



Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**MASTEROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering:  
Master i Risikostyring

Vårsemesteret, 2018

Åpen

Forfatter:  
Martin Tveiterå

.....  
(signatur forfatter)

Fagansvarlig: Eirik BJORHEIM ABRAHAMSEN (UiS)

Veiledere: Eirik BJORHEIM ABRAHAMSEN (UiS)  
Eva WESTGAARD PETTERSEN (Statens vegvesen)

Tittel på masteroppgaven:

Risikokategorisering som et ledd i optimal beslutningstaking i Statens vegvesen

Engelsk tittel:

Risk categorization as a part of optimal decision making in the Norwegian Public Roads Administration

Studiepoeng: 30 stp.

Emneord:

Risikokategorisering av prosjekter  
Risikovurderinger  
Økonomisk perspektiv  
Forventningsverdier  
Forsiktighetsprinsippet

Sidetall: 104

+ vedlegg/annet: 6

Stavanger, 15.juni 2018

## **Forord**

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på studieprogrammet Risikostyring ved Teknisk-Naturvitenskapelig fakultet, ved Universitet i Stavanger. Oppgaven ble gjennomført i perioden januar til juni 2018 i samarbeid med Statens vegvesen.

En stor takk til min veileder ved Universitet i Stavanger, Eirik Bjorheim Abrahamsen, for konstruktive råd og tilbakemeldinger gjennom arbeidet med oppgaven. Din kompetanse innenfor fagfeltet har vært til stor hjelp, og veiledningen du har bidratt med settes stor pris på.

Jeg vil benytte anledningen til å rette en takk til Statens vegvesen i Stavanger for muligheten til å skrive oppgaven i samarbeid med dem, og for å ha blitt tatt godt imot. En spesiell takk til min veileder ved Statens vegvesen, Eva Westgaard Pettersen, for svært god oppfølging og gode råd underveis i prosessen med å skrive oppgaven. En takk til alle andre ved Statens vegvesen som har bidratt til oppgaven gjennom intervjuer og møter.

Jeg vil også takke min familie for støtte gjennom utdanningen min og arbeidet med denne oppgaven. Til slutt vil jeg rette en stor takk til Tone Lise Hamre for tålmodighet og gjennomlesing av oppgaven.

Stavanger, 15. juni 2018

Martin Tveiterå

## Sammendrag

Som mange andre etater og selskaper har Statens vegvesen begrensede ressurser, men på samme tid «uendelig» med tiltak de kan iverksette. Dette utløser et behov for å prioritere blant ulike prosjekter, og videre å utnytte de tilgjengelige ressursene på best mulig vis. For å kunne ta optimale beslutninger, er det hensiktsmessig å benytte ulike metoder og vurderinger knyttet til risiko og økonomi. Ulike prosjekter krever ulike typer risikovurderinger og økonomiske perspektiver. Denne oppgaven undersøker hva som avgjør hvor omfattende vurderinger som skal gjennomføres, og hvilke perspektiver som skal legges til grunn. Det blir undersøkt om risiko er en slik faktor. Når det gjelder økonomisk perspektiv, ble det for oppgaven vurdert om det er fornuftig å legge til grunn en forventningsverdi basert analysemetode, dersom man har et lavt risikonivå, og et prinsipp som forsiktighetsprinsippet for høyt risikonivå. Funn i oppgaven tyder på at dette kan være fornuftig.

Det ble for oppgaven studert om Statens vegvesen har et tilstrekkelig strukturert og dynamisk rammeverk, som bidrar til å avgjøre hvordan man bør tenke og arbeide med tiltak og prosjekter av ulik kompleksitet og risikonivå. Basert på funn fra undersøkelsene, er det et potensial for forbedring av rammeverket til Statens vegvesen.

I denne oppgaven, legges et utvidet perspektiv på risiko til grunn, hvor man ser på andre aspekter enn kun forventet konsekvens og sannsynlighet, og usikkerhet blir i større grad vektlagt. Denne masteroppgaven tar for seg risikokategorisering som et ledd i optimal beslutningstaking i Statens vegvesen. Det blir i oppgaven demonstrert at en slik risikokategorisering kan benyttes til å gi innspill til hvilket beslutningsgrunnlag som behøves. Ved å skille mellom ulike prosjekter med tanke på risiko knyttet til dem, blir det i oppgaven vist at man kan bruke ressursene man har tilgjengelig på en mer optimal måte og man kan utføre «korrekt» risikovurdering sett i forhold til risikonivået.

Metoden som presenteres er spesielt tilpasset utfordringene Statens vegvesen står ovenfor, men metoden er også en generell metode, og kan ved mindre tilpasninger anvendes av andre aktører enn Statens vegvesen. Den praktiske anvendbarheten til metoden demonstreres ved et konkret skredprosjekt. Det ga muligheten til å se nærmere på både fordelene, men også utfordringene knyttet til metoden.

I oppgaven diskuteres det hvorfor kategoriseringen som er lagt til grunn, er blitt valgt. Det undersøkes også hvorfor det er hensiktsmessig å kategorisere med tanke på risiko. Det vil i den sammenheng også belyses om det er andre faktorer som bør tas hensyn til i en slik inndeling av prosjekter. Det vil bli sett nærmere på om usikkerhet kan være en slik faktor.

## **Innholdsfortegnelse**

Forord .....	ii
Sammendrag.....	iii
Figurer .....	vii
Forkortelser .....	viii
1 Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling.....	3
1.3 Avgrensninger .....	3
1.4 Metode .....	3
1.5 Oppbygging av oppgaven.....	7
2 Teoretisk fundament .....	8
2.1 Risiko.....	8
2.2 Sannsynlighet.....	10
2.2.1 Introduksjon til sannsynlighet .....	10
2.2.2 Fortolkninger av sannsynlighet .....	10
2.3 Bakgrunnskunnskap.....	14
2.3.1 Metoder for å vurdere bakgrunnskunnskap.....	15
2.4 Forventningsverdi .....	16
2.5 Beslutningsgrunnlag .....	17
2.5.1 Introduksjon til beslutningsgrunnlag.....	17
2.5.2 Ulike analysemetoder for beslutningsgrunnlag.....	18
2.5.3 Beslutningsgrunnlag i Statens vegvesen .....	25
2.6 Kategorisering av prosjekter.....	28
3 Metode for kategorisering av prosjekter og valg av beslutningsgrunnlag.....	36

3.1	Risikokategorisering av prosjekter i Statens vegvesen.....	36
3.2	Risikovurderinger basert på ulike risikonivåer.....	43
3.3	Økonomisk perspektiv basert på ulike risikonivåer .....	45
3.3.1	Bruk av risikokategorisering for å angi økonomisk perspektiv .....	45
3.3.2	Bruk av forventningsverdi baserte analysemetoder .....	49
3.3.3	Bruk av forsiktighetsprinsippet .....	52
3.3.4	Hovedtrekk ved risikokategoriseringsmetoden .....	54
4	Praktisk anvendbarhet av risikokategoriseringsmetoden.....	55
4.1	Presentasjon av Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt.....	55
4.2	Beslutningsgrunnlag for Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt .....	56
4.3	Risikokategorisering av Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt.....	56
4.4	Utbytte av metoden når det gjelder skredsikringsprosjektet.....	69
5	Diskusjonsdel.....	77
5.1	Hvorfor er kategoriseringen som er lagt til grunn blitt valgt? .....	77
5.2	Hva er utbyttet av den presenterte metoden for Statens vegvesen? .....	84
5.3	Hvilke erfaringer er gjort knyttet til forbedring av metoden? .....	87
5.4	Hvordan implementere metoden i Statens vegvesen sitt arbeid? .....	88
6	Konklusjon.....	90
	Referanser.....	93
	Vedlegg .....	97
	Vedlegg 1: Skjema for forventet konsekvens for Rv. 13: Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt.....	97

## Figurer

Figur 1: Induktiv og deduktiv fremgangsmåte (eStudie) .....	5
Figur 2: Modell for beslutningstaking under usikkerhet (Aven, 2003).....	18
Figur 3: De ulike planprosessene i et større utbyggingsprosjekt (Statens vegvesen, 2014) .....	28
Figur 4: Dimensjoneringsklasser (Vegdirektoratet, 2014b, s. 27) .....	29
Figur 5: Tunnelklasser (Vegdirektoratet 2016. 34).....	30
Figur 6: Gjennomføring av grov risikovurdering (Vegdirektoratet, 2007, s. 15) .....	32
Figur 7: Risikomatrise (Wiencke et al. 2006, s. 2302).....	34
Figur 8: Risikomatrise 2 (Wiencke et al. 2006, s. 2302).....	34
Figur 9: Matrise som representer forventet konsekvens og sannsynlighet .....	39
Figur 10: Eksempel på matrise som representer forventet konsekvens og sannsynlighet .....	40
Figur 11: Matrise som representer styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet .....	42
Figur 12: Matrise for risikokategorisering .....	42
Figur 13: Drepte i veitrafikken fra 1948 til 2015 (Samferdselsdepartementet) .....	44
Figur 14: Risikomatrise som angir hvor omfattende risikoanalysemetode man skal anvende .....	45
Figur 15: Dynamisk metode for hvor mye vekt som skal tillegges usikkerhet (Sørskår et al. 2017, Abrahamsen et al. 2015).....	47
Figur 16: Risikomatrise som angir hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn avhengige av risikonivået.....	48
Figur 17: Fordeling av skred i mellom 2005 og 2013 (Kronholm & Skogstad, 2015, s. 4) .....	58
Figur 18: Fordeling av skred per måned (Kronholm & Skogstad, 2015, s. 5).....	58
Figur 19: Matrise som representer forventet konsekvens og sannsynlighet .....	63
Figur 20: Matrise som representer styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet .....	68
Figur 21: Matrise for risikokategorisering .....	69
Figur 22: Risikomatrise som angir hvor omfattende risikovurderingsmetode som skal anvendes avhengige av risikonivået.....	71
Figur 23: Risikomatrise som angir hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn avhengige av risikonivået.....	72
Figur 24: Risikomatrise for skred på en veistrekning (Statens vegvesen, 2014a, s. 2).....	74
Figur 25: Matrise som representerer forventet konsekvens og SaK, U indeks .....	82
Figur 26: Matrise for forventet konsekvens og ulikt sannsynlighetsnivå .....	83

Figur 27: Hvordan ulik sannsynlighet påvirker risikonivået.....	83
---	----

## Tabeller

Tabell 1: Kategorisering av risikoanalysemetoder.....	25
Tabell 2: Ulike analysemetoder for eksisterende vei, planlagt vei og tunneler .....	25
Tabell 4: Tabell for valg av risikoanalyser for tunneler (Vegdirektoratet, 2007a. 10) .....	30
Tabell 4: Skjema for å vurdere forventet konsekvens.....	38
Tabell 5: Skjema for vurdering av forventet konsekvens.....	63

## Forkortelser

SVV	Statens vegvesen
ÅDT	Årsdøgntrafikk
TS-revisjon	Trafikksikkerhetsrevisjon
TS-inspeksjon	Trafikksikkerhetsinspeksjon
NTP	Nasjonalt transportplan
Rv	Riksvei
SaK	Styrken av bakgrunnskunnskap
U	Usikkerhet
P	Sannsynlighet (probability)
C	Konsekvens (consequence)
NPV	Netto nåverdi (net present value)
ENPV	Forventet netto nåverdi (expected net present value)
ROS	Risiko og sårbarhet



# **1 Innledning**

## **1.1 Bakgrunn**

Statens vegvesen sin oppgave er å planlegge, bygge og holde ved like riks- og fylkesveier i Norge (Statens vegvesen, 2018). I det arbeidet, står en ovenfor både komplekse og mindre komplekse beslutningssituasjoner. Man står gjerne ovenfor situasjoner som involverer tusenvis av trafikanter i døgnet, som kjører i en tunnel under havnivå, til milliarder av kroner. Eller, kan man stå ovenfor en enkel og lite kompleks situasjon, gjerne en lite trafikkert vei med et enkelt kjøremønster. Det er naturlig at man i disse to situasjonene, bør tenke ulikt når det gjelder hvilket beslutningsgrunnlag som behøves for å ta beslutninger. Det er naturlig å anta at det blant annet er knyttet ulik risiko til de nevnte situasjonene. Det er også rimelig å legge til grunn at Statens vegvesen tenker ulikt, avhengig av hvor kompleks beslutningssituasjon er. Spørsmålet knytter seg heller til om Statens vegvesen har et tilstrekkelig strukturert og dynamisk rammeverk som bidrar til å avgjøre hvordan det bør tenkes og arbeides med situasjoner og prosjekter av ulikt risikonivå. Dette er noe denne masteroppgaven vil undersøke og bidra til å utvikle. Arbeidet knyttet til dette, vil gi et grunnlag for å diskutere om det som gjøres er fornuftig, eller om det er et potensial for forbedringer.

I denne masteroppgaven legges det til grunn, at for å kunne ta optimale beslutninger, er man avhengig av å bruke forskjellig beslutningsgrunnlag i ulike situasjoner. Hvor omfattende beslutningsgrunnlaget bør være, kan avhenge av, for eksempel risikoen knyttet til situasjonen. Da kan prosjekter kategoriseres etter risiko. Har man høy risiko, er det naturlig med et mer omfattende beslutningsgrunnlag enn dersom man har lav risiko. Det eksisterer ulike måter å kategorisere prosjekter på. I veitrafikken kan for eksempel skredprosjekter kategoriseres etter sannsynlighet for et skred og hvor mange biler som kjører på veien i løpet av et døgn (årsdøgntrafikk – ÅDT). En annen måte å kategorisere prosjekter på, kan være etter type tunnel. For eksempel om det er en ettløpstunnel, toløpstunnel eller en undersjøisk tunnel. Det er ikke hensiktsmessig eller nødvendigvis praktisk mulig å gjennomføre detaljerte risikovurderinger for «alle» prosjekter. Det vil være for tid- og ressurskrevende. Dette gir et behov for å kategorisere og skille mellom prosjekter, og det er noe som denne oppgaven vil bidra med. Som en del av beslutningsgrunnlaget inngår vurdering av risiko. Andre hensyn som må tas, og som også er en naturlig del av et beslutningsgrunnlag, involverer faktorer som blant annet kostnader,

fremkommelighet, estetikk. Det er en balansegang mellom disse ulike hensynene, hvor man i praksis ikke har situasjoner helt uten risiko for dødsfall eller alvorlige ulykker.

Beslutningsgrunnlaget i denne oppgaven, er forenklet til å bestå av risikovurdering og økonomisk perspektiv. Med økonomisk perspektiv, menes det i denne oppgaven forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet. Noe av grunnen til at man trenger metoden som presenteres, går på at det er et behov for å kunne skille mellom hvilke tiltak som skal iverksettes. Man må prioritere de tiltak som i høyest grad oppfyller de krav som er satt.

Hvordan ulik risiko påvirker situasjoner og hvor omfattende beslutningsgrunnlag som bør utarbeides, inkluderer ikke kun Statens vegvesen eller andre selskaper, også enkeltindivider står ovenfor slike situasjoner. Det er opplagt at de fleste mennesker tenker forskjellig når det er knyttet ulik risiko til aktiviteter de skal gjennomføre. Er det høy risiko knyttet til en aktivitet, er det naturlig for de fleste mennesker å innhente mest mulig informasjon før en beslutning skal tas. For å illustrere dette, kan man se for seg to ulike aktiviteter. Første aktivitet er å bestige Mount Everest. Det er en aktivitet hvor det er knyttet høy forventet risiko. Da er det naturlig å innhente mest mulig tilgjengelig informasjon for å fatte en beslutning knyttet til om fjellet skal bestiges eller ikke. Informasjon som innhentes, kan inkludere værdata, ulykkesstatistikk, rutevalg osv. Ser man for seg en annen situasjon, hvor det gjerne er lav forventet risiko knyttet til aktiviteten, vil man gjerne tenke annerledes. En slik aktivitet kan være å ta seg en rolig tur i et område hvor man er godt kjent og har vært på tur mange ganger tidligere. Her vil nok de fleste personer vurdere risikoen knyttet til aktiviteten lav og heller ikke innhente mer informasjon enn en enkel værmelding. Det er opplagt for de fleste personer at det bør tenkes annerledes når det gjelder disse to situasjonene. Men hva er det som avgjør at det bør tenkes annerledes? Er det fordi risikoen til aktiviteten er høy, eller noen helt andre faktorer som avgjør? Dette er et spørsmål og en problemstilling denne oppgaven vil belyse i en kontekst som involverer beslutninger i Statens vegvesen.

## **1.2 Problemstilling**

Problemstillingen for denne masteroppgaven er knyttet til om prosjekter i Statens vegvesen kan kategoriseres etter risiko, og om en slik risikokategorisering kan brukes for å angi hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres, og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Oppgaven vil ta for seg bruk av risikokategorisering som et ledd i optimal beslutningstaking i Statens vegvesen. Videre vil oppgaven undersøke om og hvorfor det er hensiktsmessig å kategorisere basert på risiko, og hvilke alternative måter prosjekter kan kategoriseres.

## **1.3 Avgrensninger**

Problemstillingen for denne oppgaven, retter seg mot Statens vegvesen. På bakgrunn av det, og den erkjennelsen av at risikofaget er et vidt fagområde med et bredt teoretisk spekter, avgrenses det teoretiske fundamentet til hva som anses relevant for denne oppgaven.

Som en avgrensning, er metoden som presenteres i denne oppgaven, tilpasset problemstillinger relevant for Statens vegvesen. Dog er metoden også anvendbar på en generell basis, og kan ved mindre tilpasninger benyttes innenfor flere sektorer.

Metoden for kategorisering av prosjekter vil demonstreres ved ett konkret skredsikringsprosjekt. Optimalt sett, skulle enda flere prosjekter blitt testet ut for metoden, men dette var det ikke mulighet for grunnet tidsbegrensinger.

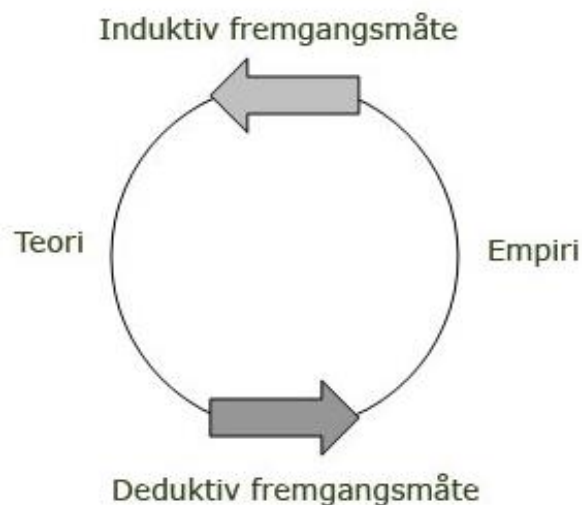
## **1.4 Metode**

I arbeidet med en masteroppgave, står man ovenfor valg av forskningsmetode. Hvilken forskningsmetode som skal velges, er avhengig av problemstillingen og formålet med oppgaven. Dette metodekapittelet har som intensjon å utdype og begrunne hvorfor metoden som er lagt til grunn for oppgaven, faktisk er valgt. Det involverer å se på hvorfor den valgte metoden er egnet for å belyse og svare på problemstillingen for oppgaven. En metode knytter seg til fremgangsmåten som benyttes for å komme frem til ny kunnskap og løse problemer.

For å kunne besvare problemstillingen knyttet til oppgaven, har et analysearbeid blitt utført. Av forskningsmetoder har man kvalitative og kvantitative metoder. Disse metodene blir benyttet for datainnsamling. I følge Store Norske Leksikon (2015) defineres kvalitativ forskning som: «...er

*forskningsmetoder som vektlegger forståelse og analyser av sammenhenger i en prosess hos den enkelte fremfor opptelling av fenomener eller kjennetegn ved en gruppe individer». Kvantitativ metode defineres som (Store Norske Leksikon, 2015): «...en undersøkelse som analyserer et stort antall enheter, som for eksempel land, personer eller bedrifter. Formålet med kvantitativ analyser er gjerne å teste en hypotese, det vil si å finne ut om en antakelse om virkeligheten stemmer overens med de data man har». Kvantitativ metode uttrykkes ofte i tallform, mens en kvalitativ metode uttrykkes i tekstform. Det er for oppgaven ikke funnet hensiktsmessig å benytte et datasett for å besvare problemstilling. I denne oppgaven, er en kvalitativ forskningsmetode lagt til grunn. Denne metoden ble valgt ettersom den ble betraktet som den meste hensiktsmessige metoden til formålet med denne oppgaven.*

Som man kan se fra figuren under, eksisterer det to tilnærminger knyttet til strategi, når man skal gå fra teori til empiri og motsatt. Disse to fremgangsmåtene er induktiv- og deduktiv tilnærming. For en induktiv fremgangsmåte, går man fra empiri til teori, mens for en deduktiv fremgangsmåte går man teori til empiri. Når det gjelder en induktiv fremgangsmåte skriver eStudie (2017): «Velger vi en induktiv fremgangsmåte ønsker man å observere en problemstillingen for å komme frem til en teori om et fenomen». Mens for en deduktiv fremgangsmåte forklarer eStudie (2017): «Velger vi en deduktiv fremgangsmåte er utgangspunktet det motsatte. Her har vi en teori om et fenomen som vi ønsker å teste holdbarheten og riktigheten av». For induktiv fremgangsmåte, innhentes informasjon og relevant data, dette systematiseres, for å så danne seg en teori. Ved bruk av induktiv metode, utvikles gjerne ny kunnskap innenfor områder hvor det eksisterer lite forhåndskunnskap (UiO, 2005). For deduktiv fremgangsmåte, ser man at dette er en form for hypotesetesting, for å enten bekrefte eller avkrefte en antagelse eller hypotese man har, innenfor områder hvor det eksisterer forhåndskunnskap. Det dannes et bilde av hvordan verden ser ut, en hypotese, deretter samles empiri for å se hvordan dette stemmer med virkeligheten. I denne oppgaven er deduktiv fremgangsmåte i hovedsak blitt benyttet. Deduktiv fremgangsmåte ble ansett som best egnet for den aktuelle problemstillingen, hvor det blant annet vil undersøkes om prosjekter i Statens vegvesen kan kategoriseres etter risiko.



Figur 1: Induktiv og deduktiv fremgangsmåte (eStudie)

Metoden som har blitt benyttet i denne masteroppgaven, vurderes som å gi oppgaven god gyldighet. Metoden er gjennomført med det mål, om at også andre forskere skal kunne gjennomføre tilsvarende analyser og undersøkelser, for å kunne komme frem til et liknende resultat. Som tidligere nevnt er en kvalitativ forskningsmetode benyttet i denne oppgaven. En potensiell svakhet ved en kvalitativ metode knytter seg til at det kan være utfordrende å etterprøve hva som er blitt gjennomført. Dette er blant annet fordi eksakte resultater fra intervjuer er vanskelig å reprodusere. Ettersom de viktigste funnene for denne oppgaven knytter seg til funn gjennom litteratstudiet, vurderes det slik at det vil være oppnåelig å reprodusere resultatene fra den kvalitative undersøkelsen for andre forskere. Det kan nevnes, at funn og lærdom også er gjort gjennom intervjuene, men i all hovedsak knytter de viktigste funnene seg til litteraturstudien. Basert på at resultater fra litteratstudien blir vurdert som å være reprodusere, vurderes det slik at metoden benyttet, bidrar til å gi oppgaven en god reliabilitet. Det inkluderer at resultatene fra oppgaven er troverdige, og at resultatene fra oppgaven kan gjenskapes av andre forskere.

Som beskrevet, er en kvalitativ forskningsmetode lagt til grunn. Relevant informasjon og data er innhentet gjennom samtaler eller intervjuer av ansatte i Statens vegvesen og gjennom en litteraturstudie. Intervjuene som er gjennomført, har hatt som et mål å forstå beslutningsprosessen, og å få en innsikt i hvordan det i praksis arbeides med risiko i Statens vegvesen. Intervjuene var uformelle, og kan betraktes som en samtale for å utvide kunnskapen til forfatteren. Det ble ikke ansett som nødvendig å transkribere intervjuene. Intervjuene har hatt

som hensikt å belyse hva som avgjør hvor omfattende beslutningsgrunnlag som bør utarbeides. For intervjuene er en semistrukturert intervjuform valgt. Et semistrukturert intervju er ansett som den vanligste formen for intervju. En slik intervjuform kan enklest beskrives som en samtale mellom intervjuobjektet og forskeren (Holbergprisen). Intervjuet er styrt av forskeren, som på forhånd har utarbeidet en plan for hvilke temaer som skal belyses. Når det gjelder et semistrukturert intervju, er ikke formuleringen av spørsmålene nøyaktig nedskrevet, det benyttes i stedet stikkord som utgangspunkt for formulering av spørsmålet (Malt, 2015). Ved å benytte semistrukturert intervju i denne masteroppgaven, i stedet for strukturert intervju, åpnes det opp for at spørsmålene enklere kan tilpasses intervjuet underveis, og at nye spørsmål kan stilles, dersom ny informasjon fremkommer under intervjuet. Dette ble betraktet hensiktsmessig for denne oppgaven, ettersom et mål for intervjuene var å avdekke mest mulig informasjon, knyttet til prosessene rundt kategorisering av prosjekter.

For oppgaven, er en stor mengde dokumentasjon studert i et litteratursøk for å få innblikk i beslutningsprosessene i Statens vegvesen. Hensikten med litteraturstudien, er blant annet å gi en presentasjon av litteratur knyttet til problemstillingen til oppgaven, som inkluderer tidligere arbeid innenfor temaet. Litteraturen som presenteres, er en kombinasjon av tidligere kjent litteratur for forfatteren, samt ny litteratur fremskaffet gjennom litteratursøket. Ved gjennomføring av litteraturstudien er det tilnærmet ubegrenset med informasjon tilgjengelig. Det medfører at avgrensinger knyttet til litteratur og valg av kilder må gjennomføres. Litteraturen som blir presentert, er avgrenset på bakgrunn av hva som er ansett som relevant knyttet til problemstillingen. Litteratursøket har hatt fokus på vitenskapelige artikler, fagbøker, håndbøker og standarder. Det er gjennomført søk ved bruk av ulike databaser som Universitet i Stavanger (UiS) sin database - UiS Brage og Statens vegvesen sitt digitale bibliotek. Også mer generelle søk på internett er blitt gjennomført, dersom relevant litteratur ikke ble funnet i UiS eller Statens vegvesen sin database. Søkeord som er blitt benyttet inkluderer: risikovurdering, risikoanalyse, kategorisering av prosjekter, risiko, sannsynlighet, kost-nytte, ALARP, forventningsverdier, økonomisk vurdering, beslutningsgrunnlag, forsiktighetsprinsippet. De diverse søkeordene ble spesielt koblet opp mot Statens vegvesen. Relevant litteratur og teori for oppgaven, inkluderer flere artikler og litteratur fra både Statens vegvesen og andre forfattere. Flere av Statens vegvesen sine håndbøker er blitt gjennomgått med det formål å få innsikt i eksisterende metoder for kategorisering av prosjekter og hvordan risiko håndteres. Dette er sentrale spørsmål som

litteraturstudien hadde som mål å belyse. Flere eksisterende risikovurderinger er gjennomgått i den hensikt å avdekke hvordan praksis er for gjennomføring av risikovurderinger, og hva som avgjør hvilken type risikovurdering som gjennomføres. Å sette seg inn i gjeldene prosedyrer og dokumenter, innad i Statens vegvesen, er viktig for å kunne utarbeide en metode som er tilpasset de utfordringene Statens vegvesen står ovenfor. Ettersom litteraturen som er studert, er utarbeidet og behandlet av andre forfattere, må validiteten til dem vurderes. Det ble tatt et bevisst valg om å benytte anerkjente databaser for vitenskapelige publikasjoner som UiS Brage og Statens vegvesen sitt digitale bibliotek. Generelt betraktes innholdet i disse databasene å være pålitelige, men for hver kilde som ble benyttet, ble innholdet i kildene evaluert i den hensikt å ta stilling til om kildene er pålitelige.

For å øke validiteten på hva som blir presentert i denne oppgaven, er en case inkludert, som illustrerer hvordan metoden for risikokategorisering som presenteres i denne oppgaven kan anvendes. Ved å presentere en case, får man mulighet til å påpeke styrker og svakheter knyttet til metoden for risikokategorisering.

