge.
- Statens vegvesen. 2017. *Om håndbøkene* [Online]. <http://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/Handboker/om-handbokene>: Statens vegvesen. [Accessed 29.03. 2017].
- Tjora, A. H. 2017. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, Oslo, Gyldendal Akademisk.
- Torsteinsen, K. D. 2016. *Fastsettelse og bruk av risikoakseptkriterier for kritiske jernbanestrekninger*. Fordypningsprosjekt, NTNU.
- van Breugel, K. 1998. How to deal with and judge the numerical results of risk analysis. *Computers and Structures*, 67, 157-164.
- van Duijne, F. H., van Aken, D. & Schouten, E. G. 2008. Considerations in developing complete and quantified methods for risk assessment. *Safety Science*, 46, 245-254.

- Vatn, J. 2013. Steps and principles for assessing and expressing major accident risk in an integrated operations Setting. *In: Albrechtsen, E. & Besnard, D. (eds.) Oil and Gas, Technology and Humans: Assessing the Human Factors of Technological Change.* Farnham, UK: Ashgate.
- Vatn, J. & Haugen, S. 2013. On the usefulness of risk analysis in the light of deepwater horizon and Gullfaks C. *In: Albrechtsen, E. & Besnard, D. (eds.) Oil and Gas, Technology and Humans: Assessing the Human Factors of Technological Change.* Farnham, UK: Ashgate.
- Vinnem, J.-E. 2014. *Offshore Risk Assessment vol 1.: Principles, Modelling and Applications of QRA Studies*, London, Springer London.
- World Health Organization 2014. *WHO handbook for guideline development - 2nd ed.*, Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- Yang, X. & Haugen, S. 2015. Classification of risk to support decision-making in hazardous processes. *Safety Science*, 80, 115-126.
- Ye, F. 2017. Qualitative versus quantitative risk assessment. *In: Walls, L., Revie, M. & Bedford, T. (eds.) Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice : Proceedings of ESREL 2016.* Glasgow, Scotland: Taylor & Francis Group, London.

Vedlegg A

Forkortelser

ALARP	Så lavt som praktisk mulig (Eng: As low as reasonably practicable)
APA	American Psychological Association
CCPS	Center for Chemical Process Safety
CSM RA	Common Safety Method for Risk evaluation and Assessment
EN	European Norm/Standard
ETA	Hendelsestreanalyse (Eng: Event tree analysis)
FAR	Fatal accident rate
FTA	Feiltreanalyse (Eng: Fault tree analysis)
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
HSE	Health and Safety Executive (UK)
IRPA	Individual risk per annum
ISO	International Organization for Standardization
NICE	National Institute for Health and Care Excellence
NS	Norsk Standard
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
PLL	Potential Loss of Life
RAMS	Reliability, availability, maintainability and safety
SIGN	Scottish Intercollegiate Guidelines Network
SJT	Statens Jernbanetilsyn
SRA	Society for Risk Analysis

Vedlegg A Forkortelser

UPB Utredning, planlegging og bygging

WHO World Health Organization

Flere av forkortelsene er kjente begrep innen risiko, dermed anses engelsk oversettelse som mest passende.

Vedlegg B

Definisjoner

Fareidentifikasjon	Identifikasjon av uønskede hendelser, farer og trusler (tilpasset fra Rausand, 2011).
Frekvens	Frekvensen av en hendelse angir hvor mange ganger hendelsen inntreffer per tidsenhet (Rausand, 2011).
Konsekvensanalyse	Fremgangsmåten for å beskrive og/eller beregne konsekvensen, det vil si mulig skade på eller tap av en verdi, til hver identifisert uønsket hendelse (tilpasset fra Standard Norge, 2008).
Kvalitativ tilnærming	Sannsynligheter (eller frekvenser) og konsekvenser blir bestemt kvalitativt og beskrevet med ord (tilpasset fra Rausand, 2011).
Kvantitativ tilnærming	Sannsynligheter (eller frekvenser) er fullt ut kvantifisert med numeriske verdier og man etablerer et konsekvensspekter med tilhørende sannsynligheter (tilpasset fra Rausand, 2011).
Risiko	Er et uttrykk for usikkerhet om hva som vil skje i framtiden (tilpasset fra Aven et al., 2003). For å benytte risikobegrepet i en risikoanalyse defineres risiko som besvarelsen på følgende tre spørsmål: (i) Hva kan gå galt?, (ii) Hvor sannsynlig er det for at det vil skje?, og (iii) Hva er konsekvensene? (tilpasset fra Kaplan og Garrick, 1981).
Risikoanalyse	Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko, ved identifikasjon av uønskede hendelser, farer og trusler samt tilhørende årsaker og konsekvenser tilknyttet hver hendelse (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

Vedlegg B Definisjoner

Risikoevaluering	Prosess for å sammenligne resultatene fra risikoanalysen mot gitte risikoakseptkriterier, i tillegg identifisere og dokumentere risikoreduserende tiltak og anbefalinger (tilpasset fra Standard Norge, 2008).
Risikovurdering	Den helhetlige prosessen av risikoanalyse og risikoevaluering (Rausand, 2011).
Sannsynlighet	Sannsynlighet brukes som begrep for hvor trolig det er at en hendelse vil forekomme eller ikke. Sannsynligheten for en hendelse er et tall i intervallet 0 til 1 eller mellom 0 % til 100 % om man regner i prosenter (tilpasset fra Rausand og Utne, 2009).
Semi-kvantitativ tilnærming	Sannsynligheter (eller frekvenser) og konsekvenser blir kvantifisert innen bestemte klasser, med skalaer med numeriske verdier som er av lineær eller logaritmisk form (Standard Norge, 2009b).
Årsaksanalyse	Analyse for å bestemme årsaker til identifiserte uønskede hendelser samt beskrive og/eller beregne sannsynlighet for hvor ofte hendelsene kan inntreffe (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

Vedlegg C

Curriculum Vitae

Navn: Kaja Daae Torsteinsen
Kjønn: Kvinne
Fødselsdato: 6. Juli 1992
Hjemadresse: Slalåmveien 54, 8402 Sortland
Nasjonalitet: Norge/Norsk
E-post: Kaja.torsteinsen@gmail.com
Telefon: +47 48037481



Nøkkelkvalifikasjoner

Engasjert, strukturert og pliktoppfyllende. Finner motivasjon og glede i trening, frikjøring på ski og sosiale aktiviteter.

Utdanning

08.2015-06.2017 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
Masterprogram 2-årig – Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Masterprogrammet RAMS gir innføring i vedlikeholds-styring og –optimalisering, pålitelighetsteori og –vurdering, og håndtering av pålitelighet, sikkerhet og vedlikehold av systemer og produkter.

08.2012-06.2015 Universitetet i Tromsø (UiT)
Sikkerhet og miljø – bachelor, ingeniør

Bachelor i Sikkerhet og Miljø gir introduksjon til sikkerhets- og miljømessige utfordringer. Utdanningen har gitt relevant kunnskap innenfor risikovurdering, drift og vedlikehold, HMS og brannsikkerhet.

Arbeidserfaring

06.2016-08.2016 Jernbaneverket, Trondheim
Sommerjobb i avdeling for Plan og Teknikk

10.2012-03.2015 Steakers, Tromsø
Servitør, tilkallingshjelp

Språk

Engelsk Muntlig: Flytende Skriftlig: Flytende

Norsk Muntlig: Morsmål. Skriftlig: Morsmål

Organisasjonsarbeid

08.2014-06.2015 UiT, SikkMil linjeforening, leder

08.2012-08.2014 UiT, SikkMil linjeforening, økonomiansvarlig

Vedlegg D

Retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger

Retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger

Forord

Denne retningslinjen er utviklet som en del av min masteroppgaven våren 2017 ved NTNU.

Formålet med masteroppgaven er å gi innspill til retningslinje, men i tekst vil begrepet retningslinje benyttes.

Retningslinjen er etablert for å støtte avgjørelsen på valg av tilnærming, for å avklare om kvantifisering av risiko er nødvendig i risikovurderinger innen trafikksikkerhet i utbyggingsprosjekter ved Bane NOR.

Retningslinjen inkluderer veiledning med beskrivelse på metodikk og fremgangsmåte for valg av tilnærming og gjennomførelse av kvantitative risikovurderinger.

Retningslinjen er etablert med utgangspunkt i vitenskapelige artikler, fagbøker, lover og forskrifter, relevante standarder innen risikovurdering, og Bane NORs håndbøker innen RAMS og sikkerhet.

Dokumentet er utarbeidet av Kaja Daae Torsteinsen (student ved NTNU), med veiledning fra Jørn Vatn (NTNU) og Øyvind Reitan (Bane NOR).

Trondheim, juni 2017

Kaja Daae Torsteinsen

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Figurer	4
1 Introduksjon.....	5
1.1 Hensikt.....	5
1.2 Omfang	5
1.3 Målgruppe.....	6
1.4 Begreper benyttet i retningslinjen.....	6
1.5 Prosess for utvikling av retningslinjen.....	6
1.6 Oppbygning av retningslinjen.....	6
2 Overordnede krav for risikovurderinger	7
3 Begreper og definisjoner	8
4 Teori.....	11
4.1 Risikovurdering.....	11
4.2 Valg av tilnærming	11
4.3 Beregning av risiko	12
4.4 Begrensninger og detaljnivå ved beregning av risiko.....	13
5 Retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger	14
5.1 Valg av kvalitativ eller kvantitativ tilnærming.....	15
5.1.1 Kvalitativ tilnærming.....	15
5.1.2 Kvantitativ tilnærming.....	17
5.2 Flytskjema for valg av tilnærming.....	19
5.3 Etterarbeid.....	19
5.4 Etterlevelse av retningslinjen.....	20
6 Kildehenvisning.....	22

Vedlegg.....	24
Vedlegg I – Forberedelser til risikovurdering.....	25
Vedlegg II – Risikovurdering i Bane NORs planfaser	27
Vedlegg III – Valg av tilnærming.....	29
Vedlegg IV – Analysemetodikk for risikoestimering og -evaluering.....	36

Figurer

Figur 1 – Risikovurderingsprosess med kvalitativ og kvantitativ tilnærming (Rausand, 2011)	13
Figur 2 – Flytskjema for valg av tilnærming basert på punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming.....	21
Figur 3 – Eksplisitt risikoestimering og –evaluering i henhold til Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014).....	37

1 Introduksjon

1.1 Hensikt

Retningslinjen er etablert for å støtte avgjørelsen om kvantifisering av risiko er nødvendig, eller om en kvalitativ tilnærming er tilstrekkelig, i risikovurderinger innen trafikksikkerhet i utbyggingsprosjekter ved Bane NOR.

Retningslinjen skal benyttes ved oppstart av risikovurderinger. Ved valg av tilnærming vil det i noen tilfeller være behov for en kvalitativ forståelse av risikoen.

Retningslinjen skal støtte gjennomførelse av risikovurderinger slik at analysen blir en strukturert prosess med argumenterte valg for nødvendig tilnærming.

Retningslinjen skal benyttes som supplement til overordnede dokumenter i sikkerhets-håndboken.

1.2 Omfang

Retningslinjen gjelder risikovurderinger innen trafikksikkerhet, herunder prosjektering og bygging av infrastruktur.

Retningslinjen gjelder for de identifiserte uønskede hendelser og farer som er tema for en eksplisitt risikoestimering og –evaluering, basert på Common Safety Method for Risk Evaluation and Assessment (CSM RA) (Forskrift om en felles sikkerhetsmetode, 2014) i tilknytning til prosjekter ved endring, modifisering eller bygging av ny jernbaneinfrastruktur.

Ved situasjoner der risiko bør kvantifiseres, presenterer retningslinjen en analysemetodikk som er lagt til grunn for denne retningslinjen. Metodikken er basert på Bane NORs prosess for utførelse av risikovurderinger, CSM RA, samt innspill fra litteratur. Analysemetodikken kan etterleves for risikovurderinger med både kvalitativ og kvantitativ tilnærming.

1.3 Målgruppe

Retningslinjen er utformet for hele Bane NOR og for Bane NORs leverandører som utfører arbeid eller leverer tjenester innen utførelse av risikovurderinger.

1.4 Begreper benyttet i retningslinjen

Denne retningslinjen benytter verb som skal, bør og kan. Betydning av verbene er:

- Skal – Bruker må benytte anbefalingen.
- Bør – Bruker anbefales å benytte anbefalingen så fremt det medfører nytte i analysen.
- Kan – Bruker har valgfrihet om anbefalingen er passende i analysens formål.

1.5 Prosess for utvikling av retningslinjen

Retningslinjen er etablert gjennom en masteroppgave ved NTNU i samarbeid med Bane NOR.

Retningslinjen består av anbefalinger, som skal, bør eller kan benyttes ved gjennomføring av risikovurderinger, med fokus på valg av tilnærming for årsak- og konsekvensanalysen, og etterfølgende risikoevaluering.

Retningslinjen er basert på innsamlet litteratur til masteroppgaven, gjennomgang av utførte risikovurderinger fra Bane NOR, diskusjon med veiledere samt egne synspunkt.

1.6 Oppbygning av retningslinjen

Resterende kapitler i retningslinjen har følgende oppbygning:

Kapittel to presenterer krav fra Bane NOR, forskrifter og standarder som kan etterleves for gjennomføring av risikovurderinger.

Kapittel tre presenterer begreper og definisjoner som er benyttet i retningslinjen.

Kapittel fire presenterer kortfattet litteratur som er benyttet for etablering av retningslinjen, med teori om risikovurdering, kvalitativ og kvantitativ tilnærming samt beregning av risiko med begrensninger og utfordringer.

Kapittel fem utgjør retningslinjen som skal benyttes av analyseleder for prosjektet. Kapitlet presenterer forhold hvor kvantifisering er nødvendig med argumentasjon for hvorfor det er påkrevd samt presentasjon av flytskjema som illustrerer kobling av de ulike punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming.

Retningslinjen består i tillegg av fire vedlegg som er utdypende veiledning til retningslinjen for gjennomførelse av risikovurderinger i Bane NOR. Vedleggene er oppbygd på følgende måte:

- I. Beskrivelse av forberedelser som kan gjennomføres i forkant av risikovurderinger.
- II. Presenterer gjennomførelse av risikovurderinger i de ulike planfasene med tanke på kvantitativ tilnærming.
- III. Utfyllende beskrivelser for samtlige punkter for valg av tilnærming.
- IV. Presenterer en trinnvis prosess for gjennomførelse av risikovurderinger som er risikovurderingsprosessen lagt til grunn for retningslinjen. Metodikken kan etterleves ved både kvalitativ og kvantitativ tilnærming.

2 Overordnede krav for risikovurderinger

Retningslinjen utfyller følgende dokumenter i sikkerheshåndboken:

- «Krav til utførelse av risikovurdering innen trafiksikkerhet»
- «Retningslinje for risikostyring trafiksikkerhet innen sikkerhetsstyring»

Retningslinjen utfyller krav fra sikkerhetsstyringsforskriften, jernbaneinfrastrukturforskriften og forskrift om felles sikkerhetsmetode for risikoevaluering og –vurdering. Videre er følgende standarder lagt til grunn:

- EN 50126-1:1999 Jernbaneapplikasjoner – Spesifikasjon og demonstrasjon av pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS) Del 1: grunnleggende krav og generisk prosess
- NS 5814 Krav til risikovurderinger
- NS-ISO 31000 Risikostyring – Prinsipper og retningslinjer
- NS-ISO 31010 Risikostyring – Metoder for risikovurdering

3 Begreper og definisjoner

I denne retningslinjen gjelder følgende definisjoner:

a) *Analyseobjekt*

Geografiske, tekniske, organisatoriske, miljømessige eller menneskelige faktorer som omfattes av risikovurderingen (Standard Norge, 2008).

b) *Interessenter*

Personer eller organisasjoner som kan påvirke, bli påvirket eller oppfatter at de blir påvirket av en beslutning eller aktivitet (Rausand, 2011).

c) *Risiko*

Er et uttrykk for usikkerhet om hva som vil skje i framtiden (tilpasset fra Aven et al., 2003). For å benytte risikobegrepet i en risikoanalyse defineres risiko som besvarelsen på følgende tre spørsmål: (i) Hva kan gå galt?, (ii) Hvor sannsynlig er det for at det vil skje?, og (iii) Hva er konsekvensene? (tilpasset fra Kaplan og Garrick, 1981).

d) *Risikoanalyse*

Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko, ved identifikasjon av uønskede hendelser, farer og trusler samt tilhørende årsaker og konsekvenser tilknyttet hver hendelse (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

e) *Risikoevaluering*

Prosess for å sammenligne resultatene fra risikoanalysen mot gitte risikoaksept-kriterier, i tillegg identifisere og dokumentere risikoreduserende tiltak og anbefalinger (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

f) *Risikovurdering*

Den helhetlige prosessen av risikoanalyse og risikoevaluering (Rausand, 2011).

Formålet av en risikovurdering er å beskrive risikoen i form av et risikobilde og støtte beslutningstaking.

g) *Fareidentifisering*

Identifikasjon av uønskede hendelser, farer og trusler (tilpasset fra Rausand, 2011). Fareidentifiseringen gjennomføres ofte som en idédugnad. Fareidentifikasjonen skal være på et tilstrekkelig detaljert nivå (Sikkerhetsstyringsforskriften, 2011).

h) *Årsaksanalyse*

Analyse for å bestemme årsaker til identifiserte uønskede hendelser samt beskrive og/eller beregne sannsynlighet for hvor ofte hendelsene kan inntreffe (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

i) *Konsekvensanalyse*

Fremgangsmåten for å beskrive og/eller beregne konsekvensen, det vil si mulig skade på eller tap av en verdi, til hver identifisert uønsket hendelse (tilpasset fra Standard Norge, 2008).

j) *Risikobilde*

Et risikobilde er en oppstilling av mulige konsekvenser knyttet til et analyseobjekt med tilhørende sannsynligheter eller frekvenser. Risikobildet kan utdypes ved å dele opp i ulike uønskede hendelser og eventuelt tilhørende årsakskjeder (tilpasset fra Rausand, 2011).

k) *Risikoestimering*

Etablering av et mål for risikonivået som inkluderer frekvensestimering, konsekvensanalyse og integrering av disse for å beregne risiko (tilpasset fra Forskrift om en felles sikkerhetsmetode, 2014).