### **1.5 Oppbygging av oppgaven**

Denne masteroppgaven, er bygget opp slik, at tidligere arbeid relevant for problemstillingen blir presentert i første delen av oppgaven. Her etableres det teoretiske fundamentet for oppgaven. I hoveddelen av oppgaven, presenteres en metode for risikokategorisering og valg av beslutningsgrunnlag. Den praktiske anvendbarheten til denne metoden, vil bli demonstrert med et konkret eksempel. Utbyttet og forslag til hvordan metoden kan implementeres i Statens vegvesen blir diskutert. Det vil også diskuteres hvorfor kategoriseringen som er valgt, er lagt til grunn. Til slutt vil noen konkluderende linjer bli trukket.

## **2 Teoretisk fundament**

I denne delen av oppgaven, vil litteratur relevant for oppgaven gjennomgås, og et teoretisk fundament for det videre arbeidet med oppgaven bli etablert. For det formålet, er en litteraturstudie blitt gjennomført. Som tidligere nevnt, er hensikten med dette å gi en presentasjon av litteratur knyttet til problemstillingen for oppgaven, som inkluderer tidligere arbeid innenfor temaet.

Denne oppgaven vil se nærmere på hvordan man kan dele inn veiprosjekter basert på risikonivå. Flere forfattere har foreslått ulike generelle inndelinger av prosjekter. Dette er noe som vil bli sett nærmere på. Litteraturstudien er ment å presentere metoder for valg av risikovurderinger, og økonomiske perspektiver som brukes i Statens vegvesen i dag. Videre vil litteraturstudien presentere alternative metoder for valg av vurderingsmetoder som ikke brukes i vegvesenet. Det vil senere i oppgaven studeres nærmere, om dette er metoder som kan overføres med hell til Statens vegvesen, og hvilke tilpasninger som eventuelt må gjøres.

### **2.1 Risiko**

Denne masteroppgaven går inn på hvordan risiko håndteres i Statens vegvesen. For å kunne ha en meningsfull presentasjon og diskusjon rundt denne problemstillingen, er det nødvendig med kjennskap til hvordan risiko kan forstås og tolkes. Det eksisterer flere definisjoner av risiko. Aven (2015, s. 42) definerer risiko som: «*Risiko er kombinasjon av konsekvenser C av aktiviteten og tilhørende usikkerhet U*», (C, U). Videre forklarer Aven (2015, s. 43) at risiko generelt kan beskrives ved (C, P, K). Hvor C er konsekvenser knyttet til aktiviteten, P er sannsynligheten og K er kunnskapen P bygger på. Her ser man at det brukes sannsynlighet og kunnskapen bak sannsynligheten, for å beskrive usikkerhet. For å forklare nærmere hvordan man skal forstå hva som menes med den presenterte definisjonen av risiko, inkluderes et eksempel. Eksempelet illustrerer hvordan Statens vegvesen kan definere risiko ved å bruke denne definisjonen. Man kan se for seg en hendelse A, som kan være en frontkollisjon. Konsekvensene C av ulykken kan være flere hardt skadde, én drept, flere drepte osv. Det er med andre ord usikkerhet U knyttet til konsekvensene, man vet ikke hva som blir konsekvensene før møteulykken inntreffer. For å uttrykke usikkerheten som er knyttet til konsekvensene kan man bruke sannsynlighet P. Man kan bruke statistikk fra tidligere møteulykker. Da vil man gjerne finne ut at det for eksempel er 15% sannsynlighet for å bli drept i en møteulykke. Man kan videre vurdere bakgrunnskunnskapen K,



som ligger bak denne sannsynligheten. Kunnskapstyrken kan involvere mengden pålitelig statistikk for møteulykker.

I Statens vegvesen Håndbok V721 (Vegdirektoratet, 2007, s 6) «*Risikovurdering i vegtrafikken*», defineres risiko annerledes enn perspektivet på risiko presentert ovenfor, hvor risiko består av kombinasjonen av konsekvenser C av aktiviteten og tilhørende usikkerhet U. I håndboken defineres risiko som: «*Begrepet «risiko» er et uttrykk for den fare uønskede hendelser representerer for mennesker, miljø og økonomiske verdier*». Man ser, basert på denne definisjonen av risiko, at risiko utelukkende ses på som noe negativt, og tar ikke høyde for at risiko også kan inkludere muligheter. Denne måten å omtale risiko på, finner man også i dagligtale, hvor risiko ofte blir brukt for å omtale noe negativt som gjerne knyttes til uønskede tap og hendelser. Men basert på definisjonen av risiko i avsnittet ovenfor, som sier risiko er en kombinasjon av konsekvenser av aktiviteten og tilhørende usikkerhet, er ikke risiko utelukkende knyttet til negative uønskede tap og hendelser. Definisjonen av risiko åpner også opp for positive utfall, og det kan snakkes om muligheter. Slik Aven (2015, s. 40) forklarer, kan det diskuteres hva som egentlig er negativt. Det som er negativt for noen, kan være positivt eller en mulighet for andre. For eksempel, kan det snakkes om risikoen knyttet til at en bro blir ødelagt av flom. For noen vil dette være knyttet til noe negativt, mens for en entreprenør er dette gjerne en mulighet for arbeid. Så hvis det i den situasjonen skal snakkes om risiko som utelukkende negativt, må det i tilfelle snakkes om risiko for hvem.

Når det gjelder risiko, er det viktig å erkjenne at risiko handler om fremtiden, og ikke fortiden. Det innebærer, at historiske tall ikke nødvendigvis stemmer overens med hva som vil skje i fremtiden. Man kan tenke tilbake til eksempelet som ble presentert ovenfor, angående risikoen knyttet til en møteulykke. Man kan ikke sidestille risikoen for en møteulykke på veistrekningen med gjennomsnittlig møteulykker som har vært på denne veistrekningen tidligere. Man må også vurdere, om det for eksempel er nye momenter med veien som påvirker risikoen. Gjerne har trafikkmengden økt drastisk de siste månedene, noe som kan påvirke sannsynligheten for en møteulykke. Ettersom det er nye momenter med veien, vil ikke nødvendigvis de historiske tallene gi en god indikasjon på risikoen.

## 2.2 Sannsynlighet

### 2.2.1 Introduksjon til sannsynlighet

I arbeidet med risiko, står bruk av sannsynlighet sentralt. Bruk av sannsynlighet er en metode for å uttrykke usikkerhet, med andre ord hvor trolig det er at en hendelse vil finne sted (Aven, 2015, s. 42). Man kan for eksempel kvantifisere den usikre hendelsen regn i morgen, med en sannsynlighet på 20 prosent. Et spørsmål som det er naturlig å stille, er hva dette tallet egentlig betyr og uttrykker. Det eksisterer flere fortolkninger av sannsynlighet. Det inkluderer frekvens-, subjektiv-, logisk- og klassisk sannsynlighet (Aven & Reniers 2012, s. 225-227). For å bruke sannsynlighet på en hensiktsmessig måte i risikoarbeid, er det viktig å ha kjennskap til hva de ulike fortolkningene av sannsynlighet uttrykker. Disse fortolkningene av sannsynlighet, vil bli gjennomgått nedenfor.

### 2.2.2 Fortolkninger av sannsynlighet

Det er ulike måter å forstå og tolke en sannsynlighet. Først vil noen utvalgte sannsynlighetsfortolkninger presenteres, før bruken av dem i en risiko og sikkerhetssammenheng vil bli presentert.

#### **Klassisk sannsynlighet**

Klassisk sannsynlighet er kun gyldig å bruke i situasjoner hvor man har et endelig antall utfall som er like sannsynlige (Aven, 2017). Sannsynligheten i en situasjon som dette, er lik antall utfall som fører til en hendelse, delt på det totale antall utfall. Matematisk kan dette uttrykkes ved følgende formel slik (Aven, 2017):

$$P(A) = \frac{\text{Antall utfall som resulterer i hendelsen } A}{\text{Totalt antall utfall}}$$

Et eksempel på bruk av klassisk sannsynlighet, kan være en situasjon hvor man studerer hendelsen å få tallet 3 på terningen på ett enkelt terningkast. Man har en situasjon hvor det er ett utfall som fører til tallet 3, av totalt 6 mulige utfall. De ulike utfallene har en lik sannsynlighet, altså like trolig at de inntreffer. Sannsynligheten for hendelsen er lik 1/6.

Bruken av klassisk sannsynlighet i en risiko og sikkerhetssammenheng, er tvilsom ettersom det i praksis er få situasjoner i virkeligheten hvor klassisk sannsynlighet kan bli rettferdiggjort. Det er i

praksis få situasjoner hvor man har et endelig antall utfall som er like sannsynlige, utenom spillsituasjoner (Aven & Reiners, 2012, s. 225). Dette kan illustreres med et eksempel. Man kan se for seg situasjonen hvor man vil studere sannsynligheten for en brann i en tunnel. En brann kan oppstå på flere ulike måter. I en slik situasjon har man ikke et bestemt antall utfall. De ulike måtene en brann kan oppstå på, har heller ikke lik sannsynlighet. For eksempel, kan det være ulik sannsynlighet for at en brann oppstår i en personbil og at en brann oppstår i en lastebil. I en slik situasjon som er beskrevet, er ikke klassisk sannsynlighet anvendbar.

### **Logisk sannsynlighet**

Slik Aven & Reiners (2012, s. 226) forklarer, er intensjonen med logisk sannsynlighet, at de skal uttrykke en form for et objektivt logisk forhold mellom proposisjoner. Dette involverer at dersom to personer har samme bakgrunnskunnskap, skal de ifølge logisk sannsynlighet, komme frem til den samme sannsynligheten for den vurderte situasjonen.

Bruken av logisk sannsynlighet i en risiko og sikkerhetssammenheng er tvilsom. Dette fordi, slik Aven (2014) forklarer, vil det alltid være elementer av subjektiv grad når man skal komme frem til en sannsynlighet, noe som gjør det problematisk å bruke logisk sannsynlighet.

### **Frekvenssannsynlighet**

En frekvenssannsynlighet blir brukt for å si noe om fraksjonen av ganger en hendelse vil inntreffe i det lange løp under like forhold. En frekvenssannsynlighet  $P_f(A)$  for en hendelse A, er matematisk definert som (Aven & Reiners 2012, s. 225):

$$P_f(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_A}{n}$$

Hvor  $n_A$  er antall ganger hendelsen A inntreffer og  $n$  antall ganger forsøket er utført. I følge Aven & Reiners (2012, s. 226), er modellen for frekvenssannsynlighet basert på store talls lov. Dette innebærer at  $\frac{n_A}{n}$  konvergerer mot en grense under gitte betingelser. Dette kan forstås med et enkelt eksempel. Tenk at man kaster en terning én gang. Mulig utfall er 1,2,3,4,5 eller 6. Om man kaster denne terningen, under samme forhold, et stort antall ganger, vil man se at gjennomsnittet av terningkastene vil nærme seg forventningsverdien sin som er 3,5.

Som Aven (2014) forklarer, er en frekvenssannsynlighet ukjent og må estimeres. Man får et estimat over den ukjente «sanne» verdien. Man kan da snakke om at det er knyttet usikkerhet til dette estimatet av denne «sanne» verdien.

Bruken av frekvenssannsynlighet i en risiko og sikkerhetssammenheng har noen utfordringer. En utfordring er knyttet til at ettersom frekvenssannsynlighet er basert på store talls lov, er man avhengig av et stort antall mulige utfall. Utfordringen er knyttet til at man vil studere en populasjon som er tilstrekkelig stor, men samtidig ha like forhold i populasjonen. Et eksempel som illustrerer dette, er hvis man studerer sannsynligheten for en spesifikk sykdom blant menn i Norge i alderen 40-50 år. Det antas at populasjonen som studeres tilsvarende 300 000 menn. Dette kan man betrakte som liknende forhold, med en tilstrekkelig stor populasjon, hvor store talls lov er oppfylt. Det er ikke opplagt at det faktisk er lignende forhold i populasjonen. Noen menn kan ha redusert immunforsvar, noe som gjør dem mer utsatt for sykdommen, mens en annen del av populasjonen kan ha sterk motstand mot sykdommen. Velger man å ta bort en del av populasjonen, som inkluderer dem som har redusert immunforsvar, kan man oppnå en mer lik populasjon, men da kan problemet være at populasjon igjen blir for liten til at store talls lov ikke er oppfylt. Disse problemene kan, som Aven & Reiners (2012, s. 226) forklarer, skape problemer når man bruker frekvenssannsynligheter.

### **Subjektiv sannsynlighet**

Subjektiv sannsynlighet  $P(A)$ , også kalt kunnskapsbasert sannsynlighet, uttrykker ifølge Aven (2015, s. 42), en persons grad av usikkerhet om hva utfallet av en hendelse  $A$  vil bli. Med andre ord, uttrykker det en persons vurdering om hva som vil skje. Ettersom subjektiv sannsynlighet knytter seg til en persons vurdering, gitt denne personens kunnskap, blir det feil å snakke om en korrekt verdi. Det står i kontrast til frekvenssannsynlighet, hvor man etter beste evne prøver å estimere en ukjent «sann» verdi. For subjektive sannsynligheter snakker man ikke om å estimere en verdi, man bruker heller ordet tildele. Disse ordene representerer følgelig metoden brukt for å komme frem til sannsynligheten. Som Aven (2014) forklarer, er det ingen usikkerhet knyttet til subjektiv sannsynlighet, man kan heller snakke om unøyaktighet til sannsynligheten. Dette knytter seg til at når man arbeider med små tall, kan det være vanskelig å spesifisere et tall som  $10^{-6}$  eller  $10^{-7}$ . Det kan også nevnes at man alltid kan tildele en subjektiv sannsynlighet.

Det eksisterer ulike fortolkninger når det gjelder subjektiv sannsynlighet. To av disse fortolkningene vil i det følgende bli presentert.

### **Fortolkning 1: Gambling fortolkning**

Ifølge Aven (2017), er en subjektiv sannsynlighet  $P(A)$  et uttrykk for hvor trolig en person vurderer at en hendelse vil inntreffe. En måte å forstå dette på, kan knyttes til fortolkningen som omhandler en gambling situasjon. Denne fortolkningen er ifølge Aven (2017), historisk sett, knyttet til subjektiv sannsynlighet. For å forklare hva som menes med denne fortolkningen, kan man tenke seg en situasjon hvor en person har tildelt en sannsynlighet på 0,2. Ifølge denne fortolkningen, kan man forstå det slik at personen som har tildelt sannsynligheten, ikke har noen preferanser, knyttet til det å spille et spill, hvor gevinsten er lik 1 hvis hendelsen  $A$  inntreffer og 0 hvis ikke, og det å motta en fast gevinst på 0,2 (Aven, 2017). Måten man kan spesifisere en slik sannsynlighet på, kan være gjennom å stille ulike spørsmål. Man spør for eksempel om en person er villig til å betale mer eller mindre enn 100 kroner. Om svaret er mindre, kan neste spørsmål være om man er villig til å betale mer eller mindre enn 50 kroner. Hvis svaret er mer, vet man at man er et sted mellom 50 og 100 kroner. Man fortsetter å stille disse spørsmålene til man finner det beløpet hvor personen ikke har noen preferanser mellom å motta gevinsten og spille spillet (Aven & Reniers, 2012, s. 227). På denne måten spesifiserer man sannsynligheten.

Når det gjelder fortolkning 1, gambling fortolkning, er det tilknyttet noen problemer. Det går ut på som Aven & Reniers (2012, s. 227) forklarer, at når man bruker en pengeverdi, får man et spørsmål om hvor betydningsfulle pengene er for personen. På denne måten får man en verdivurdering, og ikke en usikkerhetsvurdering, og dette er problematisk. Ettersom fortolkning 1 er problematisk å bruke, foreslås det i stedet å bruke fortolkning 2 som presenteres under.

### **Fortolkning 2: Med referanse til en usikkerhetsstandard**

Fortolkning 2 av subjektiv sannsynlighet, er med referanse til en usikkerhetsstandard. Som Aven & Reniers (2012, s. 228) forklarer, brukes typisk en urne modell som usikkerhetsstandard. Fortolkningen av subjektiv sannsynlighet vil, om man bruker urne modellen, være forstått slik at en person tildeler en sannsynlighet på for eksempel 0,1 for en hendelse. Personen sammenlikner sannsynligheten, som er tildelt for hendelsen, med å trekke én bestemt kule fra en urne som inneholder ti kuler. Et annet mer hverdagslig eksempel knyttet til bruk av denne

usikkerhetsstandard, kan være om en meteorolog uttrykker at hans eller hennes subjektive sannsynlighet for regn i morgen er 25%. Dette betyr at meteorologen er like sikker på regn i morgen, som å trekke en én rød kule fra en urne som inneholder fire kuler, hvor én av kulene er rød.

Som Aven (2014) forklarer, når man bruker urne modellen, sammenlikner man personens usikkerhet knyttet til om en hendelse finner sted, med en velkjent situasjon hvor man trekker en spesifikk kule fra en urne som inneholder et bestemt antall kuler. Man bruker en urne modell som en usikkerhetsstandard, siden de fleste mennesker har en følelse om hva en slik tilfeldig trekking av kuler uttrykker.

Om man bruker fortolkning 2 (referanse til en usikkerhetsstandard), oppnår man ifølge Aven & Reiners (2012, s. 230) å separere mellom usikkerhetsvurdering og verdivurdering, noe som er et problem om man bruker fortolkning 1. Aven & Reiners presiserer at fortolkning 2, er den foretrukne fortolkningen av subjektiv sannsynlighet.

### **2.3 Bakgrunnskunnskap**

Subjektiv sannsynlighet, også kalt kunnskapsbasert sannsynlighet, er basert på bakgrunnskunnskapen til personen som tildeler sannsynligheten. Man sier at sannsynligheten er betinget en viss bakgrunnskunnskap  $K$ . Dette er gjerne logisk og opplagt for de fleste personer, og man tenker gjerne bevisst eller ubevisst over at en sannsynlighet man tildeler er betinget en gitt bakgrunnskunnskap. Hvis man formelt skal uttrykke dette, kan man skrive:  $P(A | K)$ . Da angir man at sannsynligheten til hendelsen  $A$  er betinget bakgrunnskunnskapen  $K$  (Aven, 2017). Begrepet bakgrunnskunnskap inkluderer aspekter som informasjon, data, modeller, antagelser, ekspertvurderinger (Aven, 2015, s. 43).

At en sannsynlighet er betinget på en viss bakgrunnskunnskap, involverer at man kan ha den samme sannsynligheten for to ulike situasjoner, men med helt ulik bakgrunnskunnskap. Man kan for eksempel til den ene sannsynligheten ha sterk bakgrunnskunnskap, mens man i den andre situasjonen har svak bakgrunnskunnskap. Denne forskjellen i bakgrunnskunnskap, er ikke reflektert i sannsynlighetstallet i seg selv. Et dagligdags eksempel som kan illustrere dette, kan være en situasjon som inkluderer to syklistere som sykler på en lite opplyst sykkelvei. Hvis en trafiksikkerhetsekspert vil vurdere sannsynligheten for at syklistene blir påkjørt, vil gjerne

eksperten ha mest mulig informasjon eller bakgrunnskunnskap om både syklistene og om tilstanden til syklene deres. Anta at eksperten kun får tilgang til å undersøke den tekniske tilstanden til den ene sykkelen. Tilstanden blir vurdert til å være i topp stand, med blant annet fungerende bremses og lys. Eksperten får ikke mulighet til å undersøke tilstanden til den andre sykkelen, men antar at også tilstanden til denne sykkelen er forholdsvis lik den andre undersøkte sykkelen. Gitt disse vurderingene til eksperten, tildeler eksperten en sannsynlighet på 0,005 for at syklistene blir påkjørt. Anta at antagelsen om at lyset fungerer optimalt ikke stemmer for den sykkelen som ikke er blitt undersøkt. Lyset på denne personen sin sykkel er ustabil og kan plutselig slå seg helt av. Da er ikke syklisten lengre like synlig for trafikanter. Dette er en opplysning trafiksikkerhetseksperten ikke vet om. Man kan ha en situasjon hvor trafiksikkerhetseksperten tildeler samme sannsynlighet for begge tilfellene, men bakgrunnskunnskapen er sterk for den sykkelen som er blitt undersøkt, men svak for den andre. Dette kan påvirke hvor mye vekt det er naturlig å tillegge en sannsynlighet, når man skal ta en beslutning. En beslutning kan gjerne inkludere et trafiksikkerhetstiltak rettet mot syklister. Av dette enkle eksempelet, ser man viktigheten av også å angi bakgrunnskunnskapen til en sannsynlighet.

### **2.3.1 Metoder for å vurdere bakgrunnskunnskap**

Ettersom en subjektiv sannsynlighet alltid er betinget på en viss bakgrunnskunnskap, er det følgelig viktig å vurdere denne. Det vil i denne delen av oppgaven bli presentert metoder for å vurdere styrken på bakgrunnskunnskapen til en sannsynlighet. Det er mulig å kategorisere bakgrunnskunnskapen i tre kategorier; svak, medium og sterk. Nedenfor, vil det bli presentert noen punkter som gir indikasjoner på om bakgrunnskunnskapen er ansett som sterk eller svak. Bakgrunnskunnskapen er ansett å være medium hvis man er et sted mellom sterk og svak kunnskap. De følgende punktene som angir kunnskapsstyrken, er basert på arbeidet av Flage & Aven (2009, s. 14) og Aven (2015, s. 59). I følge dem, er bakgrunnskunnskapen ansett til å være svak om ett eller flere av punktene under er oppfylt:

- *«Forutsetningene som er gjort, representerer sterke forenklinger.*
- *Data/informasjon er ikke-eksisterende eller svært upålitelige/irrelevant.*
- *Det er stor uenighet blant eksperter.*

- *De fenomenene som er involvert er dårlig forstått, modeller eksisterer ikke, eller er kjent for/antatt å gi dårlige prediksjoner».*

Motsatt, er kunnskapen ansett for å være sterk dersom alle av de følgende punktene er oppfylt:

- *«Forutsetningene som er gjort, anses som svært rimelige.*
- *Store mengder pålitelig og relevant data/informasjon er tilgjengelig.*
- *Det er bred enighet blant eksperter.*
- *Fenomenene som er involvert, er godt forstått, og modellene som brukes er kjent for å gi prediksjoner med den nødvendige nøyaktighet.»*

Et av punktene, for å vurdere styrken av bakgrunnskunnskapen, som nevnes ovenfor, handler om forutsetningene som er gjort i arbeidet for å komme frem til sannsynlighetstallet. Et problem knyttet til forutsetningene som legges til grunn, er at viktige aspekter knyttet til risiko og usikkerhet kan bli holdt skjult. Et enkelt eksempel, som kan belyse hva som menes med forutsetninger i sammenheng med sannsynlighet, kan være en student som vurderer sannsynligheten for at han vil bestå eksamen. Studenten vil i en slik prosess, ved å tildele en subjektiv sannsynlighet, legge til grunn flere forutsetninger. Studenten kan forutsette at eksamen er basert på årets pensum og nødvendig informasjon og formler blir gitt sammen med eksamensoppgaven. Basert på disse forutsetningene, tildeler personen en sannsynlighet på 80% for at han vil bestå eksamen. Hvis det viser seg at noen av disse forutsetningene ikke er rimelige, vil det påvirke styrken av bakgrunnskunnskapen til sannsynligheten. Si at foreleseren velger å bruke eksamensoppgaver fra et tidligere års pensum, og disse oppgavene er basert på et pensum som ikke er tilsvarende det som er undervist dette året. Da holder ikke forutsetningene lenger. Ettersom det er svak bakgrunnskunnskap for sannsynligheten, kan det være problematisk for studenten å legge for mye vekt på sannsynligheten.

## **2.4 Forventningsverdi**

I arbeidet hos Statens vegvesen, og ellers i samfunnet, brukes forventningsverdier i stor grad. Som ordet tilsier, er en forventningsverdi en verdi man forventer. Man bruker for eksempel forventningsverdier når man regner ut forventet netto nåverdi og forventet antall omkomne. I en mer dagligdags sammenheng, bruker man forventningsverdier når man for eksempel snakker om forventet mengde regn i morgen.



Man kan regne ut en forventningsverdi ved å bruke denne formelen (Aven, 2015, s. 39):

$$\text{Forventet verdi} = E[C] = c_1 * P_1 + c_2 * P_2 + \dots$$

Hvor  $c_1$ ,  $c_2$  representerer konsekvensene for hendelsene 1 og 2, og  $P_1$ ,  $P_2$  representerer sannsynlighetene for hendelsene 1 og 2.

Som Aven (2015, s. 39) forklarer, er den vanligste fortolkningen av en forventningsverdi å betrakte den som et gjennomsnitt. En annen fortolkning, er at forventningsverdien uttrykker et tyngdepunkt i sannsynlighetsfordelingen. Hva disse to fortolkningene innebærer er litt forskjellig. Man ser fra formelen for forventet verdi, at sannsynlighet inngår i formelen. Om man refererer til tidligere beskrevet frekvenssannsynlighet, kan man, som Aven (2015) forklarer, tolke en forventningsverdi som et gjennomsnitt. Da må man, som tidligere nevnt, kunne gjenta forsøket hypotetisk sett et uendelig antall ganger under like forhold. Om sannsynlighetsleddet i formelen for forventet verdi tolkes som en subjektiv sannsynlighet, snakker man ikke om gjennomsnitt. I en slik situasjon snakker man heller om at en forventningsverdi uttrykker et tyngdepunkt i sannsynlighetsfordelingen.

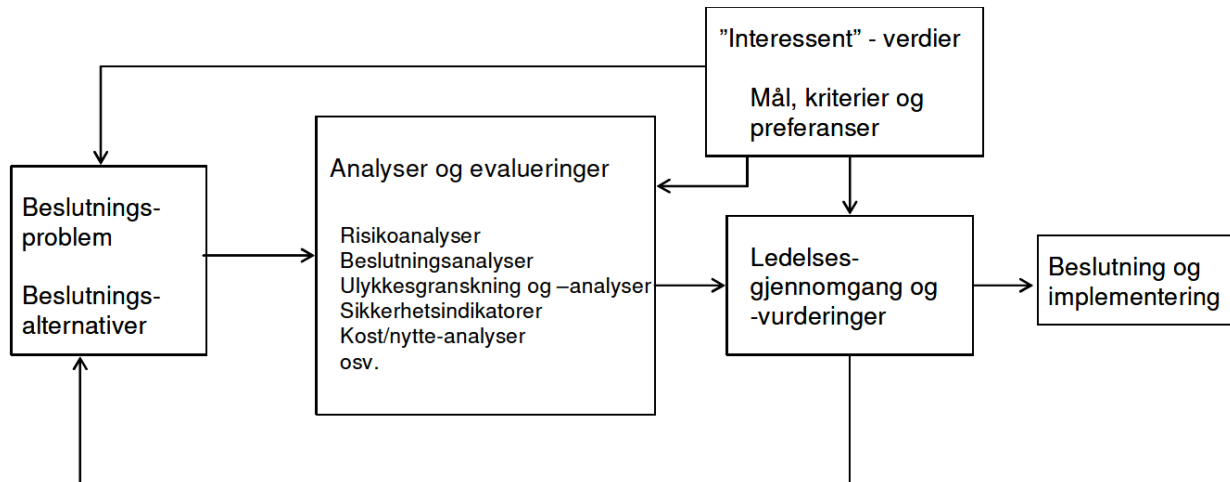
## **2.5 Beslutningsgrunnlag**

### **2.5.1 Introduksjon til beslutningsgrunnlag**

Et beslutningsgrunnlag er et grunnlag bestående av analyser og informasjon man utarbeider i den hensikt å ta en informert beslutning. En beslutning kan være så mangt, alt i fra å velge farge på huset sitt, til å velge utbyggingsløsning for en tunnel. Det er rimelig å anta at jo mer kompleks en beslutning er, jo mer informasjon er ønskelig og nødvendig for å fatte en velinformert beslutning.

Et beslutningsgrunnlag kan inneholde forskjellig informasjon og analyser. I seksjonene under, vil et utvalg av ulike analysemetoder bli presentert. Figuren under viser en modell for beslutningstaking under usikkerhet. Som det er mulig å se av figuren, er startpunktet for beslutningsprosessen et beslutningsproblem, hvor man gjerne kan velge mellom ulike beslutningsalternativer. De ulike beslutningsalternativene skal etter best mulig evne oppfylle mål og krav som er satt. Videre utfører man forskjellige analyser og evalueringer. Eksempler på disse analysene kan være risikoanalyser, beslutningsanalyser, ulykkes gransking og –analyser, sikkerhetsindikatorer og kost-nytte analyser. Disse analysene og evalueringene, gir et grunnlag

for ledelsesgjennomgang og vurderinger, hvor man sorterer og velger ut alternativer, som en videre skal arbeide med (Aven, 2015, s. 18). Som man kan se av figuren, er siste steg beslutning og implementering. Her tar altså beslutningstaker en beslutning.