Det er ofte mer hensiktsmessig å benytte begrepet 'Risikoberegning'.

l) *Sannsynlighet*

Sannsynlighet brukes som begrep for hvor trolig det er at en hendelse vil forekomme eller ikke. Sannsynligheten for en hendelse er et tall i intervallet 0 til 1 eller mellom 0 % til 100 % om man regner i prosenter (tilpasset fra Rausand og Utne, 2009).

Sannsynlighet kan enten fortolkes (a) som relativ hyppighet av en hendelse, eller (b) som et subjektivt mål for usikkerhet om forekomst av en fremtidig hendelse basert på

bakgrunnsinformasjon og kunnskap til den som gjennomfører analysen (tilpasset fra Aven, 2010).

m) *Frekvens*

Frekvensen av en hendelse angir hvor mange ganger hendelsen inntreffer per tidsenhet (Rausand, 2011). Når frekvenser beregnes som en del av risikoanalysen betraktes *forventet antall* og ikke det historiske antallet. Frekvens benyttes i stedet for sannsynlighet i situasjoner hvor hendelsen kan inntreffe flere ganger i løpet av tidsperioden som betraktes i analysen.

n) *Kvalitativ tilnærming av risiko*

Sannsynligheter (eller frekvenser) og konsekvenser blir bestemt kvalitativt og beskrevet med ord (tilpasset fra Rausand, 2011). Kan benytte en grov skala for bedømmelse av konsekvens og frekvens. Kombinasjonen av disse gir risikonivå for identifisert fare.

o) *Semi-kvantitativ tilnærming av risiko*

Sannsynligheter (eller frekvenser) og konsekvenser blir kvantifisert innen bestemte klasser, med skalaer med numeriske verdier som er av lineær eller logaritmisk form (Standard Norge, 2009).

p) *Kvantitativ tilnærming av risiko*

Sannsynligheter (eller frekvenser) er fullt ut kvantifisert med numeriske verdier og man etablerer et konsekvensspekter med tilhørende sannsynligheter (tilpasset fra Rausand, 2011). Resultatene av den totale risikoen blir presentert i form av risikometrikker som er forenlig med valgt kriterier.

4 Teori

Kapitlet gir en kortfattet introduksjon til litteratur som er grunnlaget for etablering av retningslinjen.

4.1 Risikovurdering

Risikovurdering er den helhetlige prosessen for gjennomførelse av risikoanalyse og risikoevaluering.

Formålet med en risikovurdering er å etablere et risikobilde, som lister opp konsekvenser tilknyttet analyseobjektet, med tilhørende sannsynligheter eller frekvenser basert på resultatene fra risikoanalysen. Resultatene av en risikoanalyse benyttes i risikoevalueringen for evaluering av risiko mot forhåndssatte risikoakseptkriterier samt foreslå risiko-reducerende tiltak.

Risikovurderingens viktigste formål er å støtte beslutningstakingsprosessen. Grunnlaget for beslutningstaking bør ikke kun baseres på risikovurderingen, men beslutningstakingen bør være risikoinformert basert på resultatene fra risikovurderingen. Beslutningstaking kan i tillegg benytte andre momenter, eksempelvis kost-nytte og andre analyser, som også bør tillegges vekt for å ta en sikker beslutning.

En risikovurdering skal argumentere for et akseptabelt sikkerhetsnivå for ansatte, passasjerer og andre berørte parter. Ved gjennomførelse av risikovurderingen må man ta høyde for ulike persongrupper, personers oppmerksomhet og mobilitet, og blant annet andre forhold som endringer i vær, vindforhold, nedbør og kulde.

4.2 Valg av tilnærming

Valg av tilnærming har mye å si for gjennomførelse og resultatene av en risikovurdering. Tilnærmingen avgjør hvordan man skal analysere risiko, hvilke analytiske metoder som er egnet og hvor mye ressurser som er nødvendig for utførelse. Men valg av tilnærming avhenger også av beslutningstakerens behov for detaljerte resultater eller en generell

forståelse av risiko. Med andre ord; behovet for å basere beslutninger på numeriske verdier eller en kvalitativ beskrivelse.

Valg av tilnærming kan også bli påvirket av elementer som tilgjengelig data, informasjon og ressurser som tid, budsjett og analytikers ferdigheter, kompetanse og erfaring.

Det er normalt å skille mellom kvalitativ, semi-kvantitativ og kvantitativ tilnærming. Figur 1 illustrerer risikovurderingsprosessen basert på resultater ved kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Figuren illustrerer behovet for en kvalitativ analyse av årsaker og konsekvenser før benyttelse av en kvantitativ tilnærming.

Kvalitative risikoanalyser er relativt enkle i bruk. Detaljeringsnivået i en kvalitativ analyse kan avhenge av hvem som utfører analysen, med hensyn på analytikerens erfaring og kompetanse for å identifisere uønskede hendelser samt bestemme tilhørende årsaker og konsekvenser.

Kvantitative risikoanalyser kan være mer ressurskrevende, både i form av tidsbruk og personer som gjennomfører analysen. Kvantifisering er ansett som et middel for å oppnå bedre beslutninger, fordi beslutninger kan da bli tatt basert på et bredere grunnlag hvor det er lettere å veie relativ betydning av forskjellige hensyn.

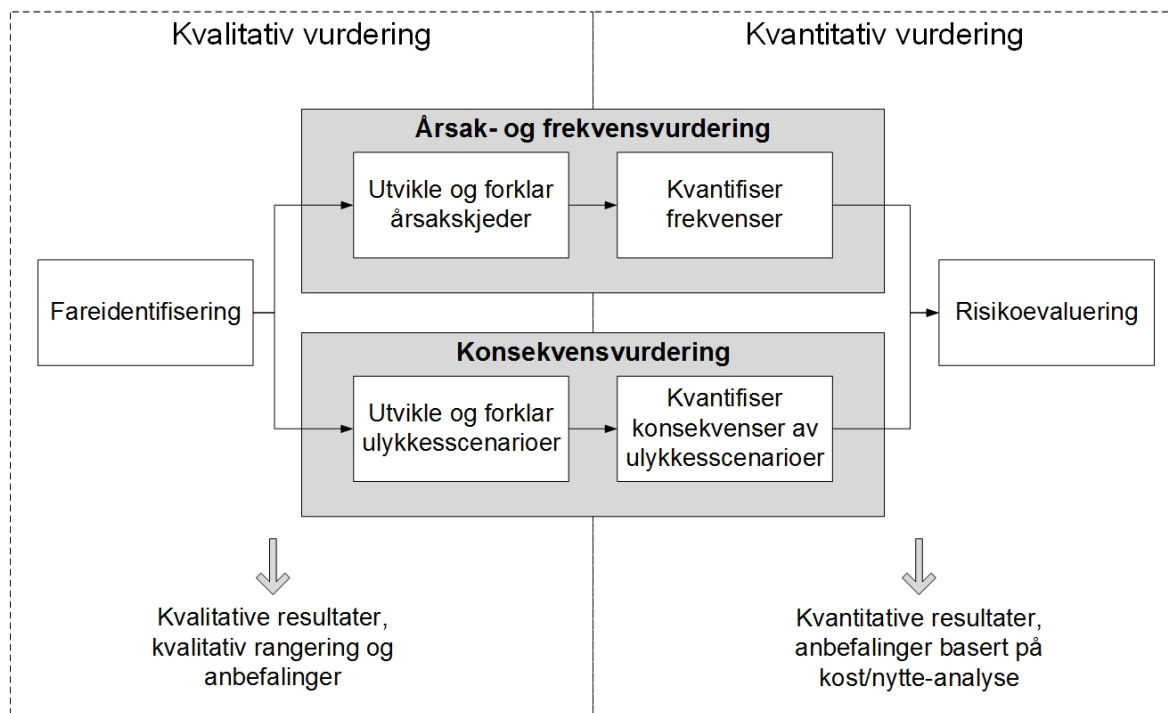
4.3 Beregning av risiko

Formålet med å beregne risiko er å gi innspill til et beslutningsproblem som involverer risiko, kostnader og nytte.

Kvantifisering er ansett som et middel for å skape ytterligere presisjon og detaljer i en analyse. Presisjon oppnås ved å henviser usikkerheter knyttet til kvantifisering samt inkludere kunnskapen som ligger til grunn for verdiene benyttet.

Ved beregning av risiko tallfester man sannsynlighet for de identifiserte årsakene og tallfester konsekvensene ved å etablere et konsekvensspekter med tilhørende sannsynligheter.

Resultatene for beregning av dødsrisiko kan bestå av parametere som PLL, FAR, AIR eller klassifikasjon av sannsynlighet/frekvens i en risikomatrix. Parameterne etablerer risikobildet som er grunnlaget for risikoevalueringen.



Figur 1 – Risikovurderingsprosess med kvalitativ og kvantitativ tilnærming (Rausand, 2011)

4.4 Begrensninger og detaljnivå ved beregning av risiko

Begrensninger

Uansett valg av tilnærming for risiko vil det medføre usikkerheter i risikovurderingen. Enten det er begrenset bakgrunnskunnskap, mangel på nødvendig data, antakelser og forenklinger i modellering, riktig bruk av modeller eller de numeriske verdiene som ligger til grunn for beregning. Andre usikkerheter som må behandles ved modellering og beregning av risiko inkluderer antall personer som antas å være i området ved en uønsket hendelse samt antall omkomne eller skadde ved forekomst av ulykker. Det er viktig at usikkerheten knyttet til analysen blir uttrykt i den endelige analyserapporten slik at beslutningstaker kan ta det til vurdering.

Begrensninger ved beregning av risiko omhandler også analytikere som gjennomfører analysen. Det er avhengig av analytikerens erfaring, ferdigheter og kunnskap blant annet om aktuelle hendelser og scenarioer som kan forekomme og riktig fremgangsmåte for metodikk og modellering av risiko.

Tilgang på relevant data er en begrensning ved beregning av risiko. Datainnsamling kan bestå av historiske erfaringer, prognoser eller bruk av ekspertoppfatninger. Historiske data bør brukes med forsiktighet, fordi det nødvendigvis ikke gir en god indikasjon på hva som kan forekomme i fremtiden. Historiske data beskriver hva som har skjedd, men dette er kun observasjoner. Ukritisk bruk av historiske data kan derfor gi falsk trygghet da de ikke tar til betraktning andre forhold som kan forekomme.

Detaljeringsnivå ved beregning

Behovet for nøyaktighet ved beregning av risiko avhenger blant annet av analyseobjektet som er i fokus, målet for analysen, fastsatte risikoakseptkriteriene, beslutningene som skal tas, samt hva resultatene skal brukes til, relevant og nøyaktig data, og tilgjengelighet på ressurser.

Kvantitative risikovurderinger bør være av slik kvalitet og detaljnivå at man, basert på resultatene, kan gi innsikt til leseren og lette risikoevalueringen.

5 Retningslinje for kvantifisering av risiko ved gjennomføring av risikovurderinger

Retningslinjen skal benyttes ved oppstart av risikovurdering og etter gjennomført samtlige trinn beskrevet i Vedlegg I – Forberedelser til risikovurdering.

I noen tilfeller er det nødvendig med en god og grunnleggende kvalitativ forståelse av system og drift, samt farer og uønskede hendelser som kan forekomme, med tilhørende årsaker til og konsekvensspekter av hendelsene/scenariene. Det er ofte utfallet av den innledende kvalitative analysen som avgjør om det er behov for gjennomførelse kvantitativ tilnærming eller om det er tilstrekkelig med kvalitativ tilnærming. Derfor vil det være behov for å ha gjennomført en kvalitativ analyse av trinn 1-3 i Vedlegg IV – Analysemetodikk for risikoestimering og -evaluering.

Avhengig av planfasen risikovurderingen gjennomføres i henvises til Vedlegg II – Risikovurdering i Bane NORs planfaser.

5.1 Valg av kvalitativ eller kvantitativ tilnærming

Retningslinjen lister opp forhold hvor det er anbefalt å gjennomføre risikoanalysen med kvalitativ eller kvantitativ tilnærming.

Hvert forhold blir presentert med beskrivelse og argumentasjon, for å avdekke om analysen vil være formålstjenlig å gjennomføre analysen med kvalitativ eller kvantitativ tilnærming.

Ved nødvendighet for utfyllende beskrivelser med eksempler av argumentasjonen; se Vedlegg III – Valg av tilnærming.

5.1.1 Kvalitativ tilnærming

Følgende forhold gjelder for situasjoner hvor det er tilstrekkelig for gjennomførelse av risikovurdering med kvalitativ tilnærming.

1. *Den totale risikoen anses som lav*

Med «den totale risikoen anses som lav» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Det er tilknyttet liten usikkerhet om forekomst av uønskede hendelser, med tilhørende årsaker og konsekvenser.
- b) Lav sannsynlighet eller frekvens ved forekomst av hendelser og lav konsekvens hvis hendelsen skulle inntreffe.
- c) Kan argumentere for at risikoen ikke går opp ved en endring på eksisterende strekning og risikoen er lav.

2. *Innsatsen for beregning av risiko blir større enn nytten*

Med «innsats for beregning» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Å bruke kvantitativ tilnærming vil ikke forbedre beslutningsgrunnlaget.
- b) Å lage en kvantitativ modell vil kreve mye arbeid som gir liten nytte.
- c) Ved tilfeller hvor tallverdien ikke har noen nytte.

Med «innsats for beregning» gjelder ikke innsatsen med tanke på kompetanse og erfaring til analytiker som gjennomfører analysen.

3. *Stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av risikoreduserende tiltak*

Omhandler risikoreduserende tiltak som identifiseres og anbefales i en risikovurdering for å redusere risikoen.

Med «stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av risikoreduserende tiltak» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Tilfeller hvor det medfører stor fordel og nytte ved innføring av risikoreduserende tiltak og samtidig hvor kostnaden for implementering og levetiden av tiltaket er forholdsvis lav.
- b) Hvor effekten av et risikoreduserende tiltak er stor i forhold til kostnadene.
- c) Hvor man kan argumentere for nytte til et tiltak er større enn å henvise til numeriske verdier.
- d) Hvor risikoreduserende tiltak er anbefalt implementert med hensikt å forbedre sikkerheten.

4. *Kan argumentere barrierer mot enkeltfeilprinsippet og dens effekt*

Med «argumentere barrierer etter enkeltfeilprinsipp» menes, i henhold til Sikkerhetsstyringsforskriften (2011), at barrierer skal identifiseres og virksomheten skal vite hvilke barrierer som er etablert og barrierens funksjon.

Tilfellet gjelder når det er lett å argumentere for at det finnes tilstrekkelige barrierer mot enkeltfeil.

Med «argumentere barrierer etter dens effekt» menes barrierens virkningsgrad og yteevne ved drift av jernbane for å hindre forekomst av ulykker.

5.1.2 Kvantitativ tilnærming

Følgende forhold gjelder for situasjoner hvor det anbefales å gjennomføre kvantitativ tilnærming for beregning av risiko i en risikovurdering.

Første punkt vil kun gjelde for prosjektering av nye strekninger. De resterende punktene gjelder for prosjektering og modifisering på eksisterende strekning.

1. *Prosjektering av nye strekninger*

Med «nye strekninger» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Bygging av ny skinnegang på områder hvor det tidligere ikke har eksistert.
- b) Bygging av ny skinnegang ved siden av eksisterende spor for utbygging av dobbeltspor på en strekning.

Med «nye strekninger» gjelder ikke ved modifisering av eksisterende strekninger.

2. *Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse*

Med «teknisk system» menes det meste av infrastruktur (som akselteller, signalanlegg, etc.), tunnel, bru og stasjon.

Med «nye tekniske systemer» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Systemer eller delsystemer som tidligere ikke er benyttet eller tatt i bruk på det norske jernbanenettet.
- b) Benyttelse av teknologi som er i bruk, men skal brukes på annen måte enn tidligere.

Vil ikke gjelde ved innføring av et teknisk system på et nytt gitt område, men som er tidligere benyttet på andre områder av jernbaneinfrastrukturen.

Med «komplekse tekniske systemer» menes og gjelder når det er tilknyttet usikkerhet av den helhetlige egenskapen til systemet, samt at systemet består av mange deler og relasjonen mellom disse delene.

3. Valg av løsninger som har ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde

Med «løsninger» menes flere valg av tiltak og alternativer, eksempelvis risikoreduserende tiltak som skal innføres for å redusere risikoen i området eller på analyseobjektet.

Gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Valg av løsninger for implementering som har ulike sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilder.
- b) Usikkerhet om tiltakene gir effekt og lavere risiko.
- c) Usikkerhet om tiltakene gjør at man er innen akseptkriteriene for individ- og/eller samfunnsrisiko.
- d) Situasjoner eller forhold hvor interessenter har uttrykt et behov for argumentasjon av beslutningsgrunnlaget for valg av risikoreduserende tiltak.

4. Den totale risikoen anses som høy

Med «den totale risikoen anses som høy» menes og gjelder ved oppfyllelse på minst ett av følgende punkter:

- a) Det er tilknyttet middels og stor usikkerhet om forekomst av uønskede hendelser og dens tilhørende årsaker og konsekvenser.
- b) Høy sannsynlighet (eller frekvens) ved forekomst av hendelser og høy konsekvens hvis hendelsen skulle inntreffe.
- c) Kan ikke argumentere med sikkerhet for at risikoen går opp ved en endring på eksisterende strekning.

5. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med nytt eller økt storulykke-potensiale

Med «storulykke» menes ulykker hvor utfallet medfører to eller flere omkomne.

Med «storulykke-potensiale» menes ved omstendigheter hvor en ulykke kan involverer flere personer og de ulykker som under andre omstendigheter kunne ha alvorligere potensiale.

Med «nytt eller økt storulykke-potensiale» menes en endring som kan skape en annen type storulykke eller skape et økt potensial for storulykke enn som har vært tidligere.

Gjelder ved:

- a) En endring (eksempelvis innføring av risikoreducerende tiltak) som kan introdusere et nytt eller økt storulykke-potensiale.

Gjelder ikke ved innføring av risikoreducerende tiltak som implementeres for å påvirke et tidligere storulykke-potensiale på det gitte området og som vil forbedre sikkerheten, og samtidig ikke introduserer et nytt storulykke-potensiale.

5.2 Flytskjema for valg av tilnærming

Flytskjemaet, illustrert i Figur 2, kobler sammen samtlige forhold for kvalitativ og kvantitativ tilnærming.

Flytskjemaet er etablert for illustrasjon for hvordan man kan ta en beslutning om valg av tilnærming. Forbehold må tas for at den ikke kan gjelde samtlige problemstillinger. Derfor skal figur og punktene, presentert i Kapittel 5.1 med argumentasjon, benyttes i fellesskap ved beslutning om valg av tilnærming.

5.3 Etterarbeid

Alle valg og beslutninger skal dokumenteres i kapittel for «metode» i risikovurderingsrapport.

En risikovurdering vil normalt medføre usikkerheter. I rapporten tilknyttet risikovurderingen skal man tydeliggjøre om tallmaterialet er svakt og begrunne omfanget usikkerheten innvirker på analysens resultat. Ved tilfeller hvor tallmaterialet benyttet ved kvantitativ tilnærming er svakt eller manglende, og hvor det er nødvendig å supplere med ekspertvurderinger, bør man kompensere for de numeriske verdiene med gjennomføring av sensitivitetsvurdering.

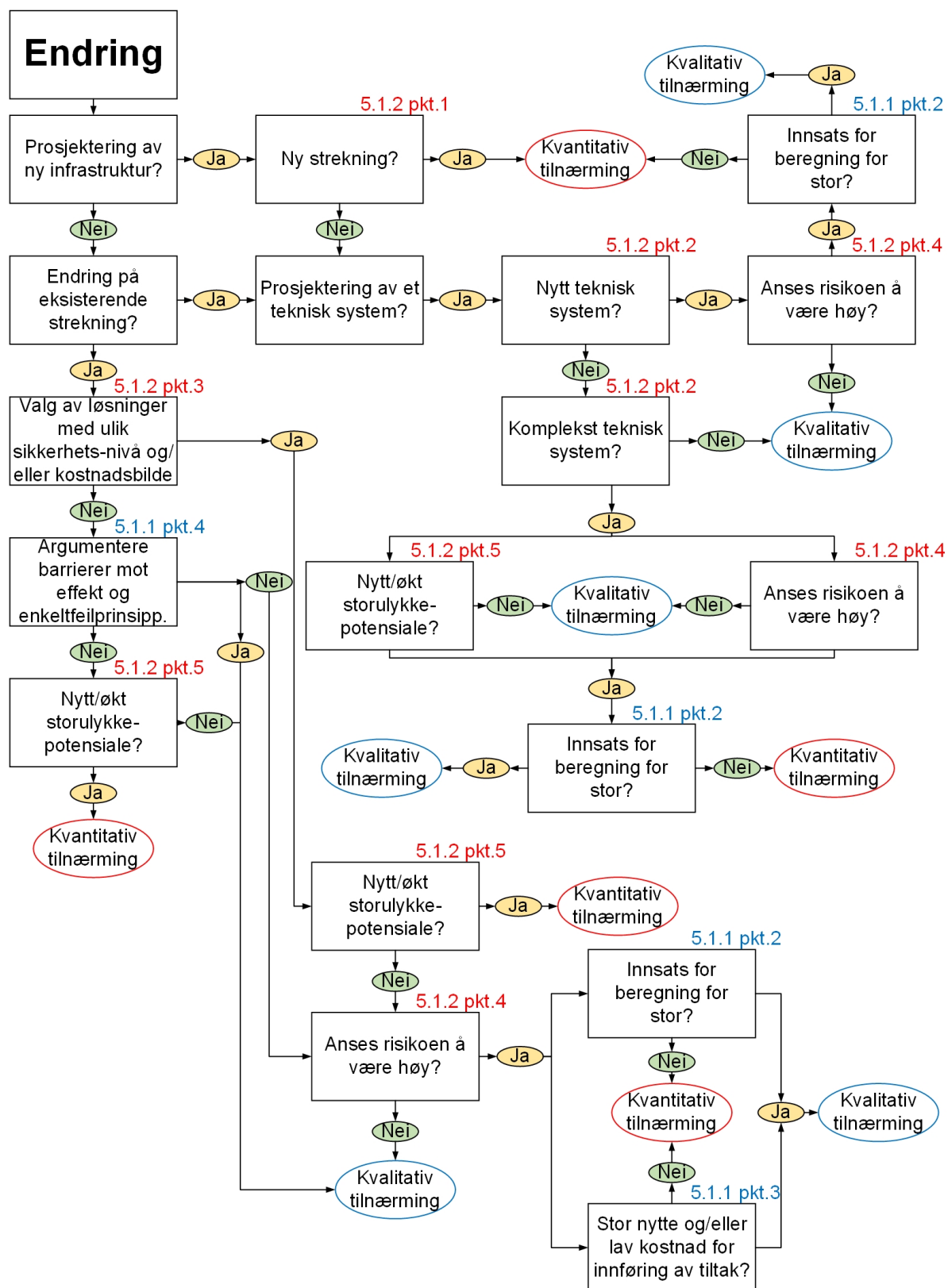
5.4 Etterlevelse av retningslinjen

Analyseslederen er ansvarlig for etterlevelse av anbefalingene i retningslinjen vedrørende valg av tilnærming for risikoanalysen som er hensiktsmessig med tanke på analysens formål.

Ansvarlig for gjennomførelse av risikovurderingen skal:

- Avgjøre, basert på anbefalinger i denne retningslinjen, kravet om kvantifisering i analysens kontekst.
- Anskaffe nødvendig data og informasjon for utførelse.
- Avgjøre metode for estimering av frekvens og konsekvens.

Ansvarlig for risikovurderingen skal påse at informasjonen om risiko og tilhørende resultater er tilgjengelig for de beslutningstakere som behøver det.



Figur 2 – Flytskjema for valg av tilnærming basert på punktene for kvalitativ og kvantitativ tilnærming

6 Kildehenvisning

- Aven, T. 2010. On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering & System Safety*, 95, 623-631.
- Aven, T., Boyesen, M., Heinzerling, G. & Njå, O. 2003. Risikoakseptkriterier og akseptabel risiko i transportsektoren: En kunnskapsoversikt. *RISIT (Risiko og Sikkerhet i Transport)*. Stavanger, Norge: RF - Rogalandforskning.
- Bane NOR 2017. RAMS-styring i Jernbaneverket (STY-603097). *RAMS-håndbok*. 5 ed.: Bane NOR.
- Forskrift om en felles sikkerhetsmetode. 2014. *Forskrift om en felles sikkerhetsmetode for risikoevaluering og -vurdering* [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-10-27-1344>. [Accessed 30. Mars 2017].
- Kaplan, S. & Garrick, B. J. 1981. On the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 1, 11-27.
- Norsk elektronisk komité 1999. NEK EN 50126-1:1999. *Jernbaneapplikasjoner - Spesifikasjon og demonstrasjon av pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS); Del 1: Grunnleggende krav og generisk prosess*. Lysaker, Norge.
- Rausand, M. 2011. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- Rausand, M. & Utne, I. B. 2009. *Risikoanalyse - teori og metoder*, Trondheim, Tapir akademisk forlag.
- Sikkerhetsstyringsforskriften. 2011. *Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomhet på det nasjonale jernbanenettet* [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-04-11-389>. [Accessed 30. Mars 2017].

Standard Norge 2008. NS 5814:2008. *Krav til risikovurderinger*. Lysaker, Norge: Standard Norge.

Standard Norge 2009. NS-ISO/IEC 31010:2009. *Risikostyring - Metoder for risikovurdering*. Lysaker, Norge: Standard Norge.

Vedlegg

Det er utarbeidet fire vedlegg og fungerer som veiledning til retningslinjen. Vedleggene er utarbeidet med ytterligere utfyllende informasjon.

Vedleggene består av:

- Vedlegg I – Forberedelser til risikovurdering
- Vedlegg II – Risikovurdering i Bane NORs planfaser
- Vedlegg III – Valg av tilnærming
- Vedlegg IV – Analysemetodikk for risikoestimering og -evaluering

Vedlegg I – Forberedelser til risikovurdering

Forberedelser av risikovurderingen kan involvere følgende punkter som bør gjennomføres i forkant av planlagt risikovurdering.