Figur 2: Modell for beslutningstaking under usikkerhet (Aven, 2003)

## 2.5.2 Ulike analysemetoder for beslutningsgrunnlag

Under beslutningstaking under usikkerhet, har man ulike analysemetoder å velge blant. Noen av disse analysene vil bli presentert i denne delen av oppgaven.

### Kost-nytte analyse

Kost-nytte analyse er en analysemetode som kan brukes for å systematisere fordeler og ulemper som er knyttet til forskjellige løsninger og tiltak (Aven, 2015, s. 82). Disse fordelene og ulempene blir uttrykt i pengeverdi. Markedsverdier er enkelt å overføre til pengeverdi siden det representerer samfunnets villighet til å betale, mens ikke-markedsverdier er vanskeligere å overføre til pengeverdi (Abrahamsen, Asche & Aven, 2011, s. 71). I en kost-nytte analyse, beregner man forventet nåverdi. Det gjør man fordi effektene av et tiltak kan strekke seg over lengre tidsperioder. Si at man bygger en undersjøisk tunnel, da vil gjerne plan- og bygge perioden strekke seg over en betraktelig tidsperiode. Det blir da viktig å kunne neddiskontere alle kostnader og inntekter tilbake til et basisår. Man kan beregne forventet nåverdi med følgende formel (Aven, Røed & Wiencke, 2008, s. 45):

$$NV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{a_t}{(1+i)^t}$$

Hvor  $I_0$  er den umiddelbare investeringskostnaden,  $a_t$  er kontantstrømmen ved tidspunktet  $t$ , og  $i$  er diskonteringsrenten.

### **Kost-effektivitetsanalyse**

Kost-effektivitetsanalyse og kost-nytte analyse kan relateres på mange vis. Forskjellen er knyttet til at i kost-nytte analyse, kalkulerer man en forventet gevinst i pengeverdi, mens i kost-effektivitetsanalyse beregner man effektivitetsstørrelser. For eksempel, beregner man forventet kostnad per forventet antall liv spart (Aven, 2015, s. 83). Et eksempel på dette, kan være hvis man tenker seg et trafikksikkerhetstiltak på en veistrekning som involverer oppgradert belysning til en kostnad på 1 million kroner. Analyser viser at forventet nytte av tiltaket er at man kan spare 0,2 liv i løpet av en gitt tidsperiode. Man får et kost-nytte forhold tilsvarende  $1/0,2=5$  millioner kroner. I følge Aven et al (2008, s. 45), kalles ofte denne verdien for avledet verdi for et statistisk liv. Videre kan man sammenlikne denne verdien med gitte referanseverdier, for eksempel statistisk verdi av et liv. En normal verdi for et statistisk liv er rundt 30 millioner kroner (Det Kongelige Finansdepartement, 2014, s. 4). Ved å sammenlikne denne verdien med verdien man har regnet ut, får man et inntrykk hvor effektivt tiltaket er. Dette gir også en oversiktlig måte å sammenlikne effekten av ulike tiltak på.

### **ALARP-prinsippet**

ALARP-prinsippet («as low as reasonably practicable»), er et prinsipp som angir at risikoen skal reduseres så langt som praktisk mulig. Aven et al. (2008, s. 46) forklarer at ALARP-prinsippet innebærer at man vurderer nytten av å innføre tiltaket mot kostnaden ved å innføre tiltaket. ALARP-prinsippet innebærer omvendt bevisbyrde. I dette ligger det, at et tiltak skal implementeres såfremt det kan dokumenteres at kostnadene står i urimelig misforhold til nytten av tiltaket. Videre må man vurdere hva som skal kvalifiseres til å være et urimelig misforhold. At et tiltak skal implementeres såfremt kostnaden ikke er i urimelig misforhold til nytten, viser at ALARP-prinsippet er et prinsipp som støtter investeringer i sikkerhet og risikoreducerende tiltak. Urimeleg misforhold involverer at ulempen, som inkluderer kostnader og tap av tid, knyttet til implementeringen av et tiltak skal være større enn nytten hvis en skal bestemme seg for å ikke implementere tiltaket. Man må bestemme hva som er å anse som at kostnaden er større enn nytten, og det er ikke alltid like lett. I noen tilfeller bruker man kost-nytte for å verifisere ALARP. Da kan man definere kostnadene i urimeleg misforhold i forhold til nytten av et tiltak

om kostnadene er et gitt antall ganger større ( $n$ ) enn nytten oppnådd.  $n$  vil da være urimelig misforhold faktoren. Matematisk kan dette ifølge Chinnusamy (2016, s. 15) bli uttrykket som:

$$\frac{E[C]}{E[X]} > 1 * n$$

Hvor  $E[C]$  representerer forventet kostnader,  $E[X]$  forventet nytte og  $n$  er urimelig misforhold faktoren.

### **Forsiktighetsprinsippet**

Forsiktighetsprinsippet kan forstås på følgende måte (Aven, 2015, s. 103): «*En grunnleggende norm eller regel innen risikostyring er forsiktighetsprinsippet, som sier at forsiktighet skal være et rådene prinsipp når det er usikkerhet knyttet til hva som blir konsekvensene (utfallene)*». I det ligger det, at når det er usikkerhet knyttet til hva som blir konsekvensene, skal man være forsiktig. Å være forsiktig innebærer for eksempel å innføre risikoreducerende tiltak. Som Sørskår & Abrahamsen (2017, s. 630) forklarer, er forsiktighetsprinsippet basert på anerkjennelsen av at enhver analyse har begrensninger, og ikke gir et bestemt svar når det gjelder hvilken beslutning som er riktig. Analyser gir ikke objektive resultater, og som Aven (2016) beskriver, involverer det å være forsiktig, at man reflekterer over at analyser ikke gir objektive resultater. I det ligger det også at man ikke bør vektlegge analyser mer enn det som metodene kan forsvare. Begrensninger knyttet til analysene, inkluderer at ikke alle aspekter knyttet til risiko og usikkerhet nødvendigvis blir belyst. Slik som Aven (2016) forklarer, innebærer forsiktighetsprinsippet at man skal iverksette tiltak eller ikke gjennomføre en aktivitet, dersom det er knyttet usikkerhet til hva som blir konsekvensene av en aktivitet.

Et hypotetisk eksempel som illustrerer hvordan forsiktighetsprinsippet kan anvendes i Statens vegvesen, kan være en undersjøisk tunnel. Man studerer hendelsen en brann i en tankbil midt i tunnelen, og vurderer om man skal innføre risikoreducerende tiltak. Et spesifikt risikoreducerende tiltak som vurderes er å oppgradere ventilasjonssystemet for å håndtere en røyk fra en brann. Sannsynligheten for en slik hendelse blir vurdert som lav. Dette baseres på at det har vært få slike hendelser i den aktuelle tunnelen. Konsekvensene knyttet til en slik hendelse blir vurdert som å være i kategorien høy. Dette begrunner man med at det er høy ÅDT i tunnel, tunnelgeometri, kjøretøymiks og at tunnelen er en ettløpstunnel med begrenset evakueringsmuligheter. Ventilasjonssystemet er også utdatert, og tunnelen er generelt dimensjonert for en betraktelig

lavere ÅDT. En vurdering av usikkerheten knyttet til situasjonen blir vurdert til å være høy. Dette baseres blant annet på at det er uenighet blant eksperter på tunnelsikkerhet knyttet til hva utfallet av en brann i tunnel vil bli. Noen eksperter argumenterer med en endret kjøretøymiks, som involverer flere tunge kjøretøy etter en nyoppstartet bedrift har etablert seg i nærheten av tunnelen. Denne ny oppstartede bedriften transporter et material som under en brann avgir store røykmengder. Hva dette vil ha å si for utfallet av brann i den aktuelle tunnelen, har man lite data for, og stor usikkerhet. En kost-nytte analyse for det risikoreduerende tiltaket, oppgradering av ventilasjonssystemet, blir vurdert til å være for kostbart, basert på forventede dødsfall og hardt skadde. Forventningsverdien blir lav grunnet lav sannsynlighet for hendelsen. Om man velger å legge til grunn forsiktighetsprinsippet i en slik situasjon, kan man rettferdiggjøre å implementere risikoreduerende tiltak med henvisning til forsiktighetsprinsippet. Da anerkjenner man at dette er en situasjon som involverer høy usikkerhet til hva som blir konsekvensene. Man er forsiktig, og anerkjenner at analysene som er utført ikke belyser alle aspekter knyttet til risiko og usikkerhet.

### **Føre-var prinsippet**

Føre-var prinsippet kan ses på som en versjon av forsiktighetsprinsippet. Føre-var prinsippet kan forstås på følgende måte (Aven, 2015, s. 104): *«Føre-var prinsippet er et prinsipp som innebærer at tiltak skal iverksettes, eller at en ikke skal gjennomføre en aktivitet dersom det er betydelig vitenskapelig usikkerhet (uvitenhet) knyttet til konsekvensene av aktivitetene, og disse konsekvensene anses som alvorlige».*

Et eksempel på hvordan et føre-var prinsipp tankesett kunne vært anvendt i en trafikalsammenheng, kan knytte seg til bruk av piggdekk. På 1960-tallet ble piggdekk for første gang satt i produksjon (Toldnes, 2009). Da var det få som hadde kjennskap eller fokus på de negative virkningene knyttet til helseskadelig luftforurensing piggdekk førte med seg. Man hadde ikke god nok kjennskap til konsekvensene, og det er nok rimelig å si at det var betydelig vitenskapelig usikkerhet. Med et føre-var tankesett, er det mulig at man ikke ville tillatt piggdekk i utstrekning som man gjorde, siden det var knyttet vitenskapelig usikkerhet til konsekvensene.

### **Risikovurderinger**

Når det gjelder risikovurderinger, står det i Håndbok V721: Risikovurdering i Vegtrafikken (Vegdirektoratet, 2007, s. 10): *«En vurdering av risiko er en del av et beslutningsgrunnlag. Det*

*vil som regel også være andre viktige hensyn å ta som økonomi, fremkommelighet, estetikk osv. Ofte kan man ikke velge en løsning helt uten risiko for alvorlige ulykker. Hensikten med en risikovurdering er derfor ikke å gi svar på hvilken løsning som skal velges, men å gi grunnlag for et bevisst valg av risiko. Beslutningstakeren skal få nødvendig kunnskap til å gjøre et kompetent valg».*

Betydning og innhold i begrepet risikovurderinger brukes og tolkes litt annerledes av forskjellige aktører. I denne masteroppgaven, forstås risikovurdering som å bestå av risikoanalyse og risikoevaluering (Aven et al., 2008, s. 20)

$$\text{Risikoanalyse} + \text{Risikoevaluering} = \text{Risikovurdering}$$

Hva som ligger i risikoanalyse vil nærmere bli forklart i seksjonen under. Risikoevaluering går ut på at man evaluerer resultatene fra risikoanalysen. Man evaluerer om risikoen er for høy, eller om den er akseptabel. Hvis risikoen er for høy, må gjerne tiltak iverksettes.

Statens vegvesen har sin egen forståelse av risikovurderinger. I Håndbok V721:

Risikovurderinger i vegtrafikken, forstår man risikovurdering som (Vegdirektoratet, 2007, s. 6):

*«I denne veilederen brukes begrepet risikovurdering fremfor risikoanalyse. Med risikovurdering mener vi en fleksibel og kvalitativ måte å vurdere risiko på, mens risikoanalyse ofte forbindes med bestemte kvantitative metoder for ekspertvurderinger».* Man ser at denne forståelsen av risikovurdering skiller seg ut fra forståelsen av at risikovurdering består av risikoanalyse og risikoevaluering. I forståelsen av risikovurdering, bestående av risikoanalyse og risikoevaluering, ser man at risikoanalyse er en del av risikovurderingen, mens SVV sin definisjon skiller mellom dem, slik at risikovurdering ikke inkluderer risikoanalyse. Hvis ikke annet er angitt, vil definisjonen av risikovurdering som dekker både risikoanalyse og risikoevaluering, brukes i denne oppgaven.

Risikovurderinger gjennomføres i Statens vegvesen. Et annet spørsmål, enn når man skal gjennomføre en risikovurdering, er hvor omfattende den skal være. I følge Håndbok V721: Risikovurderinger i vegtrafikken (Vegdirektoratet, 2007, s. 14), står det følgende om hvor omfattende risikovurderinger bør være: *«omfanget av vurderingen tilpasses prosjektets størrelse og kompleksitet og beskrives i prosjektets kvalitetsplan. Enkle prosjekter med kjent, god effekt behøver bare en enkel gjennomgang på første plannivå og senere vurderinger av eventuelle*

*endringer. For mer kompliserte prosjekter eller nye løsninger med usikker effekt, gjennomføres det gradvis med detaljerte risikovurderinger på alle plannivåer.»*. Det vil i denne oppgaven, bli presentert en alternativ måte, for å avgjøre hvor omfattende en risikovurdering bør være.

Metoden som presenteres bygger til en viss grad på samme tankesett, at jo mer komplisert prosjektet er, jo mer detaljerte vurderinger bør gjennomføres. Men metoden som presenteres skiller seg ut, blant annet ved at den er mer strukturert.

Slik som Aven et al. (2017, s. 56) forklarer, kan valg av risikovurderingsmetode påvirke både form og innhold av det risikobildet som presenteres. Det er derfor viktig å ta et bevisst valg av metode for risikovurdering. Når man skal velge metode for risikovurderinger, er det flere faktorer som man bør ta hensyn til. Noen av disse faktorene nevnes av Wiencke (2009):

- *«Beslutningsproblem*
- *Systemets betydning*
- *Systemets kompleksitet*
- *Tilgang på informasjon*
- *Ressurssituasjon»*

## **Risikoanalyse**

En risikoanalyse skal få frem et risikobilde, den skal kartlegge og beskrive risiko (Aven et al. 2008, s. 13). En risikoanalyse skal identifisere initierende hendelser. En initierende hendelse kan være en fare, trussel eller mulighet (Aven et al. 2008, s. 13). Videre, inneholder en risikoanalyse årsaksanalyse og konsekvensanalyse. I en årsaksanalyse analyser man hvilke årsaker som fører til en initierende hendelse, mens i en konsekvensanalyse ser man på konsekvensene av den initierende hendelsen. Et eksempel som illustrerer hva som menes med initierende hendelse, årsaksanalyse og konsekvensanalyse, kan være en situasjon hvor den initierende hendelsen er en brann i en veitunnel. En årsaksanalyse kan for eksempel avdekke at en årsak kan være overopphetede bremsere i et vogntog. En konsekvensanalyse kan avdekke at konsekvensen kan være to omkomne.

I Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert) av Vegdirektoratet (2007a) defineres en risikoanalyse som: *«Systematisk bruk av tilgjengelig informasjon for å kartlegge farer og vurdere risiko»*. I veilederen forklares det at man gjennomfører en risikoanalyse for å være i stand til å

fatte bevisste beslutninger med hensyn til sikkerhet. Det forklares videre, at en risikoanalyse ikke gjennomføres for å tilfredsstille et krav i regelverket.

Man kan bruke risikoanalyser for å gi beslutningsstøtte til ulike situasjoner. Utfallet av risikoanalyser kan være nyttige for å vurdere hva som er akseptabel risiko, og om tiltak for å redusere risikoen må iverksettes. Man kan for eksempel gjennomføre en risikoanalyse for en veitunnel. Man kan så sammenlikne resultatene fra risikoanalysen med et definert nivå for akseptabel risiko. Finner man ut at risikoen er for høy, må tiltak iverksettes. Et slikt tiltak for å redusere risikonivået i tunnel, kan være å sette ned fartsgrensen i tunnelen eller å oppgradere belysning eller ventilasjonsanlegg.

Det eksisterer ulike metoder for identifikasjon av initierende hendelser, årsaksanalyser og konsekvensanalyse. Aven et al. (2008, s. 56) nevner teknikker for å identifisere initierende hendelser. Det nevnes blant annet: HAZOP, FMEA, SWIFT, sjekklister og idédugnad. Med tanke på årsaksanalyser, kan man for eksempel bruke feiltreanalyse, og for konsekvensanalyse kan man bruke hendelsestreanalyse. HAZID (HAZard IDentification) er også en metode for å identifisere initierende hendelser. HAZID brukes i Statens vegvesen.

Aven et al. (2008, s. 14) forklarer at en måte å kategorisere risikoanalysemetoder på, er å dele inn i tre analysemetoder. De angir tre metoder: forenklet risikoanalyse, standard risikoanalyse og modellbasert risikoanalyse. De angir også en tabell som nærmere beskriver kategoriseringen av risikoanalysemetoden. Under vises denne tabellen, som er basert på arbeid av Aven et al. (2008, s. 15):

<i>Hovedkategori</i>	<i>Fremgangsmåte</i>	<i>Beskrivelse</i>
<i>Forenklet risikoanalyse</i>	<i>Kvalitativ</i>	<i>Forenklet risikoanalyse er en uformell fremgangsmåte som kartlegger risikobildet ved hjelp av idédugnad og gruppediskusjoner. Risikoen vil kunne presenteres på en grov skala, for eksempel liten, moderat, stor. Det gjøres ikke bruk av formaliserte risikoanalysemetoder.</i>
<i>Standard risikoanalyse</i>	<i>Kvalitativ eller kvantitativ</i>	<i>Standard risikoanalyse er en mer formalisert fremgangsmåte der det benyttes anerkjente risikoanalysemetoder, for eksempel HAZOP og</i>



		<i>grovanalyse. Ofte brukes risikomatriser til å fremstille resultatene.</i>
<i>Modellbasert risikoanalyse</i>	<i>Primært kvantitativ</i>	<i>Modellbasert risikoanalyse bruker teknikker som for eksempel hendelsestreanalyse og feiltreanalyse til å beregne risiko.</i>

*Tabell 1: Kategorisering av risikoanalysemetoder*

### 2.5.3 Beslutningsgrunnlag i Statens vegvesen

I denne delen av oppgaven, vil det ses nærmere på hvilket beslutningsgrunnlag som utarbeides i Statens vegvesen. I Håndbok V721: Risikovurderinger i vegtrafikken (Vegdirektoratet, 2007, s. 7), angis analysemetoder som brukes i trafikkikkerhetsarbeid. Man skiller i inndelingen mellom eksisterende veier, planlagte veier og tunneler. Tabellen under viser disse ulike analysemetodene for de ulike veitypene.

<b><i>Eksisterende veier</i></b>	<b><i>Veiplaner</i></b>	<b><i>Tunneler</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Statistisk ulykkesanalyse</i></li> <li>- <i>Forventet skadegradstetthet</i></li> <li>- <i>Dybdeanalyser av dødsulykker</i></li> <li>- <i>Trafikkikkerhetsinspeksjon</i></li> <li>- <i>Utbedring av ulykkesbelastede punkter og strekninger «black-spot» -utbedring</i></li> <li>- <i>Risikovurdering</i></li> <li>- <i>Barriereanalyse</i></li> <li>- <i>Effektberegning</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Risikovurdering</i></li> <li>- <i>Trafikkikkerhetsrevisjon</i></li> <li>- <i>Effektberegning</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Risikoberegning</i></li> <li>- <i>Risikovurdering</i></li> <li>- <i>Risikoanalyse</i></li> <li>- <i>Trafikkikkerhetsinspeksjon (eksisterende tunnel) eller trafikkikkerhetsrevisjon (planlagt tunnel)</i></li> </ul>

*Tabell 2: Ulike analysemetoder for eksisterende vei, planlagt vei og tunneler*

I plan- og utbyggingsprosjekter, arbeider man med risiko på flere måter, og mange ulike verktøy brukes for å ivareta både sikkerheten og kvaliteten under bygging og bruk av veianlegg. Av Statens vegvesen (2016, s. 6) skrives det at det ligger mange risikoanalyser, risikovurderinger og

erfaringer i bunn i de diverse håndbøkene. Når man arbeider med et prosjekt i Statens vegvesen blir det utført diverse risikokartleggingsprosesser og kvalitetssikrings verktøy og prosesser som (Statens vegvesen, 2016, s. 6):

- Prosjektstyringsdokument
- Risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse)
- Plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA-plan)
- Trafikksikkerhetsrevisjon
- Sikker-jobb-analyser i byggefasen
- Risikovurderinger gjennom planprosessen
- Risikovurderinger i byggeplanfasen

Når det gjelder risikovurdering i Statens vegvesen skriver Arild Nærum (2015) at risikovurderinger i Statens vegvesen anvendes når:

- *«Prosjektet ligger på TEN-T vegnettet*
- *Løsningen er utradisjonell*
- *Løsningen ikke er i tråd med krav i vegnormalene (grunnlag for å søke om fravik)*
- *Vi skal velge mellom flere ulike alternativer*
- *Vi skal oppgradere en eksisterende løsning og ønsker å finne fram til de tiltakene som vil gi størst risikoreduksjon»*

Videre, skriver Arild Nærum (2015) at Statens vegvesen stort sett anvender kvalitative metoder (grovanalyse/Hazid), og at i noen tilfeller konkluderer grovanalysene med at det er behov for mer detaljerte analysemetoder.

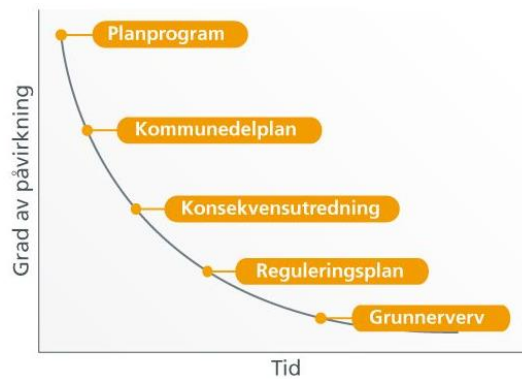
Slik det forklares i håndboken V712 Konsekvensanalyser (Vegdirektoratet, 2018, s. 62), knyttet til hvor omfattende ROS-analyse skal være, må disse tilpasses den aktuelle planprosessen og plantypen. Det forklares også at ROS-analysene heller ikke bør gjøres mer omfattende enn nødvendig. Det deles inn i tre ulike analysetyper: grovanalyse (nivå 1), forenklet analyse (nivå 2) og detaljert analyse (nivå 3). Fra V712 Konsekvensanalyser (Vegdirektoratet, 2018, s. 62), står det dette om de ulike analysene:

- *«Grovanalyse: Er en enkel ROS-analyse for å identifisere hvilken risiko og sårbarhet som finnes og som kan påvirke valg av løsning. Dette er en kvalitativ analyse. Analysen skal peke på de utfordringer som finnes og hvilke løsningsalternativer som eventuelt krever grundigere analyser. En analyse på nivå 1 vil ofte være tilstrekkelig til å kunne vurdere alternativer opp mot hverandre på KVVU-nivå.»*
- *Forenklet analyse: Er en utvidet ROS-analyse som følger opp analysen fra grovanalysen, eksempelvis der det ikke finnes datagrunnlag nok for å kunne foreta et valg eller der valg av alternativer er betinget av at det gjennomføres grundigere analyse for å ivareta særskilte risikomomenter. Dette er en kvantitativ analyse som er det normale for kommunedelplan (og reguleringsplan).*
- *Detaljert analyse: Er en spesiell ROS-analyse som kan anvendes for vurdering av særskilte risikomomenter ved valgt løsning. For deler av planen kan en detaljert analyse være aktuell, f.eks. en tunnelstrekning, en bro osv.»*

Man ser av punktene ovenfor, at detaljeringsgraden av analysen som utføres, er koblet opp mot planstadiet man befinner seg i.

I seksjonene ovenfor, er ulike analyser innenfor et beslutningsgrunnlag definert på en generell basis, og knyttet til analyser brukt i Statens vegvesen. Når det gjelder beslutningsgrunnlaget, er det i denne oppgaven, valgt å legge fokus på risikovurdering og økonomisk perspektiv, hvor økonomisk perspektiv knytter seg til forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet.

Ser man på hvordan prosjekter planlegges og prioriteres i Statens vegvesen, står nasjonal transportplan sentralt (NTP). Når man planlegger et større utbyggingsprosjekt i Statens vegvesen som er omtalt i NTP, må prosjektet gjennom flere runder med planlegging. Figuren under, illustrerer planprosessen et større utbyggingsprosjekt gjennomgår (Statens vegvesen, 2014). Detaljeringsgraden til planene øker med tanke på hvor langt i planleggingsprosessen man er kommet.



Figur 3: De ulike planprosessene i et større utbyggingsprosjekt (Statens vegvesen, 2014)

## 2.6 Kategorisering av prosjekter

I denne delen av oppgaven, vil det belyses hvordan man kan dele inn veiprojekter basert på risikonivå. Det vil presenteres metoder for valg av risikovurderingsmetoder som brukes i Statens vegvesen i dag, men det vil også presenteres alternative metoder for valg av risikovurderingsmetoder som ikke brukes i vegvesenet. Det vil senere i oppgaven undersøkes om dette er metoder som kan overføres med hell til Statens vegvesen.

### Presentasjon av Statens vegvesens prosjektkategorier

Relevant litteratur for denne oppgaven inkluderer flere artikler og litteratur fra både Statens vegvesen og andre forfattere. Av litteratur fra Statens vegvesen, foreslås det i håndbok V721 Risikovurdering i vegtrafikken (Vegdirektoratet, 2007, s. 50) ulike analysemetoder i trafiksikkerhetsarbeidet. Dette er med andre ord innspill til beslutningsgrunnlaget. I håndboken skiller man mellom eksisterende veier, planlagte veier og tunneler. Man husker fra tabell 2, at det brukes ulike analysemetoder avhengige av veitypen. Da er det type vei som avgjør hvilket beslutningsgrunnlag som utarbeides.

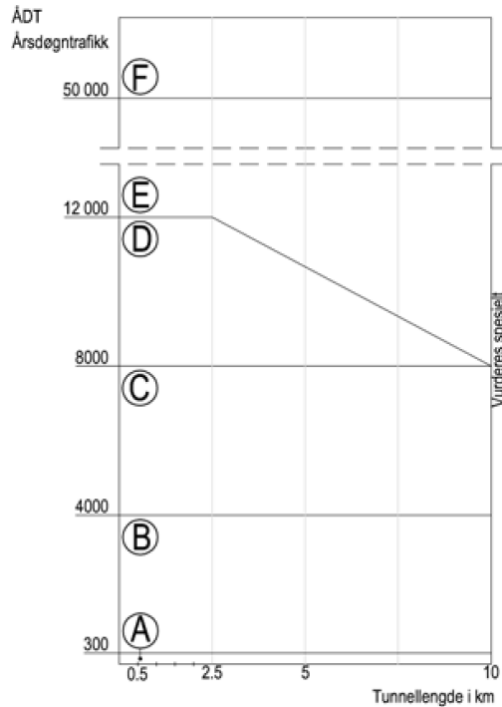
For denne masteroppgaven, er det interessant å undersøke hvordan Statens vegvesen kategoriserer sine prosjekter. I Håndbok N100: Veg- og gateutforming (Vegdirektoratet, 2014b, s. 34), presenteres en inndeling av vei i ulike dimensjoneringsklasser. Tabellen under illustrerer disse dimensjoneringsklassene. Tabellen viser at det deles inn i ni ulike dimensjoneringsklasser, H1-H9. Hvor H9 representerer den høyeste dimensjoneringsklassen. Man ser at det skilles mellom nasjonale hovedveier og øvrige hovedveier. Videre, ser man at de ulike

dimensjoneringsklassene dimensjoneres med hensyn til ÅDT og fartsgrense. De ulike dimensjoneringsklassene brukes blant annet for å avgjøre veistandarden.

ÅDT	< 1500			1500 - 4 000			4 000 - 6 000		6 000 - 12 000		12 000 - 20 000			> 20 000				
Fartsgrense [km/t]	50	60	80	90	50	60	80	90	60	80	60	90	60	80	100	60	80	100
Nasjonale hovedveger		H1	H2	H3		H1	H2	H3	H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
-vegbredde [m]		7,5	8,5	8,5		7,5	8,5	8,5	8,5	10	8,5	12,5	16	20	20	16	20	23
Øvrige hovedveger		H1	H <sub>0</sub> 1			H1	H <sub>0</sub> 2		H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
-vegbredde [m]		6,5	6,5			6,5	7,5		8,5	10	8,5	12,5	16	20	20	16	20	23
Samleveger	Sa1		Sa3		Sa2		H <sub>0</sub> 2											
-vegbredde [m]	6/5,5		4/6,5		5,5/6		7,5											
Atkomstveger		A1/A2/A3																
-vegbredde [m]		3,5 – 7																

Figur 4: Dimensjoneringsklasser (Vegdirektoratet, 2014b, s. 27)

Fra Håndbok N500: Vegtunneler (Vegdirektoratet, 2016, s. 27) er det angitt at for tunneler, deler man inn i ulike tunnelklasser. Disse tunnelklassene er basert på trafikkmengde (ÅDT) og tunnellengde. Figuren under viser disse tunnelklassene. Man ser fra figuren at man deler inn i seks ulike tunnelklasser, A-F. Hvor F representerer den høyeste tunnelklassen. Tunnelklassene brukes for å bestemme kravene knyttet til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning i tunneler over 0,5 km.