1. Definer formålet og konteksten med analysen og behov for beslutningsgrunnlag

Målsetningene og formålet med analysen skal dokumenteres, i tillegg angi hvilket beslutningsgrunnlag som er nødvendig for å kunne ta en sikker beslutning.

Ved beskrivelse av formålet med analysen skal en dokumentere hvilken planfase risikovurderingen gjennomføres i, målsetningene, hensikten med risikovurderingen samt hvilke analyseobjekt(er) som skal vurderes.

Konteksten med en analyse omfatter omstendighetene omkring analyseobjektet i fokus. Detaljnivået ved en kvalitativ og kvantitativ tilnærming skal være egnet i forhold til formålet og konteksten av analysen som gjennomføres. Behovet for presisjon i analysen må vurderes mot behovet for beslutningsstøtte.

2. Identifiser interessenter

Med bakgrunn i analysens formål bør det identifiseres og avdekkes interessenter for analysen. Interessenter vil være fagpersoner, personer eller organisasjoner som kan bli påvirket av endringen eller beslutningen, lokale personer og/eller andre personer som har interesse for endringen eller kan påvirke analysen.

Ved gjennomføring av risikovurderinger i Bane NOR skal 1., 2. og 3. person bli diskutert og vurdert.

3. Planlegg gjennomførelse av risikovurderingen

Analyseleder skal planlegge gjennomførelsen av risikoanalysen og tilegne nødvendige ressurser for gjennomførelse.

Ressurser inkluderer budsjett, tidsbruk, personer som har den nødvendige ekspertisen, ferdighetene og kompetansen for å kunne gjennomføre analysen, og ved nødvendighet teknisk fagpersoner med kunnskap om analyseobjektet.

Planlegging av analysen inkluderer også valg av analytiske metoder for å få det ønskede resultatet.

Samtlige elementer må planlegges sett i lys av hvilken tilnærming som skal gjennomføres.

4. Innsamling av tilgjengelige data

Tidligst mulig i planfasene skal en samle inn all mulig tilgjengelig data fra Bane Data og Synergi. Om nødvendig benytt andre kilder for ytterligere data. Datagrunnlaget må tilpasses analysens formål. Eksempler på data er:

- Fremtidig trafikkvolum som inkluderer antall tog og personer som er beregnet ved drift av endringen.
- Feilrater for tekniske system som analyseres.
- Tidligere ulykker og hendelser som inkluderer tilløp og skade for 1., 2. og 3. person.

Ved tilfeller hvor det ikke er tilstrekkelig data tilgjengelig, og en kvantitativ tilnærming er påkrevd, bør analyseleder rådføre seg med personer og fagkyndige personer som er kjent med analyseobjektet i fokus og/eller det avgrensede området som analyseres.

For å oppnå et tilfredsstillende resultat med kvantitativ tilnærming bør man ha tilstrekkelig data som grunnlag for beregning av frekvens til årsaker og konsekvenser.

All benyttet data skal dokumenteres med referanse til hvor den er innsamlet, tidshorisont, alder og mengde av data. Typen og kvalitet på data man har som grunnlag for beregning av risiko samt kompetansen man benytter i analysen, er avgjørende for resultatet.

Vedlegg II – Risikovurdering i Bane NORs planfaser

RAMS håndboken (Bane NOR, 2017) krever gjennomførelse av risikovurderinger i planfase for:

- Utredning
- Hovedplan
- Detaljplan

Henviser til styringsdokumentet «RAMS-styring i Bane NOR» som refererer til kapitler i EN 50126-1 (Norsk elektronisk komité, 1999) tilknyttet gjennomførelse av risikovurderinger i tilknytning de ulike planfasene i prosessen for UPB.

Detaljeringsomfanget og kravet om nøyaktighet for kvantifisering av risiko vil øke utover i prosjektfasene. Det er anbefalt å gjenta risikovurderingen med egnet detaljeringsnivå, ved å ta hensyn til endringer og dekke nye detaljer som skulle dukke opp ved planlegging av foreslått endring.

Utredning:

I planfase for utredning skal det utføres en tidlig risikoanalyse. Ofte er mindre detaljer tilgjengelig. En grov analysemetode og beregning av risiko er å foretrekke, siden det ofte kan være flere alternativer som behøver avgjørelse samt at det kan være begrenset tilgjengelig informasjon.

For utredningsfasen er det ikke nødvendig, eller i flere tilfeller mulig, å kvantifisere. Men her kan man ta en vurdering av hvilket type prosjekt som skal gjennomføres, og kan beslutte hvilken tilnærming som er anbefalt med tanke på analysens formål.

Eksempelvis for utredningsfasen kan punkt 1 og 2 fra kvantitativ tilnærming vurderes. Men ofte vil datagrunnlaget være utilstrekkelig som medfører at beregning av risiko ikke er mulig.

Hovedplan:

I prosjektfase for hovedplan skal en helhetlig risikovurdering gjennomføres så langt det lar seg gjøre.

Flere detaljer vil være avklart og det skal gjennomføres en mer grundig risikovurdering. Det vil være prosjektavhengig om det benyttes omfattende detaljeringsgrad for beregning av risiko.

Detaljplan:

I prosjektfase for detaljplan skal en komplett risikovurdering gjennomføres. Mulig oppdatering/revidering av risikovurderingen fra hovedplan, så fremt nye detaljer og data er tilgjengelig. Kravet til nøyaktighet og ressursbruk er høyere, både ved kvalitativ og kvantitativ tilnærming.

Vedlegg III – Valg av tilnærming

Kvalitativ tilnærming

1. *Den totale risikoen anses som lav*

Ved scenarioer og/eller hendelser som det er tilknyttet liten usikkerhet for forekomst, lav sannsynlighet/frekvens og konsekvens, eller man kan argumentere for at risikoen ikke går opp, er det tilstrekkelig med en kvalitativ tilnærming.

Ved utførelse av en endring på et system, hvor systemet tidligere har vist å ha et akseptabelt risikonivå, og en kan argumentere for at systemet er på samme akseptable risikonivå eller lavere etter endring, er det tilstrekkelig med kvalitativ tilnærming.

Eksempler hvor risikoen anses som lav:

- Sporveksel lagt feil som kan medføre sammenstøt med tog, men SIL 4 signalanlegg gjør at sannsynligheten er svært liten for at hendelsen skal forekomme.
- Skade på personer under av- og påstigning av tog, som medfører lav konsekvens i form av fraværsskade, men er tilknyttet lav sannsynlighet.

2. *Innsatsen for beregning av risiko blir større enn nytten for gjennomførelse*

Forholdet med innsats for beregning av risiko gjelder blant annet når en kvantitativ tilnærming ikke forbedrer beslutningsgrunnlaget. Det kan gjelde når en kvantitativ tilnærming ikke gir mer beslutningsunderlag ved avgjørelse om risikoreducerende tiltak er nødvendige. I tillegg, hvor det er åpenbart om hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe, med tilhørende årsaker og konsekvenser.

Punktet gjelder også når en kvantitativ modell krever mye arbeid med liten nytte. Det kan være den valgte risikoanalytiske metoden som skaper utfordringer ved å fremme alle faktorene. At en kvantitativ modell gir liten nytte kan også kobles mot at kostnaden for risikoreducerende tiltak er lav. Man kan dermed anbefale billige og effektive tiltak i stedet for å bearbeide analysen med numeriske verdier. Interaksjon mellom menneske og maskin kan i noen tilfeller skape utfordringer. Det er situasjons-

avhengig og krever en situasjonsforståelse om det forekommer uønskede hendelser, og kan medføre utfordringer ved å fastsette en kvantitativ verdi.

Avsluttende gjelder punktet også hvor tallverdien vil ikke ha noen nytte ved beslutning, eksempelvis ved tilfelle hvor det er åpenbart at det er behov for risikoreducerende tiltak. Det er dermed ikke behov for kvantitative verdier for å ta en beslutning.

Kan også være situasjoner hvor det er for omfattende for gjennomførelse slik at det ikke medfører stor nytte, og om det er rasjonelt å benytte tilstrekkelige ressurser i form av tid og personer.

Eksempler hvor innsats for beregning blir større enn nytten:

- Ved små endringer på stasjon, som plattformforlengelse. Tiltaket vil forbedre sikkerheten og det er ikke behov for kvantitativ tilnærming.
- Uønskede hendelser som inntreffer på PLO, plattform eller skader i og ved spor.

3. Stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av risikoreducerende tiltak

Gjelder når risikoreducerende tiltak som fjerner eller betydelig reduserer risiko samt er relativt billig og enkelt å innføre. Samtidig er det vanskelig og ressurskrevende å kvantifisere analysegrunnlaget. Samlet gjør dette at det foretrekkes å innføre ekstra tiltak i stedet for å ytterligere detaljere vurdering av risiko.

Gjelder hvor det er lett å argumentere for at nytten er vesentlig og at kostnadene er relativt små uten å sette tall på det.

Eksempler hvor det er stor nytte og/eller lav kostnad for implementering av tiltak:

- Bygging av gjerder eller innføre skilting i risikoområder, eksempelvis stasjon som vil redusere sannsynligheten for villkryssing.
- Endre gjennomgående spor på en stasjon for å redusere sannsynlighet for personskaade på plattform.

4. Kan argumentere barrierer mot enkeltfeilprinsippet og dens effekt

Sikkerhetsstyringsforskriften (2011) § 2-3 beskriver enkeltfeilprinsippet slik «Virksomheten skal planlegges, organiseres og utføres med henblikk på at en enkeltfeil ikke skal føre til en jernbaneulykke. Jernbanevirksomheten skal ha barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil, fare- og ulykkessituasjon utvikler seg.»

I tillegg til å vurdere barrierene mot enkeltfeilprinsippet må en vurdere barrierens effektivitet og virkningsgrad, det vil si at barrierene er relevante og dekkende mot den problemstillingen man analyserer. Ved en god forståelse, tilstrekkelig vurdering og argumentasjon, for barrierene som er etablert eller skal implementeres, etter enkeltfeilprinsipp og dens effekt, kan kvalitativ tilnærming være tilstrekkelig.

Gjelder for alle situasjoner hvor det er involvert barrierer for å forebygge ulykker og redusere konsekvensene etter en uønsket hendelse har inntruffet.

Eksempler hvor man kan argumentere barriere mot enkeltfeilprinsipp og dens effekt:

- Når tog forlater plattform skal lokfører ha sjekket at lys er grønt, men kan ikke kjøre før ombordansvarlig også har sjekket at lyset er grønt.
- For stans av tog er det to signaler som forteller at tog må stoppe, henholdsvis forsignal og hovedsignal. I tillegg er ATC en tredje barriere som vil stoppe tog.

Kvantitativ tilnærming

1. Prosjektering av nye strekninger

Som beskrevet i «Krav til utførelse av risikovurdering innen trafiksikkerhet» skal det gjøres en kvantitativ beregning av risiko for alle nye strekninger.

Nye strekninger skal gjennomføres med kvantitativ tilnærming med grunnlag for at

- Bane NOR skal ha oversikt over og dokumentere det totale risikonivået av jernbaneinfrastrukturen i Norge.

-
- Man har ingen kunnskap om hvordan endringen vil kunne påvirke sikkerheten for ansatte, passasjerer og tredje part som påvirkes av analyseobjektet.

Dette gjelder selv om situasjoner som eksempelvis har lav risiko, lav kompleksitet eller det er enkelt å forstå ulykker som kan inntreffe.

2. Prosjektering av tekniske systemer som er nye og/eller komplekse

Nye eller komplekse systemer kan ha mangel på nødvendig og tilstrekkelig data, men fordi systemet er ukjent bør risikovurderingene gjennomføres med kvantitativ tilnærming.

Ved vurdering av komplekse tekniske systemer må en se systemet i sin helhet. Eksempelvis er stasjon komplekst fordi det består av flere grensesnitt, blant annet mot publikum og omgivelsene i området som kan være utslagsgivende. Fordelene med beregning av risiko for tekniske systemer involverer muligheten for å kunne tidligst mulig kutte ned på eventuelle kostnader i ettertid, som redesign, reparering eller utskifting av komponenter.

Hvor designet av det tekniske systemet er relativt enkel vil kvalitativ tilnærming være tilstrekkelig.

3. Valg av løsninger som har ulik sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde

Forholdet gjelder når det er flere løsninger eller alternativer til vurdering og hvor man ikke kan tydeliggjøre kvalitativt hvilken løsning som er den optimale sikkerhetsmessig eller kostnadsmessig, er kvantitativ tilnærming nødvendig. For å implementere et risikoreducerende tiltak er det nødvendig med et grunnlag for å rettferdiggjøre den nødvendige investeringen, samt skal det henvises til hvilke fordeler tiltakene har for å redusere, fjerne eller skape avstand fra risikoen mot systemet, mennesker og andre verdier. Ved tilfeller hvor det er store kostnader involvert for å implementere et tiltak bør man argumentere med kvantitativ tilnærming.

Punktet gjelder også ved tilfeller hvor man er usikker på om tiltaket gir effekt og reduserer risiko. Valg av tiltak bør ikke gå på bekostning av sikkerhet for passasjerer og trafikknivå. Risikoevalueringen skal begrunne hvorfor og hvordan et tiltak ikke vil ha nytte eller om aspekter om kostnader ved implementering og innføring av tiltaket er for store. Man må også henvise til hvorfor det ikke er valgt å implementere risikoreducerende tiltak. Gjelder også ved tilfeller hvor man er usikker på om tiltaket vil medføre reduksjon av risiko, og ved innføring av tiltaket gjør at man er innen akseptabel nivå av risiko.

Som en del av forberedelsene tilknyttet en analyse bør interessenter identifiseres. Her gir man mulighet til personer eller organisasjoner å ytre sine meninger angående foreslått endring. Man viser interessenter for hvilke argumentasjoner og på hvilket beslutningsgrunnlag man har besluttet å implementere nødvendige tiltak i forhold til den analyserte risikoen. Selv om risikovurderingen anser noen uønskede hendelser for å være akseptable, kan det likevel være anbefalt å implementere tiltak da forholdene og omgivelsene på det gitte området kan kreve det. Derfor er kommunikasjon med driftsansvarlige i området og andre interessenter avgjørende for å oppnå et resultat som alle parter er tilfreds med.

Eksempler hvor det er valg av løsninger med ulikt sikkerhetsnivå og/eller kostnadsbilde:

- Valg mellom plassering av sporveksler hvor begge plasseringene medfører ombygging av infrastruktur i det gitte området.
- Valg mellom løsning med høye kostnader, eksempelvis overgangsbru eller undergangsbru, for å hindre ulovlig kryssing av spor.

4. *Den totale risikoen anses som høy*

Ved scenarioer og/eller hendelser som er tilknyttet middels/høy usikkerhet for forekomst, høy sannsynlighet/frekvens og konsekvens eller man ikke kan argumentere for at risikoen går opp, skal en kvantitativ tilnærming iverksettes.

Ved å gjennomføre en endring på system hvor systemet tidligere har vist å ikke ha et akseptabelt risikonivå eller man ikke har oversikt over systemets tidligere risiko samt en kan ikke argumentere for at systemet er på samme eller lavere akseptable risikonivå, skal en kvantitativ tilnærming iverksettes.

Gjelder primært for endringer på eksisterende strekning. For strekninger som tidligere har vist seg å være risikofylt og skal ha implementering av nye tiltak for å redusere risikoen, kan beregne av risiko gjennomføres for å henviser om risikoen blir redusert ved implementering av tiltakene.

Eksempler hvor risikoen anses som høy:

- Sammenstøt tog-tog og avsporing av tog på risikofylte områder (bru, tunnel, etc.), hvor utfallet involverer mange omkomne.
- Risiko for sammenstøt på en planovergang hvor det er stor trafikk både på veien og på jernbanesporet.

5. Uønskede hendelser og/eller situasjoner med nytt eller økt storulykke-potensiale

Det er ofte kombinasjoner av feil som medfører forekomst av storulykker. Slike uønskede hendelser forekommer sjeldent, dermed er det utfordrende å skape et solid datagrunnlag. Mangel på data eller uvissheten om endringer av forhold over tid kan medføre utfordringer for kvantifisering. Men siden de har så stor betydning for sikkerheten bør de kvantifiseres for å argumentere ivaretagelse av sikkerheten.

Det er mange situasjoner som kan ha storulykke-potensiale, eksempelvis ras eller objekt i spor. Men hvis det ikke er ansett som nytte (5.1.1 pkt. 2) for gjennomførelse behøver det ikke kvantifisering.

Topphelelsene avsporing, brann, sammenstøt tog-tog og sammenstøt tog-objekt har storulykke-potensiale, og bør tas til betraktning i risikovurderingen.

Eksempler hvor uønskede hendelser og/eller situasjoner med nytt eller økt storulykke-potensiale:

-
- Implementering av en avledende sporveksel som et risikoreducerende tiltak for å fjerne et storulykke-potensiale. Dersom den avledende sporvekselen fører ut i en trafikkert veg vil dette skape et nytt storulykke-potensiale.
 - En tidligere trafikkert usikret planovergang, er sikret med lys- og bomanlegg, men planovergangen er fortsatt prosjektert med høyt trafikkvolum.