Figur 5: Tunnelklasser (Vegdirektoratet 2016. 34)

Når det gjelder tunneler i Statens vegvesen, gis det i veilederen «*Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert)*» av Vegdirektoratet (2007a, s. 10), en beskrivelse av hvilke risikoanalyser man skal bruke til ulike formål. I veilederen tar de opp tre ulike typer risikoanalyser: grov risikovurdering, detaljert risikoanalyse og TUSI beregning/statistisk risikoberegning. I veilederen angis en tabell for valg av risikoanalyse for tunneler med ÅDT over 4000. Under kan man se denne tabellen.

Tunneltype	Stigningsgrad	Lengde i km	TUSI-beregning	Grov risikovurdering	Detaljert risikoanalyse
Ett- og toløps tunneler	0 – 5 %	0,5 – 1,0	X	X	(X)
		1,0 – 5,0	X	X	(X)
		Over 5,0	X	(X)	X
	Over 5 %	0,5 – 1,0	X	X	
Over 1,0		X	(X)	X	
Undersjøiske tunneler	0 – 10 %	Uansett lengde	X	(X)	X
Av- og påkjøringsrampe i tunnel	Uansett stigningsgrad	Uansett lengde	X	(X)	X

Tabell 3: Tabell for valg av risikoanalyser for tunneler (Vegdirektoratet, 2007a. 10)

Fra tabellen kan man se symbolene X, **X** og (X). X angir at TUSI beregning (TUSI er programverktøy for beregning av brann- og trafikkulykke frekvenser i vegtunneler) alltid skal foreligge før en risikoanalyse gjennomføres for tunneler lengre enn 0,5 km (Vegdirektoratet, 2007a, s. 10). **X** angir hovedvalg av metode, mens (X) angir metoder som kan være nødvendig supplement. Basert på tabellen, ser man at kriterier som avgjør valg av risikoanalysemetode er type tunnel, stigningsgrad og lengde. Trafikkmengde er ikke tatt hensyn til utover at tabellen gjelder for tunneler over 4000 i ÅDT. Det forklares videre i veilederen, at særskilte forhold ved tunnelen også kan spille inn ved valg av analysemetode. Eksempler på slike spesielle forhold kan være Vegdirektoratet (2007a, s. 10):

- *«Spesielle konstruksjoner*
- *Stigningsgrad mellom 3% og 5%*
- *Skarp kurvatur*
- *Lokale klimatiske forhold*
- *Andel tungtrafikk > 15%*
- *Frakt av farlig gods utover det normale*
- *Høyt fartsnivå i forhold til skiltet hastighet*
- *Store variasjoner i trafikkmengde over året, uka eller døgnet*
- *Fotgjengere, syklistene eller mopedister i tunnelen*
- *Dyr i tunnelen*
- *Spesielle beredskapsmessige forhold*
- *Tunnelens kompleksitet for trafikantene»*

Man ser ved å også vurdere spesielle forhold, får man en mer subjektiv vurdering med tanke på valg av risikoanalyse som skal gjennomføres.

I veilederen gis det forklaring på hva som menes med grov risikovurdering og detaljert risikovurdering. Når det gjelder detaljert risikovurdering, forklares det i veilederen, at man kan bruke forskjellige metoder, noen av dem som nevnes er feiltreanalyse, hendelsestreanalyse og bayesianske nettverk. Figuren under viser hvordan en grov risikovurdering kan gjennomføres:



Figur 6: Gjennomføring av grov risikovurdering (Vegdirektoratet, 2007, s. 15)

## Presentasjon av alternative inndelinger i prosjektkategorier

Det er ikke kun Statens vegvesen som presenterer relevant litteratur for inndeling av prosjekter. En artikkel som presenterer et rammeverk for valg av risiko- og sårbarhetsanalyser, vil bli presentert nedfor.

I artikkelen *A framework for selection of methodology for risk and vulnerability assessments of infrastructures depending on information and communication technology* av Wiencke, Aven & Hagen (2006), presenteres et rammeverk for valg av risiko- og sårbarhetsanalyser. I følge dem, er målet med rammeverket å bidra til å velge «korrekt» metode for risiko- og sårbarhets vurderinger. I artikkelen forklares det at klassifikasjonsprosessen som presenteres, består av to hovedpunkter:

- Klassifikasjon av beslutningsproblemet og valg av metode
- Valg av spesifikk metode

Videre kategoriserer Wiencke et al. (2006, s. 2299) vurderingsmetodene man har tilgjengelig, inn i tre grupper:

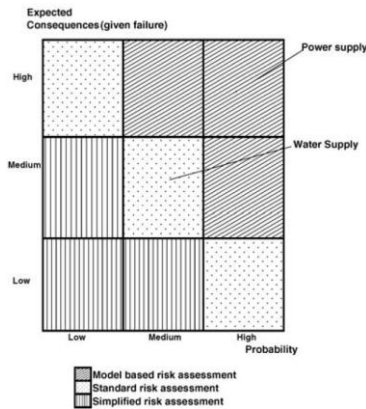
- Forenklet risikovurdering
- Standard risikovurdering
- Modellbasert risikovurdering



I artikkelen gjennomgås en metode for hvordan man kan klassifisere beslutningsproblemene samt velge metode. I artikkelen presenteres tre viktige faktorer for valg av metodikk, de grupperes i tre hovedkategorier (Wiencke et al., 2006, s. 2300):

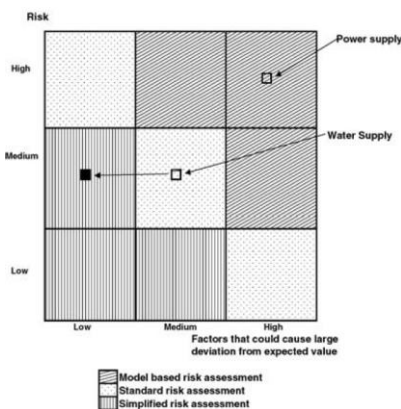
- De forventede konsekvensene knyttet til «ICT system» (informasjon og kommunikasjonssystem) svikt eller skade, multiplisert med sannsynligheten for at hendelsen inntreffer.
- Faktorer som kan føre til store avvik mellom forventet verdi fra punkt ovenfor, og de faktiske konsekvensene.
- Ramme betingelser, som tid, budsjett, informasjon tilgjengelig som påvirker valg av metode.

Klassifikasjonssystemet som presenteres i artikkelen, er basert på bruk av spørreskjema. Spørreskjemaene er utformet slik at det rettes fokus på faktorer som er viktige å ta hensyn til i valg av metode. Det stilles spørsmål som: forventet effekt for sikkerhet for personell, forventet effekt på miljøet og helseeffekt. Videre, klassifiserer man den forventede effekten som lav, middels eller høy. For å oppsummere og fremstille resultatene fra spørreskjemaet, brukes en 3x3 matrise med forventet konsekvens og sannsynlighet på aksene. Wiencke et al. (2006, s. 2301) forklarer at dersom forventet konsekvens, gitt feil/svikt, for én eller flere parameter er evaluert til å være høy, plotter man denne verdien som høy i matrisen for forventet konsekvens. Lignende, hvis sannsynligheten for hendelsen er evaluert for å være høy for minst én parameter, plotter man verdien inn i matrisen for høy verdi for sannsynlighet. Figuren under, illustrerer hvordan risikomatrisen kan se ut. Man ser fra figuren og figurforklaringen, at basert på hvor man havner i matrisen, får man en indikasjon på hvilken type risikovurdering man kan velge.



Figur 7: Risikomatrix (Wiencke et al. 2006, s. 2302)

Videre, ser man fra de tre viktige faktorene for valg av metodikk, som ble presentert ovenfor, at man skal evaluere faktorer som kan føre til store avvik mellom forventet verdi fra punktet ovenfor, og de faktiske konsekvensene. For å gjøre dette, foreslås det i artikkelen av Wiencke et al. (2006, 2302), et skjema hvor man evaluerer og rangerer flere faktorer. Man ser på faktorer som: kompleksiteten av teknologien, kompleksitet på organisasjonen, tilgjengelighet på informasjon og levetid for systemer. Disse faktorene rangerer man fra 1 til 3, hvor 1 er lavest og 3 høyest, etter hvilken grad de kan påvirke utfallet. Det man evaluerer her, er til hvilken grad man kan kontrollere og redusere usikkerheten og oppnå ønsket utfall. Videre, bruker man denne rangeringen til å lage en ny risikomatrix. Rangeringen har den effekten at den kan gjøre at man beveger seg opp, ned eller står stille i risikomatriksen. Hvis for eksempel faktorer som påvirker utfallet blir rangert i kategori 1, kan man bevege seg nedover i risikomatriksen. Figuren under illustrerer dette, hvor man ser at man for et «water supply» eksempel, går fra standard risikovurdering til forenklet risikovurdering.



Figur 8: Risikomatrix 2 (Wiencke et al. 2006, s. 2302)

Siste steg man skal gjennomgå før man velger risikovurderingsmetode, er å evaluere rammebetingelser, som tid, budsjett og informasjon tilgjengelig som påvirker valg av metode. For å evaluere rammebetingelsene, foreslås det av Wiencke et al. (2006, s. 2302), et spørreskjema. Ut fra skjemaet får man en indikasjon på hvilken metode som er tilstrekkelig. Man stiller for eksempel spørsmål om hva som er målet med analysen, og basert på karakteristikker for de forskjellige risikovurderingsmetodene, får man en indikasjon hva som kan være «korrekt» metode å velge.

For å velge hvilken risikovurderingsmetode man skal ta i bruk, vurderer man de tre stegene en har gjennomgått, på en helhetlig måte. Basert på en gjennomgang av de tre stegene, kan man ta et valg av metode.

En alternativ metode for å etablere et risikonivå, presenteres i artikkelen «Prioritising of safety measures in land use planning: on how to merge a risk-based approach with a cost-benefit analysis approach» av Abrahamsen & Selvik (2016). De presenterer en kategorisering av risiko, hvor det deles inn i tre steg. Første steg går ut på å evaluere forventet konsekvens for en hendelse, og tilknyttet sannsynlighet for denne hendelsen. I neste steg, evaluerer man styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. I tredje steg, kategoriseres risiko med referanse til steg 1 og steg 2. Resultatene fra steg 1, blir påvirket av resultatene fra steg 2. Ved en slik kategorisering anerkjenner man at risiko er mer enn sannsynlighet og forventet konsekvens.

### **3 Metode for kategorisering av prosjekter og valg av beslutningsgrunnlag**

Hvor omfattende beslutningsgrunnlag som skal utarbeides for varierende komplekse prosjekter i Statens vegvesen, er ikke helt opplagt. En metode for å avgjøre dette, vil bli presentert i denne delen av oppgaven. Beslutningsgrunnlaget forstås å bestå av to hovedkomponenter, risikovurdering og økonomisk perspektiv. Disse to hovedkomponentene for beslutningsgrunnlag vil bli gjennomgått. Argumenter for hvorfor det velges å kategorisere etter risiko, vil bli diskutert i diskusjonsdelen (del 5) av oppgaven. Refleksjoner og alternative måter man kunne gjort dette på, vil også bli diskutert i den delen.

Faktorer som avgjør hva som er «korrekt» metode for risikovurderinger, er blant annet formålet med analysen, lover og retningslinjer. En metode for å avgjøre hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn, for varierende komplekse prosjekter, er å kategorisere prosjekter basert på risikonivå. En slik metode vil bli presentert. Ved å kategorisere prosjekter, anerkjenner man at man bør tenke forskjellig for prosjekter av ulik kompleksitet. På den måten, kan man som tidligere nevnt, oppnå å bruke ressursene man har tilgjengelig på en optimal måte. Det oppnår man, fordi man gjerne ikke utarbeider nødvendig omfattende risikovurderinger, ettersom en detaljert risikovurdering krever mer i form av ressurser, enn det gjør for en forenklet risikovurdering.

Fra tabell 2, tidligere i oppgaven, så man at Statens vegvesen deler inn i eksisterende veier, veiplaner og tunnel. Felles for disse tre gruppene, er at man skal utføre risikovurderinger. Hvor omfattende disse risikovurderingene skal være for forskjellige prosjekter, blir ikke angitt. En metode for å avgjøre hvor omfattende disse risikovurderingene skal være for forskjellige prosjekter, er noe som vil bli presentert i denne delen av oppgaven.

#### **3.1 Risikokategorisering av prosjekter i Statens vegvesen**

Fra teoridelen i oppgaven, ble flere metoder for å kategorisere prosjekter introdusert. Denne delen av oppgaven, skal presentere en metode for klassifisering av prosjekter som er inspirert av tidligere arbeid av ulike forfattere, og som er tilpasset utfordringene Statens vegvesen står ovenfor i sitt arbeid. Som tidligere forklart, for å ta optimale beslutninger, er man avhengig av å bruke forskjellig beslutningsgrunnlag i ulike situasjoner. Da er det hensiktsmessig å kategorisere

prosjekter. Dette gir mulighet til å prioritere de tiltak og prosjekter som i høyest grad oppfyller de krav som er satt.

Tidligere i oppgaven, er det presentert flere metoder for kategorisering av prosjekter. Metoden som presenteres i denne delen av oppgaven er inspirert av disse metodene, og vil bli tilpasset de utfordringer Statens vegvesen står ovenfor. Metoden som brukes for å kategorisere prosjekter, kategoriserer basert på risikonivå. For å kategorisere prosjekter etter risiko, brukes tre matriser. Den første matrisen, er en kombinasjon av forventet konsekvens og sannsynligheten for en gitt hendelse. Matrise 2, består av kombinasjonen av styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. Kombinasjonen av disse to matrisene, gir en ny matrise og en kategorisering etter risiko. Hvordan dette gjøres i detalj, vil bli gjennomgått i seksjonene under. I diskusjonsdelen (del 5), vil det utdypes hvorfor man velger å dele inn på den måten, og hva fordelene med å gjøre det på denne måten inkluderer, sammenliknet med eksisterende metoder.

### **Matrise 1:**

Første steg for å kategorisere etter risiko, er å vurdere forventet konsekvens og sannsynlighet for en hendelse. Deretter plottes forventet konsekvens og sannsynlighet i en matrise. Som Abrahamsen et al. (2016, s. 187) forklarer, kan kombinasjonen av forventet konsekvens og sannsynlighet refereres til en EC, P indeks.

Både for forventet konsekvens og sannsynlighet, deles det inn i tre nivåer, lav, middels og høy. Hva som vurderes som lav, middels eller høy verdi for forventet konsekvens og sannsynlighet er ikke helt entydig. Det er som Abrahamsen et al. (2016, s. 187) forklarer, spesifikt for ulike situasjoner, og en subjektiv vurdering av personen(e) som utfører analysen. Med tanke på sannsynlighet, foreslås det i denne oppgaven en kategorisering av sannsynlighet i disse kategoriene:

- Høy sannsynlighet: Ofte enn 1 hendelse per år
- Middels sannsynlighet: 1 hendelse per 1-10 år
- Lav sannsynlighet: Sjeldnere enn 1 hendelse per 10 år

I denne oppgaven, foreslås en metode for vurdering av forventet konsekvens. Metoden for å vurdere forventet konsekvens, er blant annet presentert av Abrahamsen et al. (2015, s. 7-8). Det forklares at konsekvenser kan knytte seg til direkte økonomiske effekter, indirekte økonomiske

effekter, sosiale effekter, juridisk & regulatoriske effekter og politiske effekter. Forskjellen mellom direkte og indirekte økonomisk effekter, kan forklares med et enkelt eksempel. Tenk at man kjøper en bil, da er direkte økonomiske effekter prisen man betaler for bilen. En indirekte økonomisk effekt, kan knytte seg til vedlikehold på bilen, med andre ord, kostnader knyttet til å eie bilen. Noen eksempler på disse kategoriene for Statens vegvesen kan nevnes. Tenker man på hendelsen brann i en undersjøisk tunnel, kan direkte økonomiske effekter knytte seg til reparasjon av tunnelen etter brannen. Indirekte økonomiske effekter kan være krav om økt vedlikehold av tunnelen. Sosiale effekter kan knyttes til helse og miljø effekter. Regulatoriske effekter kan involvere at nytt lovverk må utarbeides. Politiske effekter kan være at det oppstår politisk press for å gjøre noe med tunnelen. For hver av disse dimensjonene, vurderer man effekten i kategoriene lav, middels eller høy. Abrahamsen et al. (2015, s. 8) presenterer et skjema som kan brukes for å vurdere forventet konsekvens:

<b>Konsekvensdimensjon</b>	<b>Forventet konsekvens</b>		
Direkte økonomiske effekter	Lav	Middels	Høy
Indirekte økonomiske effekter	Lav	Middels	Høy
Sosiale effekter	Lav	Middels	Høy
Juridisk & regulatoriske effekter	Lav	Middels	Høy
Politiske effekter	Lav	Middels	Høy

*Tabell 4: Skjema for å vurdere forventet konsekvens*

Etter at en vurdering av forventet konsekvens og sannsynlighet er gjennomført, kan resultatene plottes i en 3x3 matrise. En slik matrise er illustrert nedenfor. Slik man kan se av matrisen, utgjør kombinasjonen av forventet konsekvens og sannsynlighet ulike nivåer for EC, P indeks. Disse ulike nivåene for EC, P indeks, vil senere bli benyttet for å angi et risikonivå.

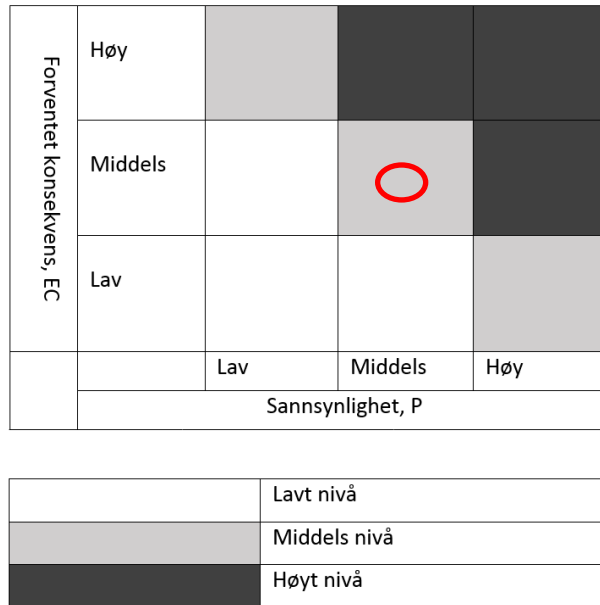
Forventet konsekvens, EC	Høy			
	Middels			
	Lav			
		Lav	Middels	Høy
	Sannsynlighet, P			

	Lavt nivå
	Middels nivå
	Høyt nivå

Figur 9: Matrise som representer forventet konsekvens og sannsynlighet

Et enkelt tankekonstruert eksempel, som illustrerer bruken av den foreslåtte matrisen, kan inkluderes. Eksempelet er ikke ment å gå dypere inn på vurdering av forventet konsekvens, men heller å illustrere hvordan metoden fungerer. Man kan se på hendelsen; et større skred over en veistrekning. Man vil vurdere forventet konsekvens til situasjonen. Skjemaet presentert ovenfor, brukes for å vurdere forventet konsekvens. Direkte økonomiske konsekvenser blir vurdert til å være i kategorien middels. Indirekte økonomiske konsekvenser er i kategorien lav. Videre vurderer man de andre faktorene som sosiale-, juridiske & regulatoriske- og politiske effekter. Etter at alle effekter er vurdert, foretas en helhetlig vurdering av forventet konsekvens. Si at et helhetlig forventet konsekvensnivå blir vurdert til å være middels. Når det gjelder sannsynlighet, vurderer man hendelsen et større skred, for å kunne oppstå én gang per 1-10 år. Dette tilsvarer et middels sannsynlighetsnivå. Basert på disse vurderingene kan man plote inn verdiene for forventet konsekvens og sannsynlighet i en matrise. Figuren under illustrerer dette. Man ser av dette at man havner på et middels nivå for EC, P indeks.



Figur 10: Eksempel på matrise som representerer forventet konsekvens og sannsynlighet

## Matrise 2:

Som tidligere nevnt i denne oppgaven, og forklart av blant annet Aven (2010), er det ikke tilstrekkelig å vurdere risiko kun etter forventet konsekvens og sannsynlighet. Det påpekes at man må se utover tallverdien som er fastsatt, ettersom tallverdien er basert på flere antagelser og forutsetninger. Som Abrahamsen et al. (2016, s. 187) forklarer, må man også ta hensyn til styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet, for å kunne vurdere risikoen knyttet til en situasjon. I mange situasjoner er det sammenheng mellom styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet, men det er også situasjoner hvor dette ikke nødvendigvis er tilfellet. Man kan ha en situasjon hvor forventet konsekvens kan være en svak prediksjon av faktisk konsekvens. Dette kan som Abrahamsen et al. (2016, s. 187) forklarer, også være tilfellet selv om styrken av bakgrunnskunnskapen til forventet konsekvens er ansett som å være sterk. Dermed blir det viktig å også vurdere både stokastisk usikkerhet og styrken av bakgrunnskunnskapen. Det vises tilbake til seksjon 2.3.1 for metoder for å vurdere styrken av bakgrunnskunnskapen, og til inndeling for lav, middels og høy kunnskapsstyrke. Når det gjelder stokastisk usikkerhet, kan man også dele inn i nivåer for lav, middels og høy verdi. Abrahamsen et al. (2016, s. 189) forklarer hva som kan forstås som lav, middels og høy stokastisk usikkerhet:



- Høy usikkerhet: Usikkerheten kan klassifiseres som høy, dersom forventet konsekvens (EC) er vurdert som å gi dårlig prediksjon i forhold til faktisk konsekvens. Usikkerheten klassifiseres som høy når populasjonen har høy variasjon (høy stokastisk usikkerhet). Man kan ha situasjoner hvor bakgrunnskunnskapen er vurdert som sterk, men hvor forventet konsekvens er vurdert å gi dårlig prediksjon av faktisk konsekvens.
- Lav usikkerhet: Usikkerheten kan klassifiseres som lav, dersom forventet konsekvens (EC) er vurdert som å gi god prediksjon i forhold til faktisk konsekvens. Usikkerheten klassifiseres som lav når populasjonen har lav variasjon (lav stokastisk usikkerhet).
- Middels usikkerhet: Er i situasjoner hvor man er et sted mellom høy- og lav usikkerhet.

Etter at styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet er vurdert, plottes resultatene i en matrise. Et eksempel på hvordan dette kan gjøres er presentert i figuren under. Slik man kan se fra figuren, deles det opp i tre nivåer. Det er delt inn i lavt-, middels- og høyt nivå. Som Abrahamsen et al. (2016, s. 189) forklarer, kan kombinasjonen av styrken av bakgrunnskunnskapen (SaK) og stokastisk usikkerhet (U), omtales som en SaK, U indeks. Det kan legges merke til at SaK og U har motsatt akser, og at fargekoden er annerledes, enn for matrise 1. Som man se av figuren, har man et høyt nivå for SaK, U indeks (høy prediksjonskvalitet), dersom styrken av bakgrunnskunnskapen er høy og stokastisk usikkerhet er lav. Man har et lavt nivå for SaK, U indeks (lav prediksjonskvalitet), dersom styrken av bakgrunnskunnskapen er vurdert til å være lav og høy stokastisk usikkerhet. For andre kombinasjoner av SaK og U, har man et middels nivå. Som Abrahamsen et al. (2016, s. 189) forklarer, tilsvarer et høyt nivå for SaK, U indeks at forventet konsekvens er vurdert som å gi en god prediksjon av faktisk konsekvenser. Med andre ord, en høy verdi for SaK, U angir at det er en god prediksjonskvalitet av faktisk konsekvenser.

Styrken av bakgrunnskunnskapen, SaK	Lav			
	Middels			
	Høy			
		Lav	Middels	Høy
Stokastisk usikkerhet, U				

	Høyt nivå
	Middels nivå
	Lavt nivå

Figur 11: Matrise som representer styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet

### Matrise 3:

I denne delen, brukes resultatene fra matrise 1 og 2 til å kategorisere etter risiko. Slik som Abrahamsen et al. (2016, s. 190) beskriver, har man i tilfeller for høy SaK, U indeks samme risikonivå som for EC, P indeks. Dette kan man se i kolonne 1 i figuren under. Hvis derimot SaK, U indeks er enten middels eller lav, beveger man seg opp et nivå i forhold til EC, P indeksen. Dette kan man se i kolonne 2 og 3 i figuren under.

EC, P indeks	Høy			
	Middels			
	Lav			
		Høy	Middels	Lav
SaK, U indeks				

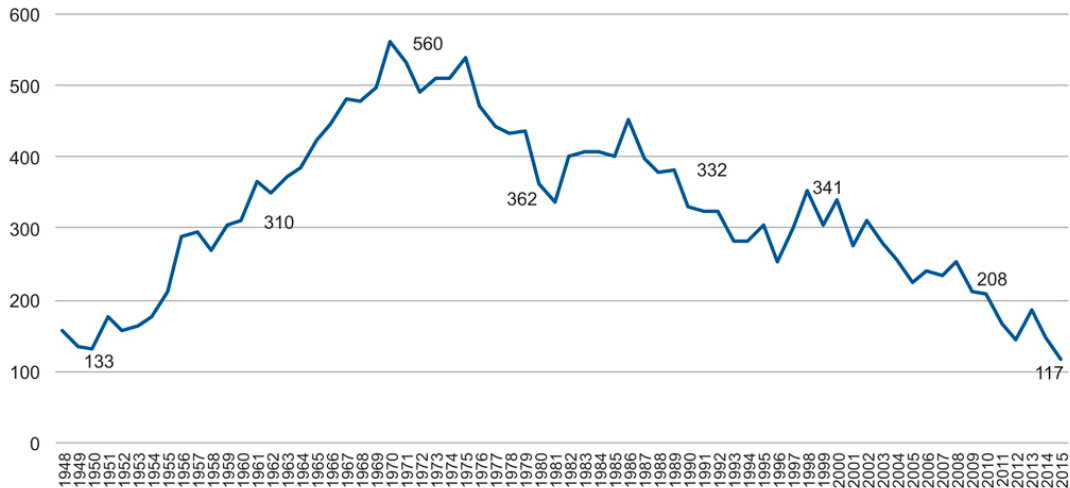
	Lavt risikonivå
	Middels risikonivå
	Høyt risikonivå

Figur 12: Matrise for risikokategorisering

Ved å bruke denne inndelingen basert på risiko, tar man hensyn til at risiko er mer enn bare kombinasjonen av forventet konsekvens og sannsynlighet, man tar også hensyn til styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. Man ser av denne inndelingen at man får en kategorisering av ulike risikonivåer. Disse risikonivåene kan brukes for å si noe om hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn.

### **3.2 Risikovurderinger basert på ulike risikonivåer**

Tidligere i oppgaven, ble en inndeling til risikoanalyser presentert. Risikoanalysene ble delt inn i tre hovedkategorier: forenklet-, standard- og modellbasert risikoanalyse. Det henvises til tabell 1 for beskrivelse og fremgangsmåte for disse tre analysemetodene. At man bruker forskjellig fremgangsmåte, legger føringer for hvor mye ressurser, tid og hvilket kompetansenivå som behøves for å utføre de ulike analysene eller vurderingene. Det vil altså kreve mindre, med hensyn til de overnevnte faktorene, å utføre en forenklet risikoanalyse, enn for en modellbasert risikoanalyse. Et eksempel som illustrerer forskjell mellom de ulike analysemetodene kan inkluderes, det er inspirert av arbeid av Aven et al. (2017, s. 59). I eksemplet tas det utgangspunkt i antall personer drept i trafikken. Slik man kan se av figuren under, er det en nedadgående trend når det gjelder antall personer drept i trafikken. Figuren under viser antall drepte i veitrafikken fra 1948 til 2015. Man kan ta utgangspunkt i denne statistikk for å si noe om hva som vil skje i fremtiden. Slik Aven et al. (2017, s. 59) forklarer, vil for eksempel en forenklet risikoanalyse for situasjonen uttrykke at man forventer en videre nedgang av antall omkomne, hvor det er naturlig å basere dette på statistikk fra figuren under. Man kan komme frem til dette ved bruk av idédugnad eller gruppediskusjoner. Videre forklarer Aven et al. (2017, s. 59) at en standard risikoanalyse for situasjonen kan angi et 90% prediksjonsintervall  $[a, b]$  for antall drepte i trafikken neste år. Dette prediksjonsintervallet kan baseres på statistikk fra tidligere år ved å anvende lineær regresjon. Aven et al. (2017, s. 59) forklarer videre at en modellbasert risikoanalyse for situasjonen vil bruke mer detaljerte metoder og modeller for å komme frem til resultatene. Det nevnes at for eksempel kan man bruke Poissonfordeling for å komme frem til resultatene. På den måten åpner man opp for å undersøke hvordan forskjellige faktorer påvirker risikoen.



Figur 13: Drepte i veitrafikken fra 1948 til 2015 (Samferdselsdepartementet)

Slik blant annet Wiencke et al. (2006, s. 2302) har foreslått, er en metode for å avgjøre hvilken risikoanalyse man skal anvende, å basere det på forskjellige risikonivå. Man kan bruke risikokategoriseringen av prosjekter, som ble presentert i seksjonen ovenfor. Fra risikokategoriseringen fra seksjonen ovenfor, ble det vist at man kan dele inn i tre risikonivåer. Det ble delt inn i lavt-, middels- og høyt risikonivå. Slik som foreslått av blant annet Wiencke et al. (2006, s. 2302), kan man legge til grunn at hvis man har lavt risikonivå bruker man forenklet risikoanalyse. Har man middels risikonivå bruker man standard risikoanalyse, og har man høyt risikonivå bruker man modellbasert risikoanalyse. Tanken bak å legge til grunn risikonivå for å avgjøre hvor omfattende risikoanalysemetodene skal være, er at hvis man har lavt risikonivå, er det tilstrekkelig å bruke forenklet risikoanalyse. På den måten, bruker man ikke unødvendig mye tid, ressurser eller kompetanse på å utarbeide omfattende risikoanalyser. Er derimot risikonivået høyt, legger man til grunn at man bruker en modellbasert risikoanalysemetode.

Figuren under viser hvordan man kan koble de forskjellige risikonivåene til hvor omfattende risikovurderingsmetode man skal anvende. Det velges i denne oppgaven å anvende risikovurdering, og ikke risikoanalyse, for de ulike risikonivåene. Man husker fra tidligere i oppgaven en risikovurdering består av risikoanalyse og risikovaluering.

EC, P indeks	Høy			
	Middels			
	Lav			
		Høy	Middels	Lav
	SaK, U indeks			

	Forenklet risikovurdering
	Standard risikovurdering
	Modellbasert risikovurdering

Figur 14: Risikomatrix som angir hvor omfattende risikoanalysemetode man skal anvende

### 3.3 Økonomisk perspektiv basert på ulike risikonivåer

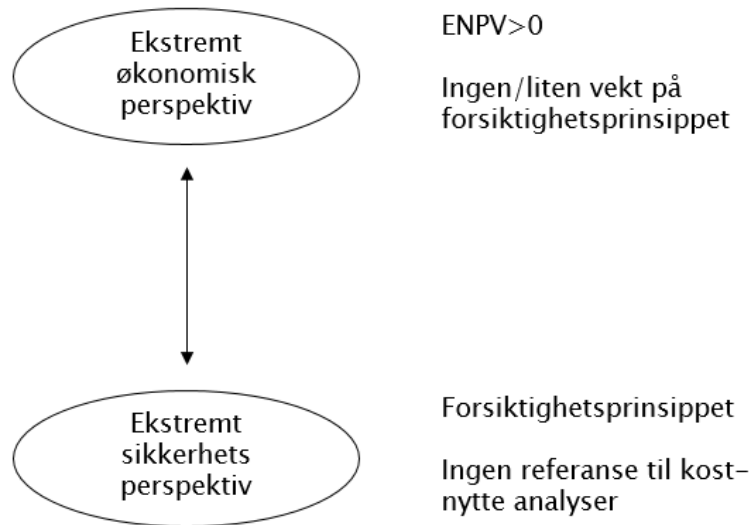
I denne delen av oppgaven, vil det bli undersøkt om resultatene fra risikokategoriseringen kan brukes for å gi innspill til hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Det vil bli vurdert om man bør tenke økonomisk annerledes for prosjekter med lavt-, middels- eller høyt risikonivå.

#### 3.3.1 Bruk av risikokategorisering for å angi økonomisk perspektiv

Et spørsmål, er hvordan skal man tenke i økonomisk forstand når det gjelder prosjekter eller tiltak. Skal man for eksempel kun implementere tiltak som er vurdert å ha høyere nytte enn kostnad? Eller skal man legge til grunn at for eksempel en kost-nytte analyse har svakheter og ikke nødvendigvis gir det hele og fulle bildet. Analysene er basert på flere antakelser og forutsetninger. Som Sørskår et al. (2017, s. 630) forklarer, kan ikke analyser som risikoanalyser, kost-nytte analyser osv. erstatte et prinsipp som forsiktighetsprinsippet. Dette henger sammen med at analysene har sine begrensinger. Analysene gir innsikt knyttet til risiko og andre forhold, men analysene representerer ikke objektive resultater (Sørskår et al. 2017, s. 630). Analysene er basert på bakgrunnsinformasjonen til personen som har utført analysene, og de antagelser og forutsetninger personen har foretatt. Ved å være forsiktig, anerkjenner man at analysene ikke er objektive resultater, og heller ikke gir full innsikt til alle forhold knyttet til situasjonen. Som det

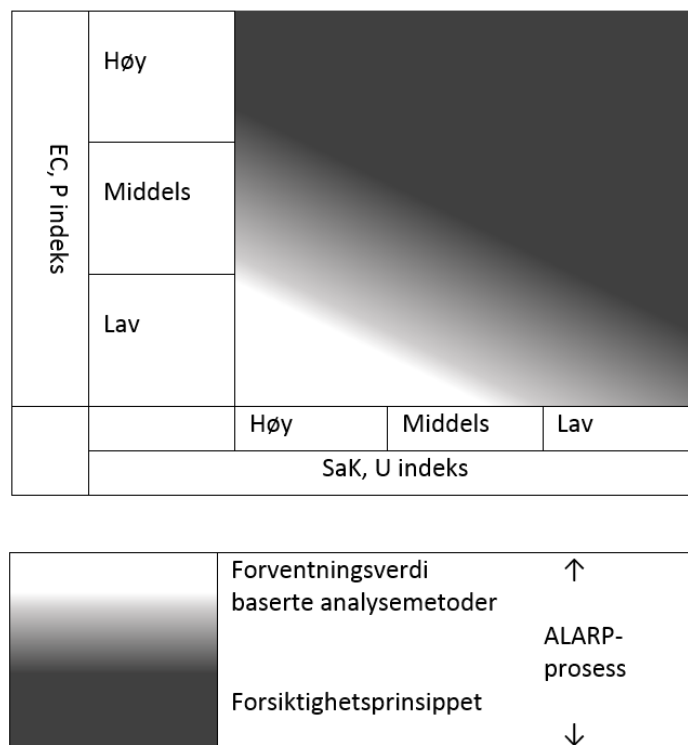
er mulig å se av dette, kan det være et behov for å tenke annerledes i ulike situasjoner. I noen situasjoner, kan det være fornuftig å legge til grunn forventningsverdi baserte analyser som kost-nytte, mens i andre situasjoner er det mer fornuftig å anvende forsiktighetsprinsippet. Spørsmålet blir da, i hvilke situasjoner og hva er det som avgjør hvilken vurdering eller prinsipp man skal legge til grunn. Dette er noen deler av oppgaven vil gi innspill til. Med tanke på hvordan man bør tenke i økonomisk sammenheng, foreslås en dynamisk ALARP prosess. ALARP prosessen som foreslås, forstås ikke nødvendigvis i normal forstand, at ALARP er et prinsipp som legger mye vekt sikkerhet. ALARP prosessen som foreslås, er en dynamisk tankemåte hvor man avhengige av risikonivået, kan implementere ALARP ved referanse til forventningsverdi baserte analysemetoder på den ene siden og ved referanse til forsiktighetsprinsippet på den andre siden.

Tidligere i oppgaven, er det forklart at ALARP-prinsippet er et prinsipp som angir at risikoen skal reduseres så langt som praktisk mulig (Aven et al. 2008, s. 46). I ALARP-prinsippet vurderes nytten av å innføre tiltaket mot kostnaden ved å innføre tiltaket. Et tiltak skal implementeres såfremt det kan dokumenteres at kostnadene står i urimelig misforhold til nytten av tiltaket. Det vises tilbake til den teoretiske delen av oppgaven, for utdypende informasjon om ALARP-prinsippet. Hva som er å anse som urimelig misforhold, kan tolkes på flere måter, og dette vil i denne oppgaven knyttes sammen med de ulike risikonivåene. Urimeleg misforhold faktoren kan svinge mellom et ekstremt økonomiskperspektiv, hvor man tar beslutninger ved referanse til forventningsverdier, til et ekstremt sikkerhetsperspektiv, hvor man tar beslutninger ved referanse til forsiktighetsprinsippet. Forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet representerer to ytterpunkter. Som nevnt, skal man for ALARP-prinsippet vurdere hva som kvalifiserer til å være urimelig misforhold. Man husker fra tidligere i oppgaven, at en metode for å verifisere ALARP, er å bruke kost-nytte,  $\frac{E[C]}{E[X]} > 1 * n$ , hvor  $n$  er urimeleg misforhold faktoren. Et problem knyttet til dette, er at forventningsverdier i stor grad ignorerer usikkerhet. Figuren under illustrerer hvor mye vekt som tillegges usikkerhet, og danner basis for tankesettet som brukes i denne masteroppgaven.



Figur 15: Dynamisk metode for hvor mye vekt som skal tillegges usikkerhet (Sørskår et al. 2017, Abrahamsen et al. 2015)

Det vises tilbake til den teoretiske delen av denne oppgaven, hvor analysemetoder som kost-nytte analyse, kost-effektivitetsanalyse, ALARP-prinsippet og forsiktighetsprinsippet er gjennomgått. Som gjennomgått og presentert, har de ulike metodene forskjellige karakteristikk. For eksempel, er både kost-nytte- og kost-effektivitetsanalyse basert på bruk av forventningsverdier. For analysemetodene, beregner man enten forventet nytte eller forventet effektivitet. Forsiktighetsprinsippet derimot, legger til grunn et forsiktighetstankesett. Som tidligere forklart, er forsiktighetsprinsippet et prinsipp som legger til grunn, at forsiktighet skal være et rådende prinsipp når det er usikkerhet knyttet til hva som blir konsekvensene (Aven, 2015, s. 103). For å kunne forklare hvorfor de forskjellige risikonivåene gir grunnlag for å tenke ulikt i en økonomisk sammenheng, må utfordringene og karakteristikkene knyttet til de ulike metodene utdypes. Både kost-nytte- og kost-effektivitetsanalyse, er basert på bruk av forventningsverdier. Bruk av forventningsverdier er knyttet til noen utfordringer, disse vil bli gjennomgått i underkapittelet under. Figuren under illustrerer hvordan det i denne masteroppgaven foreslås at de ulike risikonivåene kobles sammen med økonomiske perspektiver.



Figur 16: Risikomatrix som angir hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn avhengige av risikonivået

Slik man kan se av figuren, har man ikke avgrensede skiller mellom de ulike risikokategoriene, slik som for risikovurderinger. For denne figuren, har man kategorier som overlapper hverandre. Selv om figuren ikke er identisk med figuren for risikovurderinger, er de basert på nøyaktig samme metode for risikokategorisering. Kun fremstillingen av resultatene er ulik. Ved å ikke bruke avgrensede skiller mellom de ulike risikokategoriene, presiseres det at man skal legge til grunn et dynamisk tankesett. Man ser av figuren at hvis man er i lys kategori (nedre venstre hjørne av figuren), får man føringer knyttet til at det er fornuftig å bruke forventningsverdi baserte analysemetoder. Er man i grå kategori (midtpartiene av figuren), er man et sted mellom forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet. Er man derimot i mørk kategori, legges det til grunn at det er fornuftig å legge til grunn forsiktighetsprinsippet.

Et middels nivå for begge indeksene, angir at man er et sted mellom mørkt og grått nivå. Dette kan tolkes slik at man bør legge til grunn forsiktighetsprinsippet, men ikke like mye fokus som det ville vært om man hadde vært i øvre høyre hjørne i figuren. Forsiktighetsprinsippet i sin ekstreme tolkning, angir at et sikkerhetstiltak skal innføres uansett. Fra matrisen, vil det være urimelig at et middels nivå vil angi at det skal tillegges så mye vekt på forsiktighetsprinsippet, at



et sikkerhetstiltak skal innføres uansett. En slik vekt på forsiktighetsprinsippet, får man gjerne hvis man har lav prediksjonskvalitet (SaK, U indeks) og høy EC, P indeks. Man er da i øvre høyre hjørne av matrisen.

For å kunne forstå hva som ligger bak bruken av forventningsverdi basert analysemetoder og bruken av forsiktighetsprinsippet, er dette noe som vil bli sett nærmere på i de følgende delene av oppgaven.

### 3.3.2 Bruk av forventningsverdi baserte analysemetoder

En forventningsverdi er som ordet tilsier, en verdi man forventer. Et problem knyttet til forventningsverdier, er at denne verdien ikke nødvendigvis er en god prediksjon på det faktiske utfallet. Forventningsverdien kan avvike betraktelig fra det faktiske utfallet. Man kan med andre ord si at bruken av forventningsverdier har noen utfordringer tilknyttet. Noen av disse utfordringene er diskutert av Abrahamsen, Aven, Vinnem & Wiencke (2004).

Som forklart av Abrahamsen et al. (2004, s. 350), er bruken av forventningsverdier rettferdiggjort av porteføljeteorien. De forklarer at man kan ta utgangspunkt i en portefølje bestående av N antall forskjellige prosjekter. Videre, antas det at hvert prosjekt N, har vekten 1/N. For den forventede verdien bruker man notasjonen  $E_i = E(r_i)$ , hvor  $r_i$  er fortjenesten. For variansen, gjøres lignende:  $VAR_i = VAR(r_i)$ . For en portefølje, p, har man (Abrahamsen et al., 2004, s. 350):

$$E_p = \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} E_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i$$

$$VAR_p = \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N}\right)^2 VAR_i + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ \neq i}}^N \left(\frac{1}{N}\right)^2 COV_{i,j}$$

$$= \frac{1}{N} \overline{VAR} + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \overline{COV} = \text{Usystematisk risiko} + \text{systematisk risiko}$$

$$\text{hvor } COV_{i,j} = E\{(r_i - E_i)(r_j - E_j)\}$$

$$\text{og } \overline{VAR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N VAR_i$$

$$\text{og } \overline{COV} = \frac{1}{N^2 - N} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N COV_{i,j}$$

Som Abrahamsen et al. (2004, s. 351) forklarer, er porteføljens verdi lik dens kalkulerede statistisk forventede verdi pluss risiko. Risikoen kan, som man kan se fra formelen ovenfor, deles inn i systematisk og usystematisk risiko. Aven (2015, s. 94), forklarer at systematisk risiko knyttes til forhold som påvirker hele porteføljen, som for eksempel politiske hendelser. Usystematisk risiko knyttes til forhold som er spesifikke for det enkelte prosjektet, som en ulykkeshendelse. Som Abrahamsen et al. (2004, s. 351) forklarer, ser man fra denne formelen:  $\frac{1}{N} \overline{VAR} + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \overline{COV}$ , at når antall prosjekter N er stor, blir variansen til porteføljen tilnærmet den gjennomsnittlige kovariansen, og variansen knyttet til spesifikke prosjektet neglisjert. På denne måten ser man at leddet  $\frac{1}{N} \overline{VAR}$ , som tilsvarer usystematisk risiko, blir neglisjert hvis antall prosjekter N er høyt nok, dersom man antar perfekt diversifisering.

Når man arbeider med et prosjekt eller tiltak, vil man ofte undersøke lønnsomheten. Da regner man ofte ut netto nåverdi [NPV]. Netto nåverdi ser på nåverdien av fremtidige diskonterte kontantstrømmer minus investeringskostnaden. Ettersom de fremtidige verdiene er ukjent når man planlegger et prosjekt eller tiltak, er det forventet netto nåverdi E[NPV] man regner ut. E i denne sammenhengen, står for det engelske ordet «expected» som betyr forventet. Slik som Abrahamsen et al. (2004, s. 351) forklarer, kan det diskuteres hvor egnet E[NPV] er å bruke. Som de utdyper, kan E[NPV] være passende å bruke dersom E[NPV] er tilnærmet lik [NPV]. Videre beskriver de at dersom man har situasjoner med ulykker med store tap, kan man ha situasjoner hvor faktisk [NPV] er svært ulik E[NPV]. Dette er ikke av signifikant betydning for et selskap, dersom man legger den overnevnte porteføljeteorien til grunn. Et selskap ønsker opplagt ikke å ha tap i enkeltsjekter, men det er fortjenesten/tapet knyttet til porteføljen som er viktigst. På denne måten, gir det mening for et selskap å bruke forventet netto nåverdi E[NPV], i det minste i et økonomisk perspektiv. Det er derimot, som Abrahamsen et al. (2004, s. 351) forklarer, flere hensyn man må ta knyttet til bruken av forventningsverdier. Punktene nedenfor illustrerer noen av problemene knyttet til bruken av forventningsverdier (Abrahamsen et al., 2004, s. 351 & Aven. 2015, s. 99):

- Når man regner ut forventet netto nåverdi og bruker porteføljeteorien, baseres det på at man konverterer alle verdier til en enhet, ofte pengeverdi. Problemet her er at man for ulykker ofte har konsekvenser som er vanskelig å overføre til en pengeverdi, som verdien av et liv, miljømessige skader osv.
- Man bør være forsiktig å bruke forventningsverdier når man har potensial for alvorlige konsekvenser. Dette henger sammen med at som Abrahamsen et al. (2004, s. 352) beskriver, kan man i praksis ikke se bort fra usystematisk risiko ettersom perfekt diversifisering ikke oppnås, blant annet grunnet bedriftsprosedyrer. Problematikken knyttet til dette, går på at potensialet for store tap gir lite utslag på forventningsverdier, men kan hvis hendelsen inntreffer, gi store utslag på konsekvensene.
- En annen utfordring knyttet til bruken av forventningsverdier, er at i arbeidet med fastsettelse av sannsynligheter og utregning av forventningsverdier, foretas en rekke antagelser og forutsetninger. Dette går på, som tidligere beskrevet i oppgaven, at hvis man bruker subjektive sannsynligheter, er sannsynligheten basert på en bestemt bakgrunnskunnskap. Det kan nevnes at man også har klassisk-, logisk- og frekvenssannsynligheter, men i praksis bruker man subjektive sannsynligheter. Det henvises tilbake til seksjon 2.2.2, knyttet til bruk av de ulike sannsynlighetene. Man har da situasjonen at forventningsverdien man regner ut, ikke er en objektiv størrelse, men er basert på antagelser og forutsetninger lagt til grunn av personer som utfører analysene og utregningene. Dette innebærer igjen, at to personer kan komme opp med ulike forventningsverdi for samme situasjon. De har gjerne gjort ulike antagelser og forutsetninger, noe som kan bidra til at de regner ut ulike forventningsverdi. Av dette, ser man at en forventningsverdi ikke nødvendigvis representerer en god prediksjon på faktisk verdi.

Man ser av disse problemene knyttet til forventningsverdier, at analyser som er basert på forventningsverdier, kan i visse situasjoner være problematisk å bruke. Kost-nytte analyse er et slikt eksempel på en analyse som er basert på bruken av forventningsverdier. Ukritisk bruk av kost-nytte analyser, kan følgelig være problematisk i situasjoner hvor man håndterer potensial for store konsekvenser, gjerne høyrisiko prosjekter.

### 3.3.3 Bruk av forsiktighetsprinsippet

Fra risikokategoriseringsmatrisen, kan man se at for høyest risikonivå, er anbefalt økonomisk perspektiv å legge til grunn forsiktighetsprinsippet. Det vises tilbake til den teoretiske delen av denne oppgaven, for utdypende informasjon om forsiktighetsprinsippet. I denne delen av oppgaven, vil bruken av forsiktighetsprinsippet ses nærmere på, og det vil bli undersøkt om prinsippet er bedre egnet for bruk i en høy risikokategori. Fra tidligere i oppgaven, ble det forklart at forsiktighetsprinsippet er et prinsipp som sier at forsiktighet skal være det styrende prinsipp når det er knyttet usikkerhet til hva som blir konsekvensene. I det ligger det, at når det er usikkerhet knyttet til hva som blir konsekvensene, skal man være forsiktig. Å være forsiktig, innebærer for eksempel å innføre risikoreducerende tiltak. Som tidligere forklart, angir forsiktighetsprinsippet i sin ekstreme tolkning, at et sikkerhetstiltak skal innføres uansett hva kostnaden er. En slik vekt på forsiktighetsprinsippet, får man gjerne hvis man har lav prediksjonskvalitet (SaK, U indeks) og høy EC, P indeks. Man er da i øverst høyre hjørne av matrisen. Et praktisk eksempel som viser hvordan forsiktighetsprinsippet er blitt anvendt innenfor transportsektoren er ved askeskyen tilbake i 2010. Det som skjedde, var at vulkanen Eyjafjallajökull på Island hadde et stort utbrudd som førte til utslipp av vulkansk aske over store deler av Nord og Mellom-Europa. Ettersom asken ble ansett som en fare for flysikkerheten, ble det besluttet å stenge luftrommet over store deler av Nord- og Mellom-Europa (Phil, 2018). At flyene ble satt på bakken, medførte enorme kostnader for flyselskapene, og at ambulansfly og helikoptre ikke kunne fly. Noe som representerte en stor utfordring i en helse- og beredskapsmessig forstand. Man valgte å stenge av for flytrafikk i frykt for motorhavari og redusert sikt. En kom frem til beslutningen, om at alle fly skulle stå på bakken, selv om man var klar over at dette representerte en enorm kostnad. Man sier da, at usikkerheten knyttet til utfallet er så stor at man ikke kan risikere at et fly styrter på grunn av asken. Man ser at i denne situasjonen med askeskyen, valgte man å iverksette sikkerhetstiltak uavhengige av den enorme kostnaden det medførte, ettersom det var høy usikkerhet til hva utfallet vil bli. Et spørsmål som det er naturlig å stille, er om man innenfor veitrafikken har slike tilfeller, hvor sikkerhetstiltak skal implementeres uavhengig av kostnader. Fra trafikksikkerhetshåndboken (Høye et al., 1997), forklares det at det er trolig at katastrofepotensialet i veitrafikken er lavere enn for andre transportgreiner, som for eksempel flybransjen. Det har blant annet sammenheng med hvor mange personer som er eksponert for en hendelse. Katastrofepotensialet i veitrafikken er

hovedsakelig knyttet til ulykker i tunneler, ulykker på motorvei med tett tåke, store bussulykker og ulykker ved transport av farlig gods. Det er naturlig å tenke at det påvirker måten man tenker på når det gjelder risiko, og hvilke analyser som blir ansett som nødvendig å utføre. I teoridelen av denne oppgaven, ble et eksempel presentert, hvor potensielt forsiktighetsprinsippet er fornuftig å anvende i veitrafikken. Slik man husker, var det eksemplet for en undersjøisk tunnel. Man kan tenke seg at denne tunnelen er kritisk med tanke på person- og varetransport. En stengning over lengre tid vil kunne medføre svært høye kostnader for næringsliv og i en samfunnsøkonomisk forstand. Hendelsen en brann i en tankbil midt i tunnelen ble studert. Når det gjelder den vurderte situasjonen, husker man at usikkerheten knyttet til utfallet ble vurdert til å være høy. Noen eksperter argumenterer med en endret kjøretøymiks, som involverer flere tunge kjøretøy etter en nyoppstartet bedrift har etablert seg i nærheten av tunnelen. Denne nyoppstartede bedriften transporter et material som under en brann avgir store røykmengder. Hva dette vil ha å si for utfallet av brannen i den aktuelle tunnelen, har man lite data for, og man kan ha en situasjon med stor usikkerhet. En kost-nytte analyse for det risikoreducerende tiltaket, oppgradering av ventilasjonssystemet, blir vurdert til å være for kostbart, basert på forventede dødsfall og hardt skadde. Forventningsverdien blir lav, grunnet lav sannsynlighet for hendelsen. Om man velger å legge til grunn forsiktighetsprinsippet i en slik situasjon, kunne man rettferdiggjort å implementere det risikoreducerende tiltaket med henvisning til forsiktighetsprinsippet. Da anerkjenner man at dette er en situasjon som involverer høy usikkerhet til hva som blir konsekvensene. Man er forsiktig, og anerkjenner at analysene som er utført ikke belyser alle aspekter knyttet til risiko og usikkerhet.

Når det gjelder storulykker, er ofte sannsynligheten for en storulykke svært lav, men både konsekvensene og usikkerhet knyttet til hendelsen, kan være høy. Om man da hadde definert risiko som kombinasjonen av konsekvens og sannsynlighet, ville risikoen kunne blitt lav som følge av lav sannsynlighet. Det er derfor viktig å inkludere usikkerhetsdimensjonen. Som Sørskår et al. (2017) forklarer, kan man betrakte å ta beslutninger basert på forsiktighetsprinsippet som et ekstremt sikkerhetsperspektiv. I det ligger det at man gjerne ikke kan bruke forsiktighetsprinsippet som et generelt beslutningsprinsipp, ettersom det i mange tilfeller ikke vil være kostnadseffektivt å tillegge sikkerhet så mye vekt. Det er naturlig å anta, at man ikke har mange slike tilfeller i veitrafikken, men det er ikke urimelig å anta at det eksisterer tilfeller hvor forsiktighetsprinsippet vil kunne anvendes innen veitrafikken.

### 3.3.4 Hovedtrekk ved risikokategoriseringsmetoden

I det følgende, vil de viktigste trekkene med den overnevnte metoden for kategorisering av prosjekter, med det formål å angi hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn, oppsummeres. Prosjekter kategoriseres basert på risiko. Hvor risikonivået fastsettes ved bruk av tre matriser. En for forventet konsekvens og sannsynlighet, og en matrise for styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Disse matrisene kombineres til matrise 3, som angir risikonivået. Dette risikonivået brukes videre for å angi hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Fra diskusjonen ovenfor, knyttet til bruk av forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet, ser man at det gir et grunnlag for å tenke annerledes i ulike situasjoner. Det ble forklart at ukritisk bruk av forventningsverdi baserte analysemetoder (kost-nytte analyse, kost-effektivitetsanalyse), kan være problematisk i situasjoner hvor man håndterer potensial for store konsekvenser, gjerne høyrisiko prosjekter. Det ble videre forklart at det kan være fornuftig å legge til grunn forsiktighetsprinsippet dersom man har høy risiko. For høyrisiko prosjekter ble det anbefalt å gjennomføre en modellbasert risikovurdering. Av diskusjonen ovenfor, ble det forklart at dersom man er i lav risikokategori, er det fornuftig å legge til grunn forventningsverdi baserte analysemetoder. Blant annet fordi, når det gjelder lavrisiko prosjekter, legges det til grunn at det er rimelig å anta at forventningsverdier representerer en god prediksjon på faktisk utfall. Med tanke på risikovurdering for lav risikoprosjekter, ble det anbefalt forenklet risikovurdering. Er man på et middels risikonivå, ble det lagt til grunn at en standard risikovurdering bør utføres. Når det gjelder økonomiske vurderinger for middels risikonivå, ble det forklart at man er et sted mellom forventningsverdibasert analysemetoder og forsiktighetsprinsippet.

#### **4 Praktisk anvendbarhet av risikokategoriseringsmetoden**

I delen av oppgaven ovenfor, ble det presentert en metode for å dele inn prosjekter basert på risikonivå. Baserte på denne inndelingen etter risikonivå, ble det gitt forslag til hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. For å illustrere hvordan denne presenterte metoden kan anvendes i Statens vegvesen, vil det i denne delen av oppgaven bli presentert en case hvor et spesifikt prosjekt blir studert. Prosjektet som vil studeres nærmere, er et skredsikringsprosjekt ved Rv. 13, Melkeråna-Årdal.