Vedlegg IV – Analysemetodikk for risikoestimering og -evaluering

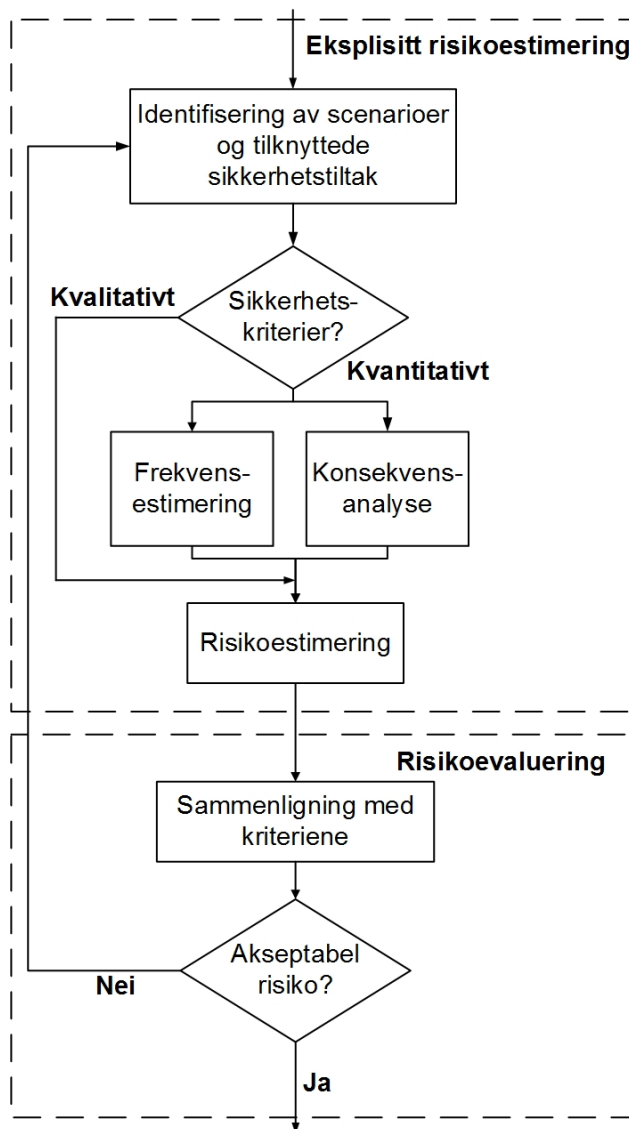
Bane NORs risikovurderingsprosess er beskrevet i «Krav til utførelse av Risikovurdering innen trafiksikkerhet» og «Retningslinje for risikostyring trafiksikkerhet innen sikkerhetsstyring». En kort oppsummering av denne prosessen er gitt i dette vedlegget, sammen med utdypende beskrivelser i form av trinn som kan gjennomføres i en risikovurdering.

Før og etter valg av tilnærming bør denne prosessen følges, og ved behov for kvantitativ tilnærming er det beskrevet metode i trinnene.

Analysemetodikken presentert følger CSM RA etter eksplisitt risikoestimering og –evaluering, hvor de identifiserte farene ikke er bredt akseptable, ikke er dekket av referansesystem eller teknisk regelverk, og er dermed tema for eksplisitt risikoestimering. Basert på risikostyringsprosessen fra CSM RA består andre del av risikoanalysen å gjennomføre en eksplisitt risikoestimering og -evaluering som består av fire steg, hvor steg fem er risikoevaluering, som illustrert i Figur 3. I henhold til CSM RA skal ikke steg to og tre inkluderes ved kvalitativ tilnærming. Derimot anbefales det at samtlige trinn benyttes ved uansett tilnærming, slik risikovurderingsprosessen er illustrert i Figur 1.

Trinn 1 – Identifiser scenarier og tilknyttede sikkerhetstiltak

Det krever en situasjonsforståelse for å identifiser alle typer scenarier som kan oppstå. En forståelse kan en tilegne seg med egen og andre fagkyndige personers bakgrunnskunnskap vedrørende analyseobjektet, viten om aspekter av systemet eller aktiviteten som vil bidra mest mot risikoen og viten om hendelser som kan forekomme og usikkerheter. En annen viktig kilde for situasjonsforståelse er gjennom informasjon fra data om hendelser, årsaker og konsekvenser.



Figur 3 – Eksplisitt risikoestimering og –evaluering i henhold til Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014)

Trinn 2 – Årsaksanalyse

Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) betegner neste trinn for frekvensestimering, men retningslinjen velger å kalle trinn to for årsaksanalyse i henhold til NS 5814.

Formålet med årsaksanalyse er å identifisere årsaker for at de identifiserte farene kan forekomme.

Årsaksanalysen kan gjennomføres modellbasert ved bruk av feiltreanalyse for relevante hendelser. Henviser til Rausand (2011) og NS-ISO 31010 (Standard Norge, 2009) for gjennomførelse av feiltreanalyse.

Ved tilgjengelig data for hendelsene som fører til topphendelsen bør den historiske verdien benyttes som utgangspunkt for tildeling av sannsynligheter, og/eller frekvenser til hver hendelse for beregning av topphendelsen. Ved mangel på feilrater fra BaneData og/eller statistikk fra synergi, suppler med ekspertoppfatninger ved de tilfellene hvor det kreves beregning. Ved benyttelse av ekspertoppfatninger, tilegne sannsynligheter/frekvenser ved grad av tro basert på kunnskap, erfaringer og/eller synspunkt fra fagkyndige personer.

Trinn 3 – Konsekvensanalyse

Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) betegner tredje steg for konsekvensestimering, men retningslinjen velger å kalle trinn tre for konsekvensanalyse i henhold til NS 5814.

Formålet med konsekvensanalyse er å identifisere konsekvenser ved forekomst av de identifiserte uønskede hendelsene. Konsekvensene skal beskrives og/eller beregnes.

Konsekvensanalyse kan gjennomføres modellbasert ved bruk av hendelsestreanalyse for relevante hendelser. Henviser til Rausand (2011) og NS-ISO 31010 (Standard Norge, 2009) for gjennomførelse av hendelsestreanalyse.

Ved tilgjengelig data for hendelsene som fører til topphendelsen bør den historiske verdien benyttes som utgangspunkt for tildeling av forventet skade (konsekvens) for hver hendelse, hvor alle hendelsene blir multiplisert sammen til en årlig frekvens for gitt scenario. Ved mangel på feilrater fra BaneData og/eller statistikk fra synergi, suppleres ekspertoppfatninger ved de tilfellene hvor det kreves beregning. Ved benyttelse av ekspertoppfatninger, tilegne sannsynligheter/frekvenser ved grad av tro basert på kunnskap, erfaringer og/eller synspunkt fra fagkyndige personer.

Trinn 4 – Sammenstilling av risikobilde

I følge Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014) skal man i fjerde trinn estimere risiko. Derimot er en viktig del etter årsak- og konsekvensanalyse å sammenstille et helhetlig risikobilde basert på resultatene.

En sammenstilling av risikobilde kan etableres ved å:

- a) Beskrive med tekst hovedresultatene fra risikoanalysen. Risikobildet skal gi en beskrivelse av risikoen som skal bestå av kilder, hendelser, årsaker og konsekvenser.
- b) Etablere tabell med oppstilling av alle mulige konsekvenser og tilhørende sannsynligheter eller frekvenser.
- c) Utforme bow-tie-diagram, med den identifiserte uønskede hendelsen i midten av sløyfen, årsaker på venstre side og konsekvenser på høyre som etablerer et konsekvensspekter. Diagrammet skal også beskrive forebyggende (proaktive) barrierer og konsekvensreducerende (reaktive) barrierer. Må etableres for hver hendelse som er identifisert i risikoanalysen.

Ved bruk av kategorier/klasser for sannsynlighet/frekvens og konsekvens, med beskrivende tekst eller logaritmisk skala for sannsynlighetsaksen, kan risikomatrise utarbeides for å gi oversikt over risikobildet. Risikomatrisen er vanligvis delt opp i tre områder, ofte i sammenheng med ALARP-prinsippet.

Trinn 5 – Sammenligning med kriterier og evaluering av akseptabel risiko

Siste trinn for risikoestimering- og evaluering består av risikoevaluering basert på Forskrift om en felles sikkerhetsmetode (2014).

Resultatene fra trinn 4 skal sammenlignes mot Bane NORs risikoakseptkriterier som er presentert i «Retningslinje for risikostyring trafiksikkerhet innen sikkerhetsstyring».

Bruk av risikomatrise i henhold til ALARP-prinsippet tilsier om risikonivået er akseptabelt, uakseptabelt eller risiko i ALARP-området, med henvisning til prioritering av risiko-

reduserende tiltak. Forutsetter at man har etablert et forhold til risiko som er akseptabel og uakseptabel i matrisen.

Ved kvalitativ risikoevaluering skal en argumentere for at endringen ikke gir økning i risiko.

Trinn 6 – Tiltaksanalyse

Etter sammenligning med risikoakseptkriterier skal tiltaksanalyse gjennomføres for identifisering av nye risikoreduserende tiltak etter ALARP-prinsippet.

- a) For identifiserte uønskede hendelser som er akseptable er det ikke behov for risikoreduserende tiltak, men tiltak kan innføres for å holde risikoen på akseptabelt nivå.
- b) For identifiserte uønskede hendelser i ALARP-området kan risikoreduserende tiltak innføres så fremt kostnadene ikke er uforholdsmessig store mot nytten.
- c) For identifiserte uønskede hendelser i ikke-akseptabelt område må risikoreduserende tiltak innføres.

Ved tilfellet hvor risikoen ikke er akseptabel eller i ALARP, skal hele prosessen (trinn 1-6) gjentas og ytterligere sikkerhetstiltak skal identifiseres og gjennomføres.