##### **4.1 Presentasjon av Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt**

Prosjektet som brukes for å illustrere hvordan den presenterte metoden kan anvendes i Statens vegvesen, er et skredsikringsprosjekt på Rv. 13 langs Tysdalsvatnet. Prosjektet har fått navnet Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt. Formålet med prosjektet er å sikre strekningen mot skred. I den sammenheng, ble det sett på ulike alternativer, blant annet ulike tunnelalternativer. Strekningen som skal skredsikres og bli studert, er en 1,2 km lang strekning langs dagens riksvei mellom tunnelportal til Svatunnelen og frem til Øygjanaset. Strekningen det gjelder, er en del av Rv. 13, som er hovedveien gjennom Ryfylke. Veistrekningen har varierende standard. ÅDT i 2014 varierte mellom 1300 og 1700 kjøretøy og hastigheten på stedet varierer mellom 60 km/t og 80 km/t (Statens vegvesen, 2015).

For prosjektet er det blitt utført en vurdering av skredfaren. Når det gjelder vurdering av skredfaren skrives dette (Asplan Viak, 2015, s. 15): *«Skredfarevurderingene er gjort på bakgrunn av erfaringer fra befaring og skredfaremodelleringer. Utbredelse av steinsprang er modellert med programverktøyet Rockyfor3D. Parametere til modellen er basert på feltarbeid, studie av grunnlagsdata og erfaring. Det er kjørt modeller for antall blokkutfall, energi og spretthøyde. Relevante modeller for vurdering av skredfare og sikringsomfang er lagt inn som figurer. Vurdering av løsmasseskred og snøskred er gjort ut fra observasjoner fra befaring og studie av grunnlagsdata»*. Med tanke på skredtype skrives dette (Kronholm, 2015, s. 5): *«Av de 81 registrerte hendelsene er 79 steinsprang, 1 isnedfall og 1 løsmasseskred. Av de 79 steinsprangene er 1 hendelse mindre enn 10 m<sup>3</sup>, 75 hendelser er <1 m<sup>3</sup> og 3 hendelser har ikke registrert størrelse. Videre er 76 av hendelsene registrert med bredde på veg ≤ 2 m. Dette tyder på at de fleste hendelsene er mindre stein i veibanen»*.

## **4.2 Beslutningsgrunnlag for Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt**

I den hensikt å undersøke hvordan man har arbeidet med det evaluerte prosjektet, ble beslutningsgrunnlaget til prosjektet undersøkt. For prosjektet har det blitt utarbeidet en kommunedelplan med konsekvensutredning, hvor grunnlagsmaterialet for konsekvensutredningen er angitt under (Statens vegvesen, 2015, s. 102):

- Risikovurdering for skred Tysdalsvatnet
- Fagrapport skred
- Tunneltrasealternativer
- Geoteknisk vurderinger
- Vurdering av alternative veitraseer for rv. 13 mot Årdal
- Fagtema prissatte konsekvenser
- Fagtema støy
- Fagtema landskapsbilde
- Fagtema nærmiljø og friluftsliv
- Fagtema naturmangfold
- Fagtema kulturmiljø
- Fagtema naturressurser
- ROS-analyse
- Vurdering av alternativ 3

Som en del av kommunedelplanen med konsekvensutredning for prosjektet, har man regnet ut et kost-nytte forhold for de ulike alternativene. Her er altså en forventningsverdi basert analysemetode benyttet til å regne ut hvordan de ulike alternative kommer ut økonomisk.

## **4.3 Risikokategorisering av Rv. 13 Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt**

For det evaluerte prosjektet er det blitt utført en risikovurdering. I denne besvarelsen betraktes denne risikovurderingen til å være en standard risikovurdering. Når det gjelder økonomisk vurdering, er det blitt lagt til grunn kost-nytte analyser. Dette er noe som kan ha vært fornuftig, men det er noe denne oppgaven vil se nærmere på, ved å bruke metoden for risikokategorisering presentert tidligere i denne oppgaven, og sammenlikne hva som er blitt gjort i det evaluerte prosjektet.



For å risikokategorisere prosjektet for bruk i denne masteroppgaven, ble en arbeidsgruppe satt ned bestående av tre personer. En person med nær tilknytning og kjennskap til prosjektet og en person med risikofaglig kompetanse, i tillegg til undertegnede. I forkant av møtet, hvor prosjektet ble risikokategorisert, ble omfattende informasjon innhentet. Denne informasjonen dannet grunnlaget for vurderingene knyttet til sannsynlighet, forventet konsekvens, styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Arbeidsgruppen fikk på forhånd oversendt denne informasjonen. Gruppen fikk også oversendt en omfattende stegvis forklaring på hvordan metoden skulle brukes. Det vises tilbake til del 3 av denne oppgaven, for utfyllende forklaring knyttet til metoden for risikokategorisering. Møtet startet med gjennomgang av hva som skulle gjøres. For å kategorisere prosjektet ble den presenterte metoden anvendt. Først ble forventet konsekvens og sannsynlighet vurdert, og resultatene plottet i en matrise, omtalt som matrise 1. Deretter ble styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet vurdert. Resultatene fra vurderingen ble plottet i en ny matrise, omtalt som matrise 2. Resultatene fra matrise 1 og 2, ble deretter plottet inn i en ny matrise, omtalt som matrise 3. Denne matrisen er en risikomatrix. Nærmere beskrivelse av prosessen bak vurderingene vil bli presentert senere.

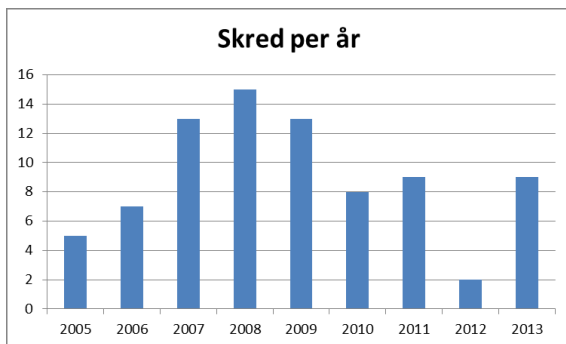
Et skjema for å vurdere forventet konsekvens knyttet til prosjektet, ble utarbeidet. Dette skjemaet er et universalt skjema som kan brukes for generelle konsekvensvurderinger i Statens vegvesen. Skjemaet er ikke begrenset til det spesifikke skredsikringsprosjektet. Skjemaet som er utarbeidet, er basert på skjemaet for forventet konsekvens som ble presentert i del 3.1.

Proessen ved å kategorisere prosjektet ble delt inn i tre ulike steg, hvor de tre ulike stegene representerte de ulike matrisene. Under presenteres disse ulike stegene til metoden for risikokategorisering av prosjektet.

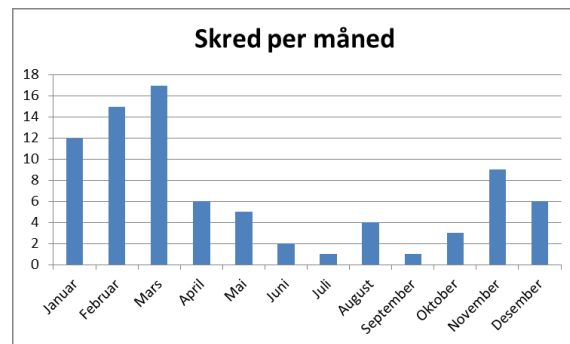
**Steg 1)** Målet med første steg er å plassere prosjektet i matrise 1, med andre ord etter sannsynlighet og forventet konsekvens. Hendelsen som ble studert var skred på veistrekningen.

**Sannsynlighet:** Med tanke på sannsynlighet for hendelsen, ble det tatt utgangspunkt i innhentet informasjon knyttet til tidligere skredhendelser. For hendelsen ble en subjektiv (kunnskapsbasert) sannsynlighet anvendt. Fra tidligere i oppgaven, er det blitt beskrevet at en subjektiv sannsynlighet uttrykker en persons grad av usikkerhet om hva utfallet av en hendelse A vil bli (Aven, 2015, s. 42). Det vil med andre ord si at den subjektive sannsynligheten for skredsikringsprosjektet, uttrykker arbeidsgruppens grad av usikkerhet knyttet til hendelsen et

skred. Som tidligere forklart, er det ingen usikkerhet knyttet til subjektive sannsynligheter, man kan heller snakke om unøyaktighet til sannsynligheten. Det blir feil å snakke om usikkerhet om en subjektiv sannsynlighet fordi den er tildelt og ikke estimert. For å vurdere sannsynligheten knyttet til hendelsen, ble det tatt utgangspunkt i registrerte skredhendelser på veistrekningen. Datamaterialet for skredhendelser er for en ni års periode, fra 2005 til 2013. Totalt for denne perioden er det blitt registrert 81 skred. Figuren under til venstre viser fordelingen av skred i tidsperioden. Figuren til høyre viser under fordelingen av skred per måned.



Figur 17: Fordeling av skred i mellom 2005 og 2013 (Kronholm & Skogstad, 2015, s. 4)



Figur 18: Fordeling av skred per måned (Kronholm & Skogstad, 2015, s. 5)

Når det gjelder fordelingen av skred, er 79 av de 81 skredene steinsprang, ett isnedfall og ett løsmasseskred (Kronholm & Skogstad, 2015, s. 5). Videre beskriver Kronholm & Skogstad (2015) at av de 79 steinsprangene, er ett av skredene mindre enn  $10 \text{ m}^3$ , 75 av skredene er mindre enn  $1 \text{ m}^3$  og tre av skredene har ikke registrert størrelse. Ettersom en stor del av skredene er av mindre størrelse, skriver Kronholm & Skogstad (2015, s. 5), at det forventes en betydelig underrapportering av skredhendelser. Det skrives, basert på tidligere erfaring er en underrapportering på 50-100% ikke uvanlig. At det kan være betydelig underrapportering, er noe som bør tas hensyn til i det videre arbeid med sannsynligheten for et skred. Sannsynlighet for skred, ble av Kronholm & Skogstad (2015, s. 6) vurdert som ti skredhendelser per år på en enhetsstrekning på 1 km. Fra tidligere i oppgaven, husker man at med tanke på sannsynlighet, ble det foreslått en kategorisering av sannsynlighet i disse kategoriene:

- Høy sannsynlighet: Ofte enn 1 hendelse per år
- Middels sannsynlighet: 1 hendelse per 1-10 år
- Lav sannsynlighet: Sjeldnere enn 1 hendelse per 10 år

Når det gjelder sannsynlighet for det aktuelle prosjektet, diskuterte arbeidsgruppen hvilken sannsynlighet som skulle tildeles. Ettersom man på det aktuelle skredområdet forventer rundt ti skredhendelser per år, var det enighet i arbeidsgruppen om at det er rimelig å sette en høy sannsynlighet for hendelsen skred, med referanse til kategoriene for sannsynlighet. Det kan nevnes at for de ti forventede skredhendelsene per år, skilles det ikke mellom størrelsen på skredet.

**Forventet konsekvens:** Når det gjelder forventet konsekvens for hendelsen, ble skjemaet som er konstruert, brukt for å fastlegge et forventet konsekvensnivå. Basert på skjemaet, ender man opp i en av fire kategorier; lav-, middels-, høy forventet konsekvens eller ikke relevant.

Når det gjelder etablering av forventet konsekvens, ble arbeidsgruppen fremlagt informasjon ansett som relevant for situasjonen. Blant annet involverte dette informasjon om skredfordeling og skredtype. Dette vises til seksjonen ovenfor om informasjon om skredfordeling og skredtype. Videre ble informasjon om ÅDT fremlagt. ÅDT for veistrekningen varierte i 2014 mellom 1300 og 1700 kjøretøy. Det ble innhentet informasjon om alternative reiseruter som ville være aktuelle dersom veistrekningen ble stengt som følge av et skred. Denne informasjon er viktig for å kunne sette en meningsfull verdi for forventet konsekvens knyttet til kategoriene: økte transportutgifter for næringsliv grunnet økt reiselengde og tid pga. omkjøring, og for kategorien samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til økt reiselengde og tid på grunn av omkjøring. Det ble tatt utgangspunkt i reiseruten Stavanger til Hjelmeland, for å kunne sammenlikne alternative reiseruter. For den korteste reiseruten, som går forbi det aktuelle skredområdet, er reisetiden 1 time og 50 minutt. Antall kilometre i reiselengde er 61,2. Dersom et skred stenger veien, er det flere alternative reiseruter. Den alternative korteste reiseruten er på 2 timer og 51 minutter, og involverer én ekstra ferje. Det er med andre ord, en økt reisetid på 1 time og 1 minutt. Når det gjelder reiselengde, er den alternative reiseruten på 68,9 km. Med andre ord 7,7 km i ekstra reiselengde. Med tanke på kategorien materielle skader, er det blitt utført observasjon ved bruk av Google Maps for å identifisere aktuell bygningsmasse på stedet. Av aktuelle bygningsmasse, er det en campingplass, Tysdal Camping, i nærheten av den aktuelle veistrekningen. I løpet av den registrerte tidsperioden mellom 2005 til 2013, er det registrert to steinskred i nærheten av campingplassen, det er ingen registrerte skred i umiddelbar nærhet til campingplassen. Når det gjelder punktet om Statens vegvesen kan bli erstatningspliktig dersom et skred går på veien, er

det tre hovedvilkår som må være oppfylt: Det må foreligge et økonomisk tap, et ansvarsgrunnlag og en adekvat årsakssammenheng.

Nedenfor kan man se skjemaet for vurdering av forventet konsekvens. Man vil sette én verdi for forventet konsekvens. Denne verdien er basert på skjemaet hvor man for de ulike kategoriene setter en lav, middels eller høy verdi. Slik man kan se fra skjemaet, deles det inn i fem hovedkategorier: direkte økonomisk effekter, indirekte økonomiske effekter, sosiale effekter, juridiske & regulatoriske effekter og politiske effekter. Videre deles det inn i underkategorier. Hva som ligger bak de ulike konsekvenskategoriene knyttet til lav, middels og høy verdi vil i det følgende bli forklart. Når det gjelder effekt på trafikksikkerhet/ liv & helse, er det blitt lagt til grunn at lav forventet konsekvens = lettere skadde, middels = få hardt skadde/drept og høy = mange hardt skadde/drepte. Med tanke på miljøskade, legges det til grunn at lav kategori er liten miljøskade. Middels nivå er langvarig miljøskade og høyt nivå er ikke reparerbar miljøskade. Angående økonomisk konsekvenser for Statens vegvesen, tas i utgangspunktet mange av kostnadene fra drift og vedlikeholdsbudsjettet til Statens vegvesen. Det ble i forkant av arbeidsgruppemøtet, diskutert med en person fra drift og vedlikeholdsavdelingen i Stavanger hva de anser som lav, middels og høy verdi, i forhold til beløp som kan dekkes over drift og vedlikeholdsbudsjettet. I forhold til lav, middels og høy verdi for kostnader som tas fra drift og vedlikeholdsbudsjettet, er rundt 1 million ansett som høy verdi. Lav er mellom 50 000 - 100 000. Middels vil være et sted mellom høy og lav. Flere av de andre kategoriene for forventet konsekvens, er av en art som ikke er like hensiktsmessig å tilegne er kvantitativ verdi. For eksempel for kategoriene trygghetsfølelse for trafikanter og omdømme for Statens vegvesen, er det ikke valgt å gjøre forsøk på å tilegne en pengeverdi.

I arbeidet med å fastsette forventet konsekvens, ble de ulike kategoriene gjennomgått av arbeidsgruppen. Måten forventet konsekvensnivå ble fastlagt på, var gjennom en gruppediskusjon av hvert punkt. For hvert av de ulike punktene, ble det om nødvendig utdypet hva som menes med punktet, og tilgjengelig informasjon knyttet til punktet ble fremlagt. For å gi et dypere innblikk i prosessen ved å fastsette et konsekvensnivå for de ulike punktene, vil det for første punkt i skjemaet bli forklart hvordan arbeidsgruppen kom frem til nivået fastsatt i skjemaet. Slik man kan se fra forventet konsekvensskjemaet, er første punkt effekt knyttet til Statens vegvesens økonomi med tanke på potensiell omkjøringsvei dersom den aktuelle veistrekningen må stenges.

Kostnader knyttet til det punktet, går blant annet ut på at man gjerne må utbedre omkjøringsveien, sette opp trafikklys, trafikkdirigenter osv. For casen, ble det tatt utgangspunkt i reiseruten Stavanger til Hjelmeland for å kunne sammenlikne alternative reiseruter. Alternativ reiserute hadde en økt reisetid på 1 time og 1 minutt og 7,7 km ekstra distanse. For den alternative reiseruten, ble informasjon innhentet om veistandard. Arbeidsgruppen vurderte samlet sett behovet for utbedring av alternativ kjørerute som lav, ettersom veistandarden var bortimot av tilsvarende kvalitet som veistrekningen vurdert. Kostnader knyttet til omkjøringsveien vil stort sett være til skilting og informasjon angående omkjøring. Disse kostnadene ble vurdert til å være i kategorien lav, og samlet sett ble forventet økonomisk konsekvens til utbedring av omkjøringsveier vurdert til å være lav.

Tilsvarende diskusjoner, som beskrevet ovenfor, ble utført for hvert av de ulike punktene for forventet konsekvens. Denne diskusjonen angående de ulike punktene kan man se i vedlegg 1. Slik man kan se fra skjemaet under, er det for noen punkter blitt vurdert som ikke relevant for den aktuelle veistrekningen.

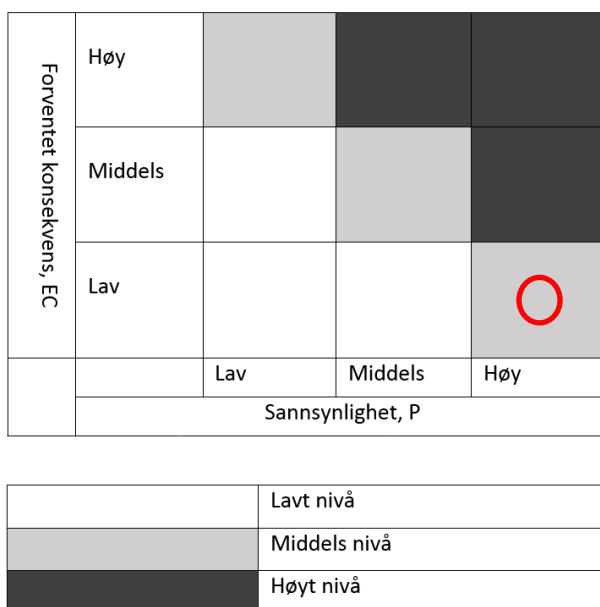
Skjemaet som vises under, illustrerer forventet konsekvens for de ulike kategoriene. Verdi som er uthevet i fet skrift, representerer den angitte kategorien. Fra tidligere i oppgaven, er det blitt beskrevet at dersom man er i kategorien høy for én eller flere kategorier, får man en samlet forventet konsekvens av høy verdi. Flere forfattere, blant annet Wiencke et al. (2006, s. 2301) og Abrahamsen et al. (2015, s. 413), har valgt tilsvarende inndeling. I denne oppgaven legges det til grunn at en slik inndeling er fornuftig. Dette er fordi, dersom man for ett punkt er i kategorien høy, er en slik forventet konsekvens såpass alvorlig at det totale konsekvensbildet også bør være i kategorien høy. Det er i denne oppgaven besluttet å ikke skille mellom kategoriene lav og middels knyttet til hvor mye vekt de skal tillegges i skjemaet. De er i denne oppgaven vektlagt til samme grad. Man kan se av skjemaet, at man ikke har høy forventet konsekvens for noen kategorier. Man kan observere fra skjemaet, at man er i lav kategori for ti punkter, og middels kategori for tre punkter. Tre punkter er i kategorien ikke relevant. Ettersom det er en klar overvekt av punkter i kategorien lav, i forhold til middels, blir samlet forventet konsekvens i kategorien lav.

Konsekvensdimensjon	Forventet konsekvens			
<b>Direkte økonomiske effekter</b>				
Effekt knyttet til Statens vegvesens økonomi med tanke på potensiell oppgradering av omkjøringsvei dersom eksisterende vei må stenges	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til Statens vegvesens økonomi med tanke på gjenåpning av vei (rydding og reparasjon)	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
<b>Indirekte økonomiske effekter</b>				
Effekt knyttet til endrede byggekrav, som kan føre med seg økte kostnader for fremtidige prosjekter	Lav	Middels	Høy	<b>Ikke relevant</b>
Effekt knyttet til fremtidige vedlikeholdskostnader	Lav	Middels	Høy	<b>Ikke relevant</b>
Effekt knyttet til Statens vegvesens omdømme	Lav	<b>Middels</b>	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til økte transportutgifter for næringsliv grunnet økt reiselengde og tidsbruk pga. omkjøring	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til samfunnsøkonomi med tanke på økt reiselengde og tid pga. omkjøring	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
<b>Sosiale effekter</b>				
Effekt knyttet til miljø	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til trafiksikkerhet/ liv & helse	Lav	<b>Middels</b>	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til næringslivets forutsigbarhet med tanke på åpen vei	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til materielle skader (ekskludert direkte skader på veien)	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Effekt knyttet til trygghetsfølelse for trafikanter	Lav	<b>Middels</b>	Høy	Ikke relevant

Effekt knyttet til tidsbruk/fremkommelighet	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
<b>Juridisk &amp; regulatoriske effekter</b>				
Juridisk effekt: Kan Statens vegvesen bli erstatningspliktig som følge av en ulykke	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
Regulatoriske effekter: Kan man forvente nytt regelverk som følge av en ulykke, man må forhold seg til for fremtidige prosjekter	<b>Lav</b>	Middels	Høy	Ikke relevant
<b>Politiske effekter</b>				
Effekt knyttet til omprioritering av prosjektporteføljen som følge av en ulykke	Lav	Middels	Høy	<b>Ikke relevant</b>

Tabell 5: Skjema for vurdering av forventet konsekvens

Når både sannsynlighet og forventet konsekvens er fastsatt, er det mulig å plote resultatene i en matrise. Resultatene fra sannsynlighets- og forventet konsekvens vurderingene for hendelsen, er plottet i matrisen under. Man har høy verdi for sannsynlighet og for forventet konsekvens er man i kategorien lav. Det gir, slik man kan se av matrisen, et nivå som tilsvarer middels nivå (grå farge) for EC, P indeks. Denne EC, P indeksen skal brukes senere i risikokategoriseringen.



Figur 19: Matrise som representer forventet konsekvens og sannsynlighet

**Steg 2)** I dette steget, var målet å plassere prosjektet i matrise 2, altså etter styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Hendelsen som ble studert var skred på veistrekningen.

**Styrken av bakgrunnskunnskap:** Man husker fra tidligere i oppgaven, at styrken av bakgrunnskunnskapen (SaK) vurderes etter punktene nedenfor. Bakgrunnskunnskapen er ansett å være svak om ett eller flere av punktene under er oppfylt:

- *«Forutsetningene som er gjort, representerer sterke forenklinger.*
- *Data/informasjon er ikke-eksisterende eller svært upålitelige/irrelevant.*
- *Det er stor uenighet blant eksperter.*
- *De fenomenene som er involvert er dårlig forstått, modeller eksisterer ikke, eller er kjent for/antatt å gi dårlige prediksjoner».*

Motsatt, er kunnskapen ansett for å være sterk dersom alle av de følgende punktene er oppfylt:

- *«Forutsetningene som er gjort, anses som svært rimelige.*
- *Store mengder pålitelig og relevant data/informasjon er tilgjengelig.*
- *Det er bred enighet blant eksperter.*
- *Fenomenene som er involvert, er godt forstått, og modellene som brukes er kjent for å gi prediksjoner med den nødvendige nøyaktighet.»*

Bakgrunnskunnskapen er ansett å være middels dersom man er et sted mellom sterk og svak kunnskap.

For å vurdere SaK må vi se på punktene ovenfor. Hvilke forutsetninger er blitt gjort. Hvor mye data har man? Er det uenighet blant eksperter? Forstår man fenomenet skred godt, og har man gode skredmodeller? For å finne svar på disse spørsmålene, er informasjon angående disse spørsmålene blitt innhentet. Punktene ble vurdert, og disse vurderingene er oppsummert nedenfor for de fire ulike punktene som er blitt vurdert:

- Er forutsetningene som har blitt gjort ansett som rimelige? Fra blant annet rapporten av Kronholm & Skogstad (2015, s. 5), har det blitt gjort antagelser knyttet til underrapportering av skredhendelser. De forventer en underrapportering av skredhendelser, ettersom de fleste hendelsene er mindre stein i veibanen. Det står



følgende: «Basert på tidligere erfaring med registreringer av skredhendelser, er det ikke uvanlig med en betydelig underrapportering av skredhendelser. En underrapportering på 50 -100 % er ikke uvanlig». Det har også blitt foretatt antagelser med tanke på ÅDT/trafikkmengde. Når det gjelder til ÅDT står det: «Vi antar at det er betydelig mer trafikk på den vurderte strekningen i sommerperioden enn i vinterperioden. I sommerperioden er hyppigheten av registrerte skredhendelsen mindre enn i vinterperioden». En helhetlig vurdering av disse forutsetningene, er ansett som rimelige.

- Er store mengder pålitelig og relevant data/informasjon tilgjengelig? Angående pålitelig og tilgjengelig relevant data/informasjon knyttet til et skred på strekningen, er det relativt mye tilgjengelig data om mindre skred, men lite data knyttet til større skred ettersom det ikke har vært like mange av dem. I det aktuelle tilfellet er mengden pålitelig og relevant data/informasjon vurdert som god.
- Er det enighet blant eksperter? I dette punktet vurderer man om det er enighet blant ekspertene. Hva som er å betrakte som enighet, blir en subjektiv vurdering. Men dersom for eksempel halvparten av ekspertene mener en bestemt ting, og den andre halvparten mener noe annet, er dette en klar indikasjon på uenighet blant ekspertene. I det aktuelle tilfellet med skred på veistrekningen, er det antatt og vurdert som at det er enighet blant skredeksperter om sannsynligheten for et skred.
- Er fenomenet forstått og eksisterer modeller som er kjent for å gi gode prediksjoner? Fenomenet i dette tilfellet er et skred. Spørsmålet er om man forstår dette fenomenet og om modellene som brukes er kjent for å gi prediksjoner med den nødvendige nøyaktighet. Er med andre ord, skred et fenomen man forstår godt? Generelt er skred et fenomen som er vanskelig å forstå fullt ut, og modellene for å forutse et skred er ikke spesielt gode. Det er vanskelig å utarbeide pålitelige matematiske modeller for et skred. Basert på dette blir fenomenet vurdert til å være middels forstått, og det eksistere heller ikke særlig pålitelige modeller for å predikere et skred.

Fra punktene ovenfor, ser man at tre av de øverste punktene er oppfylt, men det siste punktet er ikke oppfylt. For å kunne få sterk bakgrunnskunnskap må alle de fire punktene være oppfylt, og det er de ikke i det vurderte tilfellet. Det siste punktet er middels oppfylt. Basert på en helhetlig vurdering av de fire punktene ovenfor, i forhold til de fastlagte kriteriene for svak, middels og sterk bakgrunnskunnskap, vurderes styrken av bakgrunnskunnskapen som middels.

**Stokastisk usikkerhet:** I skred situasjonen vil man ha høy stokastisk usikkerhet dersom forventet konsekvens er vurdert som å gi dårlig prediksjon med tanke på faktisk konsekvens. Si en konsekvensanalyse avdekker at det kan forventes to drepte dersom et skred inntreffer, men faktisk konsekvens er 25 drepte. Da er forventet konsekvens en dårlig prediksjon på faktisk konsekvens. Man husker fra tidligere i oppgaven, at stokastisk usikkerhet vurderes etter punktene nedenfor:

- Høy usikkerhet: Usikkerheten kan klassifiseres som høy, dersom forventet konsekvens (EC) er vurdert som å gi dårlig prediksjon i forhold til faktisk konsekvens. Usikkerheten klassifiseres som høy når populasjonen har høy variasjon (høy stokastisk usikkerhet). Man kan ha situasjoner hvor bakgrunnskunnskapen er vurdert som sterk, men hvor forventet konsekvens er vurdert å gi dårlig prediksjon av faktisk konsekvens.
- Lav usikkerhet: Usikkerheten kan klassifiseres som lav, dersom forventet konsekvens (EC) er vurdert som å gi god prediksjon i forhold til faktisk konsekvens. Usikkerheten klassifiseres som lav når populasjonen har lav variasjon (lav stokastisk usikkerhet).
- Middels usikkerhet: Er i situasjoner hvor man er et sted mellom høy- og lav usikkerhet.

For å vurdere stokastisk usikkerhet for det aktuelle skredsikringsprosjektet, må faktorer som kan føre til at faktisk konsekvens kan avvike betraktelig fra forventningsverdien identifiseres. To slike faktorer som er identifisert, er busstransport og tungtransport på veistrekningen. Hver av de to faktorene vil bli gjennomgått i det følgende:

- Busstransport: Fra mandag til fredag, er det ni rutebuss avganger i løpet av dagen. Disse bussene kjører tur/retur. Det er også bussavganger i helgene. Turistbussene bruker veien, og særlig om sommeren kan det forventes mange busser. Ettersom det er busser som bruker veistrekningen, kan antall drepte i en skredulykke variere i stor grad i forhold til forventningsverdien. Si at for en bussulykke på strekningen, setter man en verdi for forventet konsekvens. Det kan være forventet antall drepte i en bussulykke, gitt bakgrunnsinformasjon. Si en slik forventet verdi er 0,1 drepte i løpet av en tidsperiode. Til dette tallet kan man ha svært sterk bakgrunnsinformasjon, med mye statistikk for bussulykker i Norge. Her kan man se for seg en situasjon hvor man har veldig mye og sterk kunnskap knyttet til bussulykker. Men selv om man har mye kunnskap, kan man fremdeles ha høy usikkerhet for antall drepte, gitt en bussulykke. Virkelig antall drepte

kan være langt høyere, og da er 0,1 et dårlig anslag. 0,1 er en dårlig prediksjon på antall drepte, det er stor usikkerhet, men mye bakgrunnsinformasjon. Man har høy usikkerhet for antall drepte i en bussulykke siden en buss gjerne har plass til 80 mennesker, og man har usikkerhet knyttet til hvor mange av disse som blir drept ved en ulykke. Det vil for eksempel være lavere stokastisk usikkerhet knyttet til en personbil, enn en buss. Dette fordi det er potensielt langt flere mennesker i en buss, enn i en bil.

- Tungtransport: En annen potensiell faktor, som kan føre til at faktisk konsekvens kan avvike betraktelig fra forventningsverdien, er identifisert til å være tungtransport. På den aktuelle veistrekningen er tungtrafikkandel 11-13 % (Asplan Viak, 2015, s. 8).

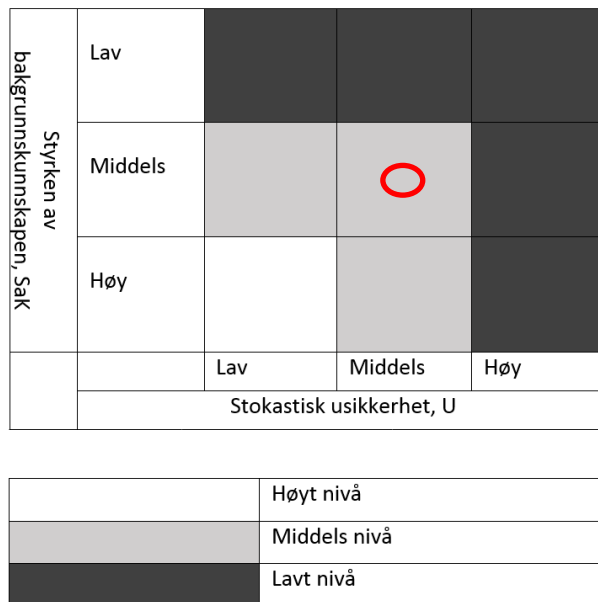
Tungtransport er definert som et kjøretøy over 5,6 meter eller en totalvekt på mer enn 3,5 tonn (Vegdirektoratet, 2014c). Et eksempel på hvordan tungtransport kan føre til at faktisk konsekvens avviker betraktelig fra forventningsverdien, er om man beregner en forventningsverdi på 300 000 kroner i økonomisk tap knyttet til et skred. I en slik forventningsverdi er gjerne basert på at en personbil blir tatt av et skred. Si at en lastebil blir tatt av et skred, som frakter varer til en verdi av 5 millioner kroner. I en slik situasjon vil den faktiske økonomiske konsekvensen avvike betraktelig fra forventningsverdien.

Fra skjemaet for forventet konsekvens, husker man at effekt for trafikksikkerhet ble vurdert som middels. Man har identifisert busstransport som en faktor som kan føre til at faktisk konsekvens avviker betraktelig fra forventet konsekvens. Si at man forventer én personbil blir tatt av et skred hvert tiende år, og det medfører få hardt skadde/drepte. Man er da, ifølge inndeling for helseeffekter, i middels konsekvenskategori. Man havner i kategorien få hardt skadde/drepte ettersom det i en personbil i gjennomsnitt er 1,55 personer i en bil (TØI). Det er rimelig å anta at gjennomsnittlig antall personer i en buss er langt høyere enn 1,55. Si at dersom en buss, og ikke en personbil blir tatt av et skred, da er det rimelig å anta at man får langt flere dødsfall. Det er rimelig å anta at man vil oppleve mange hardt skadde/drepte. Da er man, ifølge inndeling for helseeffekter, i høy konsekvenskategori.

Man har vurdert materielle skader til å være i konsekvenskategori lav. Om en lastebil eller buss, som kan ha en langt høyere verdi enn en personbil, blir tatt av et skred, vil det kunne føre til at man opplever at faktisk forventet konsekvens knyttet til materielle skader avviker betraktelig fra faktisk konsekvens.

Basert på en helhetlig vurdering av punktene ovenfor, i forhold til de fastlagte kriteriene for svak, middels og sterk stokastisk usikkerhet, vurderes stokastisk usikkerhet til å være middels. Dette er knyttet til de to overnevnte faktorene busstransport og tungtransport.

Når både styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet er fastlagt, er det mulig å plote resultatene i en matrise. Resultatene fra bakgrunnskunnskapsvurderingene og stokastisk usikkerhetsvurderingene for hendelsen skred på veistrekningen er plottet i matrisen under. Man har middels verdi for styrken av bakgrunnskunnskap og for stokastisk usikkerhet er nivået middels. Det gir, slik man kan se av matrisen, et nivå som tilsvarer middels. Man får et SaK, U indeks nivå tilsvarende middels.



Figur 20: Matrise som representer styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet

**Steg 3)** I dette steget, var målet å plassere prosjektet i matrise 3, med andre ord etter EC, P indeks og SaK, U indeks. Til det bruker man resultatene fra matrise 1 (steg 1) og 2 (steg 2), for å kategorisere etter risiko. Fra tidligere i oppgaven og som Abrahamsen et al. (2016, s. 190) beskriver, har man i tilfeller for høy SaK, U indeks samme risikonivå som for EC, P indeks. Dette kan man se i kolonne 1 i figuren under. Hvis derimot SaK, U indeks er enten medium eller lav, beveger man seg opp et nivå i forhold til EC, P indeksen. Dette kan man se i kolonne 2 og 3 i figuren under. Matrisen under viser risikonivået for veistrekningen. Man husker fra steg 1, at man fikk en EC, P indeks tilsvarende middels nivå. Fra steg 2, fikk man en SaK, U indeks tilsvarende middels nivå. Det gir, slik man kan se av figuren under, et samlet risikonivå tilsvarende høyt.

EC, P indeks	Høy			
	Middels			
	Lav			
		Høy	Middels	Lav
	SaK, U indeks			

	Lavt risikonivå
	Middels risikonivå
	Høyt risikonivå

Figur 21: Matrise for risikokategorisering

#### 4.4 Utbytte av metoden når det gjelder skredsikringsprosjektet

Denne delen av oppgaven, vil gå inn på utbyttet og fordelene knyttet til den presenterte metoden knyttet til skredsikringsprosjektet. Med andre ord, hva kan man bruke den presenterte risikokategoriseringen til. Fra seksjonen ovenfor, ble et høyt risikonivå for veistrekningen fastsatt. Dette risikonivået kan nå brukes til å gi føringer når det gjelder hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Dette vil igjen kunne bidra til at man bruker ressursene man har tilgjengelig på en optimal måte, og utfører «korrekt» risikovurdering sett i forhold til risikonivået.

Når det gjelder prosjektet som er studert i denne oppgaven, er det gjort et bevisst valg å studere et prosjekt som var kommet langt i planleggingsfasen. Dette fordi det gir mulighet for å sammenlikne hva som er blitt gjort i prosjektet, med tanke på spørsmål knyttet til risiko og økonomi, og sammenlikne det med hvilke føringer metoden foreslått i oppgaven gir for hva man skal gjøre i en slik situasjon. For det evaluerte prosjektet er det blitt gjennomført en risikovurdering. Denne vil bli sammenliknet med beskrivelsen av de tre ulike risikovurderingene presentert i denne oppgaven. De tre kategoriene er forenklet-, standard- og modellbasert risikovurdering. Når det gjelder risikovurderingen, er den i denne oppgaven betraktet som å være en standard risikovurdering. Man husker fra tidligere at en standard risikovurdering er en mer formalisert fremgangsmåte der det benyttes anerkjente risikoanalysemetoder, for eksempel

HAZID og grovanalyse. Ofte brukes risikomatriser til å fremstille resultatene. Dette stemmer godt med hva som faktisk er utført i risikovurderingen. Det er heller ikke brukt teknikker som hendelsestreanalyse og feiltreanalyse til å beregne risiko, som ofte kjennetegner en modellbasert risikovurdering.

Fra risikokategoriseringen i seksjonen ovenfor, så man at en fikk et høyt risikonivå for veistrekningen. Basert på et høyt risikonivå, husker man fra tidligere i oppgaven, at modellbasert risikovurdering er anbefalte å gjennomføre. Når det gjelder økonomisk perspektiv, gir et høyt risikonivå føringer knyttet til at man skal legge til grunn forsiktighetsprinsippet. Det vil nedenfor gå inn på henholdsvis hva man oppnår med tanke på risikovurderinger og økonomisk perspektiv, ved å bruke den presenterte metoden.

### **Risikovurdering:**

Basert på et høyt risikonivå, fra figuren under, anbefales det å gjennomføre en modellbasert risikovurdering. At man gjennomfører en modellbasert risikovurdering for strekningen, vil gjerne involvere at man bruker teknikker som hendelsestre- eller feiltreanalyse. En modellbasert risikoanalyse for situasjonen, vil bruke mer detaljerte metoder og modeller for å komme frem til resultatene. Ved å gjennomføre en modellbasert risikovurdering bruker man mer ressurser og tid, og behøver høyere kompetansenivå, sammenliknet med forenklet og standard risikovurdering. På den andre siden, kan analysen avdekke mer når det gjelder risikoen til situasjonen, og åpner opp for å undersøke hvordan forskjellige faktorer påvirker risikoen. Dette ville man ikke oppnådd med en forenklet risikovurdering, hvor man gjerne ville tatt utgangspunkt i de tidligere skredhendelsen og angitt risikoen basert på det.

EC, P indeks	Høy			
	Middels			
	Lav			
		Høy	Middels	Lav
		SaK, U indeks		

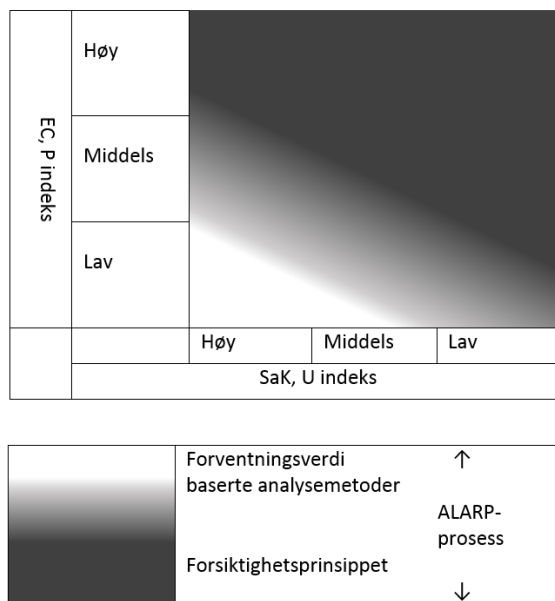
	Forenklet risikovurdering
	Standard risikovurdering
	Modellbasert risikovurdering

Figur 22: Risikomatrix som angir hvor omfattende risikovurderingsmetode som skal anvendes avhengige av risikonivået

### Økonomisk perspektiv:

Man husker fra risikokategoriseringen at man for EC, P indeks og SaK, U indeks, hadde middels nivå for dem begge. Om man plotter indeksene i matrisen under, havner man på høyt nivå, tilsvarende mørk farge. Man kan se av inndelingen av matrisen, at det er en ulik inndeling enn for risikovurdering, hvor man har definerte skiller mellom nivåene. For økonomisk perspektiv, er det en mer flytende overgang mellom nivåene. Da ser man at et middels nivå for begge indeksene, angir at man er et sted mellom mørkt og grått nivå. Som forklart tidligere i oppgaven, kan det tolkes slik at man bør legge til grunn forsiktighetsprinsippet, men ikke like mye fokus som det ville vært om man hadde vært øverst i høyre hjørne i figuren. Forsiktighetsprinsippet i sin ekstreme tolkning, angir at et sikkerhetstiltak skal implementeres uansett. Det er i denne oppgaven ansett å være urimelig at et middels nivå for EC, P indeks og SaK, U indeks, vil angi at man legger så mye vekt på forsiktighetsprinsippet, at et sikkerhetstiltak skal innføres uansett. En slik vekt på forsiktighetsprinsippet, får man gjerne hvis man har lav prediksjonskvalitet (SaK, U indeks) og høy EC, P indeks. Man er da i øvre høyre hjørne av matrisen. Man får ved bruk av matrisen, med flytende overgang mellom nivåene, en mer subjektiv vurdering enn for risikovurderingsmatrisen. Det er derimot fremdeles, en anbefaling at man bør anvende forsiktighetsprinsippet for økonomisk perspektiv, men hvor også forventningsverdi baserte

analysemetoder til en viss grad kan komme til anvendelse. Hva dette innebærer for den aktuelle skredsikringsstrekningen forklares nedenfor.



Figur 23: Risikomatrix som angir hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn avhengige av risikonivået

Om man legger til grunn forsiktighetsprinsippet, innebærer det at man skal iverksette tiltak eller ikke gjennomføre en aktivitet, dersom det er knyttet usikkerhet til hva som blir konsekvensene av en aktivitet (Aven, 2016). Når man anvender forsiktighetsprinsippet, legger man til grunn at analyser som kost-nytte har svakheter, og ikke nødvendigvis gir det hele og fulle bildet. Hva det vil si i praksis for det aktuelle skredsikringsprosjektet, kan man med referanse til forsiktighetsprinsippet i et slikt tilfelle, rettferdiggjør trafikksikkerhetstiltak som ikke er lønnsomt med tanke på kost-nytte forhold, dersom usikkerheten knyttet til utfallet av et skred er høy. Når det gjelder økonomiske vurderinger, er det i det evaluerte prosjektet blitt vurdert flere mulige alternativer for utbygging. For skredsikringsprosjektet er det ble benyttet kost-nytte analyser for økonomisk perspektiv, med andre ord en forventningsverdi basert analysemetode. Alternativet som er valgt som utbyggingsløsning for skredsikringsprosjektet har negativ netto nytte på 79 millioner. Det vil med andre ord si at kostnaden for å bygge veien, er høyere enn forventet nytte. Siden man valgte en løsning med negativ netto nytte, er det andre faktorer enn kun økonomi som har spilt inn. Det vil da være interessant å undersøke om høy usikkerhet eller risiko har vært en slik faktor, og at man har lagt til grunn forsiktighetsprinsippet. Etter å ha studert dokumentasjon knyttet til prosjektet, tyder det ikke på at usikkerhet eller risiko har vært en avgjørende faktor.



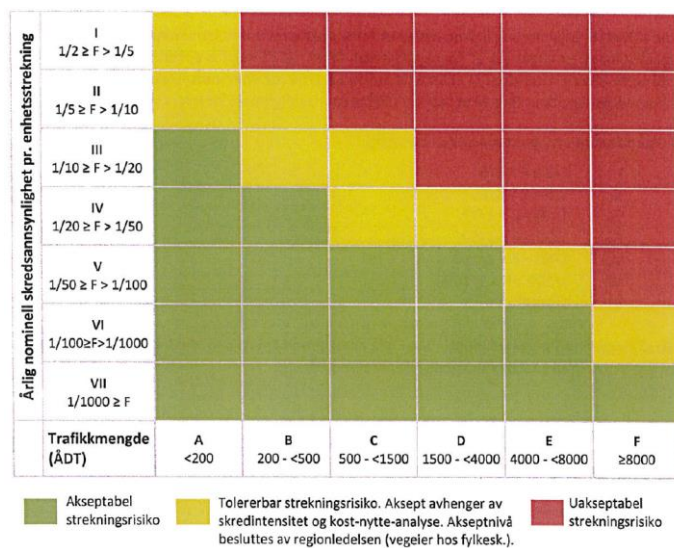
Den avgjørende faktoren er at alternativet som er blitt valgt, kom best ut i en samfunnsøkonomisk rangering (Statens vegvesen, 2016). De alternativene som kom best ut knyttet til økonomi, kom i konflikt med nasjonale mål knyttet til kulturminne, og gjorde at de i en samfunnsøkonomisk sammenheng kom dårlig ut. Man ser av dette, at det ikke var risikonivå som avgjorde hva som ble brukt som argument for å velge en løsning som ikke var kostnadseffektiv. Ved å bruke metoden som er presentert i denne oppgaven, kunne man dersom en hadde havnet på høyt risikonivå, rettferdiggjort bygging av veien/tunnelen, eller andre sikkerhetstiltak, som hadde et negativt kost-nytte forhold med referanse til forsiktighetsprinsippet.

### **Ulikheter mellom metoder som brukes i Statens vegvesen og foreslått metode:**

Basert på metoden som presenteres i denne oppgaven, har man et annet syn på risiko enn hva som legges til grunn i dokumentasjonen knyttet til skredsikringsprosjektet. I dokumentet Kommunedelplan av Statens vegvesen (2015, s. 30), defineres risiko som: «*Risiko er eit produkt av sannsynet for og konsekvens av eit skred*». Man ser av denne definisjonen av risiko, at risiko defineres annerledes enn i denne oppgaven. Definisjonen inkluderer ikke styrken av bakgrunnskunnskap eller stokastisk usikkerhet. Man kan da som presentert i denne oppgaven, overse viktige aspekter knyttet til risiko.

Når man skal studere utbyttet av metoden presentert, er det naturlig å sammenlikne med praksis angående risikovurdering for skredsikringsprosjekter i dag. I dokumentasjon som foreligger med tanke på det evaluerte prosjektet, ser man på konsekvens som ÅDT på en gitt enhetsstrekning. Man ser ikke på andre konsekvensdimensjoner, slik som den presenterte metoden tar høyde for. Videre, er praksis å plote sannsynlighet for skred og ÅDT i en risikomatrise, og deretter sammenlikne dette risikonivået med et risikoakseptkriterium. Metoden som er foreslått i denne masteroppgaven, skiller seg fra denne praksisen. For det første, relateres forventet konsekvens ikke kun til ÅDT. Som man kan se fra skjemaet for forventet konsekvens, spiller også andre hensyn inn. Ved å relatere konsekvens til kun ÅDT, ser man bare på konsekvenser knyttet til personskader og skade på kjøretøy. Man kan argumentere med at dersom risikoen er høy, knyttet til tap av liv, er det den viktigste faktoren. Det har denne oppgaven ikke nødvendigvis innvendinger mot. Derimot kan det være andre faktorer som er viktige for å angi et konsekvensnivå. Faktorer som samfunnskritikalitet, økonomi osv., er faktorer som kan være betydningsfulle i fastsettelsen av et konsekvensnivå. Et tenkt eksempel som kan illustrere dette,

og hvorfor ÅDT alene som konsekvensfaktor kan være utilstrekkelig, vil i det følgende bli presentert. Man kan se for seg en situasjon hvor ÅDT på en veistrekning er under 200. Slik man kan se av figuren under, er man i laveste nivå og man kan ikke oppnå uakseptabel strekningsrisiko dersom sannsynligheten for skred er lavere enn 1/2. En sannsynlighet på 1/2, vil si at det forventes å gå et skred hvert andre år. Man kan videre se for seg at denne veien kan kategoriseres i kategori høy, for flere av konsekvensfaktorene fra skjemaet for forventet konsekvens. Blant annet antas det at veien er svært samfunnskritisk, med begrenset omkjøringsmuligheter. Man kan for eksempel se for seg at en stor bedrift er helt avhengig av veien for å transportere sine varer, og dersom veien stenges vil de måtte stenge av sin produksjon i perioden veien ikke er åpen. Videre, kan man trekke inn materielle skader som en faktor å betrakte. Man kan se for seg en bygning av nasjonalbetydning som ligger i skrednedslagsfeltet, som potensielt kan bli ødelagt dersom et skred går. I denne oppgaven legges det til grunn at disse faktorene som nevnes ovenfor, kan være viktige å betrakte når man fastsetter et risikonivå.



Figur 24: Risikomatrix for skred på en veistrekning (Statens vegvesen, 2014a, s. 2)

Et annet moment som skiller seg fra praksis for skredsikringsprosjekter i dag og metoden foreslått i oppgaven, knytter seg til at metoden foreslått vurderer stokastisk usikkerhet. På den måten, vektlegger man at det kan være forskjell i antall drepte/skadde om det er en bil eller en buss som blir tatt av et skred. Ved at eksisterende metode kun ser på ÅDT, ser man kun på antall kjøretøy på veistrekningen. Da skiller det ikke mellom om det er en buss eller en bil som kjører på veien. Ettersom en bil ofte maksimalt inneholder 5 personer, og en buss kan inneholde godt

over 50 personer, kan man oppleve en stor forskjell knyttet til antall drepte/skadde om en bil eller en buss blir tatt av et skred. Den foreslåtte metoden, tar hensyn til dette ved å vurdere stokastisk usikkerhet. Da vurderer man, som tidligere nevnt, om det er faktorer som kan føre til at forventet konsekvens er vurdert å gi dårlig prediksjon av faktisk konsekvens.

Den eksisterende metoden og den foreslåtte metoden skiller seg også fra hverandre når det gjelder bruk av risikoakseptkriterier. Som tidligere nevnt, er praksis for eksisterende metode å plote sannsynlighet for skred og ÅDT i en risikomatrix, for deretter å sammenlikne dette risikonivået med et risikoakseptkriterium. Dette gjøres ikke for den foreslåtte metoden. Her brukes ikke risikoakseptkriterier. Risikoakseptkriterier er en øvre grense knyttet til akseptabel risiko. Bruken av slike akseptkriterier har som Aven (2015, s. 122) diskuterer, noen problemer tilknyttet, som gjør dem problematisk å bruke i en risikosammenheng. Som diskutert av Aven, er bruk av akseptkriterier problematisk ettersom det innebærer at beslutninger til en stor grad mekaniseres i situasjoner, hvor man må foreta vanskelige avveininger. Med at beslutninger mekaniseres, menes det, at dersom beregnet risikonivå er under gitt akseptkriterium, er risikoen akseptabel. Motsatt, dersom man kommer over kriteriet, er ikke risikoen akseptabel. Som Aven forklarer, bør man ikke utelukkende vurdere risikonivået, en bør også ta hensyn til blant annet kostnaden knyttet til tiltaket, hva som er praktisk mulig å gjøre og hvordan mennesker opplever risikoen. Et annet moment som trekkes frem, er at bruk av risikoakseptkriterier gir feil fokus i den forstand, at man heller søker å oppnå kriteriet, i stedet for å rette fokus mot hva som er viktig for å håndtere risikoen og bedre sikkerheten. Et siste moment som nevnes av Aven, er at bruk av risikoakseptkriterier forutsetter et høyere presisjonsnivå for risikoanalysene, enn hva analysene gjerne kan forsvare. Som man kan se av disse momentene som nevnes ovenfor, er det tilknyttet noen utfordringer til bruk av risikoakseptkriterier. Det bidrar til at det i denne oppgaven ikke velges å trekke inn risikoakseptkriterier når det gjelder den foreslåtte metoden.

Ovenfor ser man at den foreslåtte metoden presentert i denne oppgaven skiller seg ut fra eksisterende metode, knyttet til hvordan risiko kategoriseres. I korte trekk, kan man si at utbyttet når det gjelder skredsikringsprosjektet inkluderer å få prosjektet kategorisert etter et utvidet perspektiv på risiko. Denne risikokategoriseringen, danner basis for hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn

for skredsikringsprosjektet. Det gjør igjen, at man kan oppnå å bruke ressursene man har tilgjengelig på en optimal måte, og utfører «korrekt» risikovurdering sett i forhold til risikonivået.

## **5 Diskusjonsdel**

I denne delen av oppgaven, vil det diskuteres hvorfor kategoriseringen som er lagt til grunn i denne oppgaven er valgt. Utbyttet av risikokategoriseringsmetoden for valg av risikovurdering og økonomisk perspektiv for Statens vegvesen vil bli sett nærmere på. Det vil bli diskutert hvordan metoden kan forbedres, og det vil bli presentert forslag til hvordan denne metoden kan implementeres i Statens vegvesen sitt arbeid.

### **5.1 Hvorfor er kategoriseringen som er lagt til grunn blitt valgt?**

Det vil i denne delen av oppgaven, bli drøftet hvorfor kategoriseringen som er lagt til grunn er blitt valgt. Spørsmål som kan stilles er; hvorfor gjøres det så omfattende, hvorfor er ikke eksisterende metoder tilstrekkelige, og hvorfor har det blitt valgt å si at det er risiko som er viktig for å kategorisere prosjekter? Det vil bli sett nærmere på hvorfor det i denne oppgaven er valgt å kategorisere etter forventet konsekvens, sannsynlighet, styrke av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Det vil bli undersøkt om det er alternative metoder å kategorisere på, og hva som eventuelt skiller dem fra den foreslåtte metoden.

Det er i denne oppgaven, valgt å dele inn i tre ulike risikonivåer; lavt-, middels- og høyt risikonivå. De ulike nivåene er etablert ved å studere kombinasjonen av sannsynlighet og forventet konsekvens, sammen med kombinasjonen av styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. Denne måten å etablere et risikonivå på, skiller seg ut fra en mye benyttet praksis, hvor risiko ofte uttrykkes som sannsynligheten for en hendelse og konsekvensene av denne hendelsen. Det vil bli sett nærmere på hvorfor denne beskrivelsen av risiko, for å kategorisere i ulike risikonivåer, kan være utilstrekkelig i noen tilfeller. Det vil bli studert hvilke aspekter man ville gått glipp av, dersom man kun bruker sannsynlighet x konsekvens i fastsettelsen av et risikonivå.

Om man i arbeidet med risiko ikke tar hensyn til styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet, kan man overse viktige akseptor knyttet til risiko. Som tidligere nevnt, kan man for en sannsynlighet ha helt ulik bakgrunnskunnskap. Denne forskjellen i bakgrunnskunnskap, er ikke reflektert i sannsynlighetstallet i seg selv. Eksempler som illustrerer dette ble presentert i seksjon 2.3. Fra eksemplene så man, at ved å ikke ta hensyn til styrken av bakgrunnskunnskap, kan man overse viktige aspekter knyttet til situasjonen. Man kan for eksempel ha en situasjon hvor man

har to identiske sannsynlighetstall, men de to tallene er basert på helt ulik bakgrunnskunnskap. Det ene tallet har sterk kunnskap, mens det andre har svak. Det er da naturlig å tilegne mest vekt til den sannsynligheten med sterk bakgrunnskunnskap, hvis man skal ta en beslutning basert på tallet. Når det gjelder stokastisk usikkerhet, kan viktige akseptor knyttet til risiko bli oversett dersom man ikke tar tilstrekkelig hensyn til denne usikkerheten. Som tidligere presentert, har man høy stokastisk usikkerhet dersom forventet konsekvens er vurdert å gi en dårlig prediksjon i forhold til faktisk konsekvens. Fra Rv 13. eksemplet i del 4 av oppgaven, ble det forklart at man kan ha høy stokastisk usikkerhet, dersom det er mange busser som kjører på en veistrekning. Det var fordi busstransport gir et potensial for at faktisk konsekvens avviker betraktelig fra forventet konsekvens.

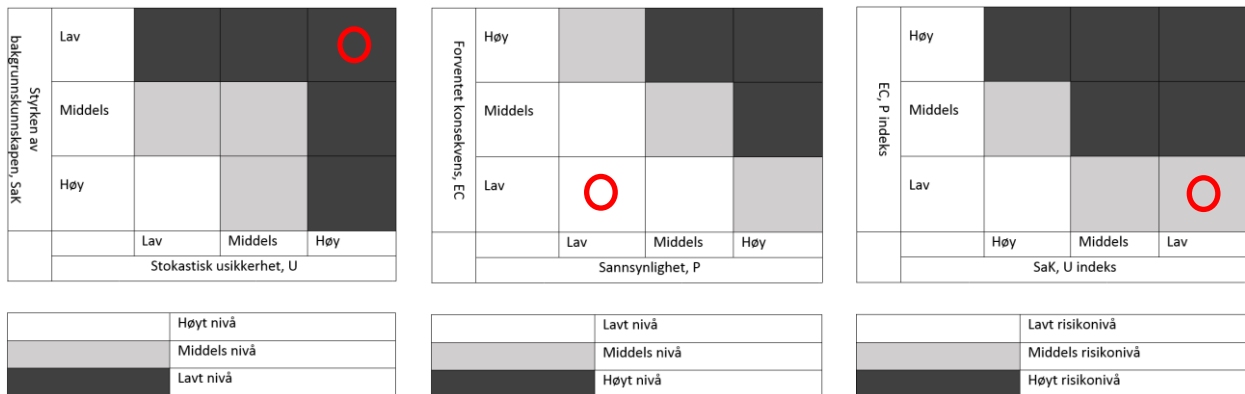
Som diskutert ovenfor, kan det være problematisk å kun bruke sannsynlighet og konsekvens for å etablere et risikonivå. Styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet er identifisert som viktige faktorer å ta hensyn til når man etablerer et risikonivå. Det vil i det følgende bli diskutert om en måte å kategorisere prosjekter på, er kun ved å se på styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. Ved å legge til grunn en slik metode, velger man ikke å se på sannsynlighet og konsekvens knyttet til situasjonen for å kategorisere prosjekter. Om dette er en fornuftig praksis, vil i det følgende bli diskutert.

### **Kategorisering av prosjekter basert på usikkerhet:**

Et spørsmål som det er naturlig å stille, er om man ved bruk av den foreslåtte metoden gjør ting unødvendig komplisert. Kunne det vært en mulighet å kun sett på usikkerhet som faktor for å dele inn prosjekter, hvor man betrakter usikkerhet som kombinasjonen av styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet? Man velger med en slik metode å ikke se på risiko. Utgangspunktet kunne da vært, om usikkerheten er lav (god prediksjonskvalitet), legger man til grunn at man kan bruke forenklet risikovurdering og forventningsverdi basert økonomisk perspektiv. Tanken er da, at dersom usikkerheten er lav, vil man oppleve få overraskelser knyttet til utfallet man forventer.

I første del av diskusjonen knyttet til bruk av usikkerhet som kategoriseringsfaktor, vil det bli demonstrert at det er en forskjell mellom å kategorisere etter usikkerhet og risiko. Ser man på de ulike matrisene for å vurdere risiko, observeres det at dersom det legges til grunn at man for situasjonen har lav styrke av bakgrunnskunnskap og høy stokastisk usikkerhet, får man en

indikasjon på mørk farge (lavt nivå for prediksjonskvalitet). Dette kan ses fra matrisen nedenfor til venstre. At man får mørk farge, gir føringer knyttet til at man skal legge til grunn en modellbasert risikovurdering og forsiktighetsprinsippet, med tanke på økonomisk perspektiv. Om man for situasjonen vurderer forventet konsekvens og sannsynlighet til å være i kategorien lav, ender man opp i, slik man kan se av matrisen i midten, lys farge (lavt nivå). Videre ser man at dersom man plottes resultatene fra matrisen for SaK og U, og matrisen for EC og P, i matrisen til høyre, får man indikasjoner på et middels risikonivå (grå farge). Man ser basert på dette, at ved å ta hensyn til forventet konsekvens og sannsynlighet, får man indikasjoner på å bruke en annen risikovurdering og økonomisk perspektiv, enn dersom man kun legger til grunn styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. Det er mulig å se av dette, at det er en forskjell mellom å kategorisere etter usikkerhet og risiko.



Si at en studerer en tenkt skredsituasjon og velger å kategorisere basert på usikkerhet. En kategoriserer da ikke etter forventet konsekvens og sannsynlighet. Men man må allikevel finne verdier for disse, for å kunne vurdere styrken av bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet. På den aktuelle veistrekning, er det lite busstransport og få lastebiler. Dette bidrar til at stokastisk usikkerhet vurderes til å være lav. For veistrekningen, vurderes styrken av bakgrunnskunnskapen til å være sterk. Dette baseres på at forutsetningene som er gjort blir ansett som rimelige. Man har for eksempel omfattende datamateriell for trafikkulykker på strekningen. Videre baserer man styrken av bakgrunnskunnskapen på at det er stor enighet blant trafikksikkerhetsekspertene om trafikksikkerheten på veien. Fenomenet trafikksikkerhet, er også et fenomen man forstår godt og modellene man har for forventet antall drepte og skadde i trafikken, er forventet å gi gode prediksjoner. Legger man til grunn at man har lav stokastisk usikkerhet og høy styrke av bakgrunnskunnskapen, med andre ord lav usikkerhet (god prediksjonskvalitet), får man føringer

at man skal legge til grunn en forenklet risikovurdering og forventningsbasert analysemetode. For den samme situasjonen som vurdert ovenfor, kan man vurdere forventet konsekvens og tilhørende sannsynlighet. Man kan se for seg at dette er en særlig trafikkert veistrekningen, med høy sannsynlighet for et skred. Forventet konsekvens for situasjonen vurderes til å være høy. Basert på en slik kategorisering, ville man havnet i en kategori hvor man ville fått anbefalt modellbasert risikovurdering, og lagt til grunn forsiktighetsprinsippet for økonomisk perspektiv. Man ser at for samme situasjonen, men ved å vurdere ulike elementer knyttet til situasjonen, får man ulike føringer for type risikovurdering og økonomisk perspektiv man skal legge til grunn. Et naturlig spørsmål blir da, om det er viktig å også vurdere sannsynlighet og forventet konsekvens for situasjonen, eller om det er tilstrekkelig å kun vurdere usikkerheten. Dette vil studeres nærmere i seksjonen under.

Som man ser ovenfor, forventet konsekvens  $\times$  sannsynlighet, angir at det er stor mulighet for at det vil skje et skred som forsaker skade. Ettersom man angir at det er lav usikkerhet, er det naturlig å forvente få overraskelser knyttet til konsekvens og sannsynlighet. Det er for eksempel rimelig å forvente at  $E[NPV]$  er en god prediksjon av  $[NPV]$ , eller at forventet antall omkomne er en god prediksjon av faktisk omkomne. Bruk av forventningsverdier er da gjerne ikke feil å bruke. Det er gjerne naturlig å forvente at fortiden er forholdsvis lik fremtiden, at statistikk angående fortiden gir et godt bilde på fremtiden, og angir en rimelig risiko. I en slik situasjon, kunne en forenklet risikovurdering og forventningsverdi baserte analysemetoder vært rimelig å anvende. Man ser av dette, at i tilfeller hvor usikkerheten er lav, og samtidig har høy verdi for EC, P indeks, kan det være rimelig for kategorisering av prosjekter å baseres på usikkerhet.

Et spørsmål er om dette også er tilfellet for situasjoner hvor man har høy usikkerhet. For situasjoner med høy usikkerhet, kan det potensielt forventes overraskelser knyttet til konsekvens og sannsynlighet. Da er heller ikke nødvendigvis  $E[NPV]$  er en god prediksjon av  $[NPV]$ . I en slik situasjon kan det være rimelig å være forsiktig, og legge til grunn forsiktighetsprinsippet og modellbasert risikovurdering. Et spørsmål er om det er slike situasjoner i veitrafikken, hvor usikkerheten er så høy at man bør legge til grunn forsiktighetsprinsippet og modellbasert risikovurdering. Det er gjerne ikke å så galt å legge til grunn at man ikke har samme storulykkepotensial, som andre bransjer som fokuserer mer på usikkerhet, som olje- og flybransjen. Det er gjerne rimelig å anta at det ikke er så mange situasjoner i veitrafikken hvor



man har høy usikkerhet, men det kan heller ikke utelukkes at det eksisterer slike situasjoner. Som tidligere forklart, er katastrofepotensialet i veitrafikken hovedsakelig knyttet til ulykker i tunneler, ulykker på motorvei med tett tåke, store bussulykker og ulykker ved transport av farlig gods.

I forhold til den potensielle usikkerhetskategoriseringsmetoden presentert ovenfor, anerkjennes det at dette kan være en alternativ måte å kategorisere på, men det kan føre til problemer i praksis. Et moment, er at det i denne oppgaven ikke er undersøkt grundig nok hva som er følgene av å kategorisere baserte på usikkerhet. Det fører til at en slik kategorisering ikke uten videre kan anbefales, mer testing og undersøkelser må gjennomføres. En annen potensiell utfordring ved å kategorisere etter usikkerhet, er at en slik kategorisering skiller seg i stor grad ut fra eksisterende metode i Statens vegvesen, hvor man har fokus på sannsynlighet og forventet konsekvens. Det kan være problematisk å gå så langt bort fra eksisterende metode i SVV. Å kategorisere etter et utvidet perspektiv på risiko som er presentert i denne oppgaven, ligger nærmere eksisterende praksis i Statens vegvesen i dag, og vil på den måten være en videreutvikling av eksisterende praksis. Et annet moment ved å kategorisere utelukkende basert på usikkerhet, er at man er avhengig av pålitelige og høy kvalitet på usikkerhetsvurderingene. Med tanke på at usikkerhetsvurderinger gjerne ikke er en innarbeidet metode i SVV, kan man få problemer knyttet til kvaliteten på usikkerhetsvurderingen. Det foreslås som et videre arbeid, å undersøke nærmere om det å ha fokus på usikkerhet kan være en mulighet, og det bør gjøres flere eksempler for å finne ut om det fungerer i praksis. På bakgrunn av det, velges det i denne oppgaven å definere metoden ut i fra at risiko er det som bør være førende for kategorisering, men det anerkjennes samtidig at det å ha fokus på usikkerhet som kategoriseringsfaktor, kan være en mulighet som er interessant å undersøke videre.

### **Prioritering av prosjekter basert på usikkerhet**

Fra diskusjonen ovenfor, er det vist at det kan være en mulighet å kategorisere prosjekter etter usikkerhet for å bestemme hvor omfattende risikovurderinger bør være, og hvilket økonomisk perspektiv man bør legge til grunn. Risikokategoriseringen som er presentert i denne oppgaven, åpner også opp for å prioritere mellom ulike prosjekter basert på risikonivå. Da er et interessant spørsmål, om det er mulig å anvende usikkerhet når det gjelder å prioritere mellom prosjekter. Det vil gjerne si at prosjekter med høy usikkerhet, blir igangsatt før prosjekter med lav

usikkerhet. En potensiell utfordring knyttet til å gjøre det på denne måten går på, slik som Aven et al. (2017, s. 37) diskuterer, at liten usikkerhet ikke nødvendigvis betyr lav risiko. Som de diskuterer, kan man se for seg en situasjon hvor man har muligheten for enten å ha null eller ett dødsfall. Man har to ulike situasjoner. Situasjon 1 involverer en sannsynlighet på 0,5 for null eller ett dødsfall, og situasjon 2 involverer sannsynlighetene 0 for null dødsfall og 1 for ett dødsfall. Basert på dette, ser man at det er høyere usikkerhet knyttet til situasjon 1 med 0,5 i sannsynligheten, men slik som Aven et al. (2017, s. 37) forklarer, vurderes alternativ 2 til å ha den høyeste risikoen, ettersom det er 100% sjans for 1 dødsfall.

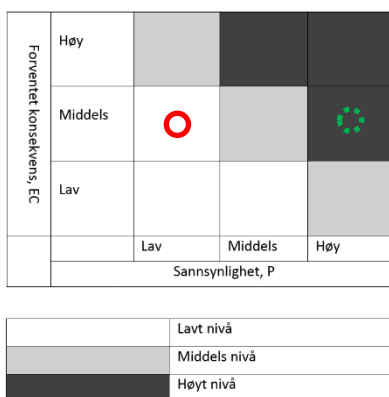
Den potensielle problematikken knyttet til å bruke usikkerhet til å prioritere mellom prosjekter, kan utdypes med et eksempel. For dette eksemplet velges det ikke å ta hensyn til sannsynlighet, men kun kategorisere etter usikkerhet og forventet konsekvens. Man har to hendelser. For begge hendelsene er forventet konsekvens vurdert som middels, etter å ha blitt fastsatt ved bruk av skjema for forventet konsekvens. Usikkerhet for situasjon 1 er høy (lav prediksjonskvalitet). For situasjon 2 er usikkerhet vurdert som lav (høy prediksjonskvalitet). Usikkerhet er vurdert som å bestå av en kombinasjon av styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Sannsynligheten for de to hendelsene er ulike. For den ene hendelsen er sannsynligheten vurdert til å være i kategorien lav, mens for den andre hendelsen er sannsynligheten vurdert som å være høy. Om man plotter forventet konsekvens og usikkerhet i en matrise for begge situasjonene, vil man se at man kommer på ulike nivåer. Det kan man se i matrisen under. Rød sirkel illustrerer situasjon 1, og grønn (stiplet) sirkel illustrerer situasjon 2.

Forventet konsekvens	Høy			
	Middels	⊙		⊙
	Lav			
		Høy	Middels	Lav
		SaK, U indeks		

Figur 25: Matrise som representerer forventet konsekvens og SaK, U indeks

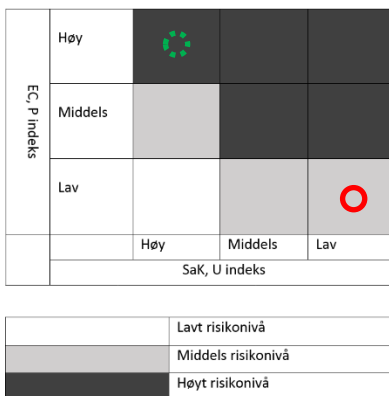
Om man derimot tar hensyn til sannsynlighet, og plotter resultatene i matrise, vil man se at man for de to situasjonene kommer i helt ulike kategorier. Si man for den ene hendelsen har høy

sannsynlighet, mens for den andre hendelsen har lav. Forventet konsekvens er enda middels. Om man plotter dette i en matrise, sammen med forventet konsekvens, vil resultatene se slik ut:



Figur 26: Matrise for forventet konsekvens og ulikt sannsynlighetsnivå

Om man bruker dette EC, P indeksnivået videre, sammen med SaK, U indeksen (høy prediksjonskvalitet) fra tidligere, og plotter det i en risikomatrix, ser man at man får ulikt risikonivå:



Figur 27: Hvordan ulik sannsynlighet påvirker risikonivået

Man ser basert på hva som er presentert ovenfor, at om man i kategoriseringen av prosjekter ikke velger å ta hensyn til en faktor som sannsynlighet, innebærer det blant annet at man får ulikt «risikonivå». Dette kan være problematisk dersom man skal prioritere mellom ulike prosjekter. Da er det rimelig å anta at det er ønskelig å prioritere prosjekter hvor sannsynligheten for at en hendelse inntreffer er høy, fremfor prosjekter hvor sannsynligheten for en hendelse er lav. Basert på diskusjonen ovenfor, er det ikke nødvendigvis hensiktsmessig å bruke usikkerhetskategorisering for å prioritere mellom prosjekter.

## 5.2 Hva er utbyttet av den presenterte metoden for Statens vegvesen?

Fra del 4.4, ble utbyttet av metoden knyttet til skredsikringsprosjektet presentert. I denne delen av oppgaven, vil utbyttet bli diskutert i en mer generell setting, hvor fokuset legges på hvordan metoden kan anvendes i andre prosjekter i Statens vegvesen. I den sammenheng, vil det bli undersøkt i hvilken forstand den presenterte metoden er et fremskritt sammenliknet med eksisterende metoder som Statens vegvesen bruker i dag, for å velge risikovurdering og økonomisk perspektiv for prosjekter. Utbyttet knyttet til den presenterte metoden kan kort oppsummeres med punktene nedenfor.

- Prioritere mellom ulike prosjekter etter risikonivåer.
- Utvidet perspektiv på risiko som tar mer hensyn til usikkerhet ved å vurdere styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet.
- Vurdering av flere konsekvensdimensjoner.
- Innspill knyttet til hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn.
- Potensial for å bruke begrensede ressurser optimalt og utføre «korrekt» risikovurdering sett i forhold risikonivået.
- Dynamisk tankesett når det gjelder økonomisk perspektiv, hvor en balansegang mellom forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet, legges til grunn.

Disse punktene som nevnes ovenfor, kan utdypes mer i detalj. Fra tidligere i oppgaven, har det blitt forklart at nytten av den presenterte metoden knytter seg til muligheten å angi hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Et annet utbytte, som ikke er blitt gitt samme fokus, er at metoden gir en mulighet for å prioritere mellom ulike prosjekter. Da prioriterer man etter risikonivå. Det gir muligheten til å prioritere prosjekter med høy risiko. Si at man har to ulike skredsikringsprosjekter man vil igangsette, men økonomisk er det kun mulighet for å igangsette ett av prosjektene. Da kan man, ved å bruke den presenterte metoden, kategorisere prosjektene etter risiko. Det legges ikke nødvendigvis opp til en mekanisk beslutningsprosess, som inkluderer at prosjektet med høyest risiko automatisk blir valgt. Det er naturlig å også vurdere ulike forhold knyttet til beslutningen, men risikonivået er en naturlig del av beslutningsgrunnlaget som legger opp til at beslutningstakere kan ta en velinformert beslutning.

Risikokategorisering som presenteres i denne oppgaven, representerer et utvidet perspektiv på risiko, hvor fokus legges på usikkerhet ved å ta hensyn til styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Denne måten å se på risiko, skiller seg ut fra eksisterende praksis i Statens vegvesen. Man husker at for skredsikringsprosjekter, defineres risiko som produktet av sannsynligheten for og konsekvens av et skred. Man tar ved denne definisjonen ikke hensyn til styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Det er to faktorer som det i denne oppgaven er presisert som viktige faktorer i arbeidet med risiko. Her ser man at det er et potensielt forbedringspotensial i SVV sine eksisterende metoder. Man så også fra skredsikringsprosjektet, at den presenterte metoden åpner opp for å studere flere konsekvensdimensjoner enn kun ÅDT, som brukes som konsekvensfaktor i dag for skredsikringsprosjekter. Det ble for skredsikringsprosjektet presentert, at andre faktorer som samfunnskritikalitet, økonomi osv., også kan være betydningsfulle konsekvensdimensjoner.

Metoden presentert i denne oppgaven, kan anvendes for ulike typer prosjekter i SVV, metoden er ikke begrenset til skredsikringsprosjekter. Metoden kan for eksempel benyttes som et alternativ eller komplement, til kategorisering av veitunneler. Man husker fra teoridelen i denne oppgaven, at det for tunneler deles inn i tre ulike typer risikoanalyser: TUSI beregning/statistisk risikoberegning, grov risikovurdering og detaljert risikoanalyse. Valg av analysemetode er basert på tunneltype, stigningsgrad og lengde på tunnelen. Trafikkmengde er ikke tatt hensyn til, utover at kategoriseringen gjelder for tunneler over 4000 i ÅDT. Også spesielle forhold med tunnelen vurderes, og kan påvirke valg av analysemetode. Man har valgt å si at dette er faktorer som påvirker risikoen knyttet til hendelser i tunnelen. Ved å benytte metoden som er presentert i denne oppgaven, kunne man kategorisere tunneler på en annen måte. Man ville da kategorisere etter risiko, og metoden ville kunne åpnet for at mer fokus legges på usikkerhet og vurdering av andre faktorer knyttet til risiko, som gjør at det gjerne oppnås et annet risikonivå og annen analysemetode, enn eksisterende metode for kategorisering ville angitt. Det kunne gitt føringer knyttet til at det ville vært fornuftig å ha lagt til grunn forventningsverdi baserte analysemetoder. Eller, hvis risiko var høy, kunne man fått føringer om å ha lagt til grunn forsiktighetsprinsippet, noe som kunne rettferdiggjort investeringer i sikkerhetstiltak. Om dette er en hensiktsmessig måte å kategorisere tunneler på, og om man kan oppnå bedre tunnelsikkerhet for pengene, ved å benytte metoden presentert i oppgaven, er et interessant spørsmål som er vanskelig å gi et svar på uten omfattende testing. Dette er noe denne oppgaven, grunnet begrensninger knyttet til tid, ikke

har hatt mulighet til å undersøke nærmere. Det legges opp til at dette er et interessant spørsmål som et videre arbeid kunne belyst.

Utbyttet knyttet til at man får angitt hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn, går på at man bruker ressursene man har tilgjengelig på en optimal måte, og utfører «korrekt» risikovurdering sett i forhold til risikonivået. Fra seksjonen 4.4 hvor utbyttet fra skredsikringsprosjektet ble presentert, ble utbyttet av metoden når det gjelder risiko- og økonomisk perspektiv presentert. Disse fordelene vil man også kunne oppnå for andre prosjekter. Fordeler knyttet til risikovurderinger, inkluderer at ved å gjennomføre en «korrekt» analyse i forhold til risikonivået, kan man ved en mer omfattende risikovurdering avdekke mer knyttet til risikoen i situasjonen, og åpner opp for å undersøke hvordan forskjellige faktorer påvirker risikoen. Dette involverer, at dersom man utfører en enkel risikovurdering når man har et høyt risikonivå, kan man potensielt overse viktige aspekter knyttet til risiko. Ulempen med å gjennomføre en mer omfattende risikovurdering, knytter seg til at det kreves mer med tanke på ressurser, tid og hvilket kompetansenivå som behøves, sammenliknet med en enklere analyse. Dette involverer, at hvis man gjennomfører en omfattende risikovurdering, når man har et lavt risikonivå, brukes de begrensede ressursene man har tilgjengelig på en ikke-optimal måte.

Metoden presentert i denne oppgaven, representerer en ny måte å se på økonomisk perspektiv knyttet til ulike risikonivåer. Når det gjelder økonomisk perspektiv, er en dynamisk ALARP prosess, i utradisjonell forstand, benyttet. Hvor man tolker urimelig misforhold faktoren ulikt, for ulikt risikonivå. Det har blitt presentert at for et lavt risikonivå, er det anbefalt å legge til grunn forventningsverdi baserte analysemetoder. For et høyt nivå, er det anbefalt å legge til grunn forsiktighetsprinsippet. For et middels risikonivå, er man et sted mellom forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet. Hva det vil si i praksis, ble undersøkt i seksjon 4.4, hvor utbyttet av metoden knyttet til skredsikringsprosjektet ble presentert. Matrisen som ble benyttet, hadde ikke definerte skiller mellom nivåene slik som for risikovurderinger. For økonomisk perspektiv, er det en mer flytende overgang mellom nivåene. Det ble valgt å gjøre det på denne måten, for å presisere at det er en dynamisk prosess, hvor man må ha en balansegang mellom forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet.

Forventningsverdi basert analysemetoder legges til grunn når man har et lavt risikonivå. Da er det for eksempel rimelig å forvente at  $E[NPV]$  er en god prediksjon av  $[NPV]$ . Bruk av forventningsverdier er da gjerne ikke feil å bruke. Som tidligere forklart, når man anvender forsiktighetsprinsippet, legger man til grunn at analyser som er basert på forventningsverdier (kost-nytte analyse, kost-effektivitetsanalyse) har svakheter, og ikke nødvendigvis gir det hele og fulle bildet. Da skal man også iverksette tiltak eller ikke gjennomføre en aktivitet, dersom det er knyttet usikkerhet til hva som blir konsekvensene av en aktivitet (Aven, 2016). Fra skredsikringsprosjektet, ble det presentert at i praktisk sammenheng, kan bruk av forsiktighetsprinsippet for eksempel rettferdiggjøre bygging av tunnel, ettersom usikkerheten og risikoen knyttet til et skred gjerne er høy.

Fra del 2.5.3 i oppgaven, ble det undersøkt hvilket beslutningsgrunnlag som utarbeides i Statens vegvesen. I den delen, ble det forklart at Statens vegvesen stort sett anvender kvalitative risikovurderingsmetoder (grovanalyse/Hazid), og at i noen tilfeller konkluderer grovanalysene med at det er behov for mer detaljerte analysemetoder. Man husker også at det ble forklart at detaljeringsgraden til planene øker med tanke på hvor langt i planleggingsprosessen man er kommet. Videre, ble det forklart at ROS-analyser skal tilpasses til den aktuelle planprosessen og plantypen. Metoden presentert i denne oppgaven, representerer et alternativ til disse fremgangsmåtene. Metoden presentert bruker risikonivå for å avgjøre hvor omfattende vurderingsmetoder skal være. Den presenterte metoden er mer strukturert og dynamisk. Ved å benytte den presenterte metoden, kan Statens vegvesen oppnå fordelene til metoden som nevnes i avsnittene ovenfor, som blant annet inkluderer å bruke begrensede ressurser optimalt og utføre «korrekt» risikovurdering sett i forhold til risikonivået.

### **5.3 Hvilke erfaringer er gjort knyttet til forbedring av metoden?**

Fra arbeidsgruppemøtet som ble arrangert for å gjennomgå metoden, ble flere erfaringer gjort. Fra møtet ble det spesielt fremhevet i positiv forstand, at metoden inviterer og oppfordrer til åpne diskusjoner knyttet til risiko. Metoden gir en god mulighet til å identifisere risikofaktorer som gjerne ikke er blitt vurdert tidligere. Man får et fast rammeverk for identifikasjon av betydningsfulle risikofaktorer.

En utfordring som arbeidsgruppen opplevde var mangel på detaljert informasjon om situasjonen. Arbeidsgruppen opplevde at for noen av punktene i skjemaet for vurdering av forventet

konsekvens, var det utfordrende å sette en verdi for lav-, middels- eller høy forventet konsekvens. Dette er gjerne en utfordring som ikke vil være like aktuell i en faktisk arbeidssituasjon, hvor mer ressurser for informasjonsinnhenting er tilgjengelig. Det er også naturlig at man ikke har all informasjon tilgjengelig dersom man er på et tidlig planstadium i prosjektet.

#### **5.4 Hvordan implementere metoden i Statens vegvesen sitt arbeid?**

Metoden som presenteres i denne oppgaven er foreslått som et bidrag til Statens vegvesen verktøykasse for metoder. Det vil i den sammenheng presenteres noen forslag til hvordan denne metoden kan implementeres og tas i bruk i Statens vegvesen.

Gjerne det viktigste kriteriet for en vellykket implementasjon av en ny metode i en organisasjon, er at brukerne ser nytten og verdien av det som blir innført. Det vises til diskusjonen ovenfor og til skredsikringseksemplet for utbyttet og fordeler knyttet til metoden. Det er også viktig at metoden ikke er så akademisk komplisert at personer som ikke er risikoeksperter, ikke kan anvende metoden.

Naturlige spørsmål å stille, for personer som vil bruke denne metoden, er på hvilket planstadium og for hvilke prosjekter man kan anvende metoden, og gjerne hvem og hvor mange personer som skal utføre analysen. I utgangspunktet er metoden utviklet med tanke på å kunne brukes på ulike planstadium. Ulike generelle planstadium og faser inkluderer idéfase, planleggingsfase, byggefase, driftsfase og avviklingsfase. Forskjellen mellom disse fasene knytter seg blant annet til graden av mulighet for å påvirke løsningen og tilgangen på informasjon. Jo tidligere fase, jo mer påvirkningsgrad når det gjelder løsningen. Ofte vil en også se at tilgangen på informasjon øker jo lengre ut i prosjektet man kommer. Metoden som er presentert, kan i utgangspunktet brukes for alle disse fasene. Slik man husker, er første steg i metoden å fastsette sannsynlighet og forventet konsekvens. Neste steg, er å vurdere styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet. Tredje steg er å plote resultatene fra steg 1 og 2 i en risikomatrix. For å kunne fastsette disse punktene, er man avhengig av en viss informasjon om prosjektet. Med tanke på antall personer som behøves for utføre stegene i metoden, er det naturlig at det er sammenkoblet med kompleksiteten og størrelsen på prosjektet. Står man ovenfor et komplekst prosjekt, kan kvaliteten på utførelsen av metoden øke med å bringe inn flere personer med ulik kompetanse inn i prosessene. Det er en balansegang mellom å ha en tilstrekkelig kompetent gruppe og ressursbruken. Når det gjelder sammensetningen av arbeidsgruppen, bør gruppen bestå av



personer med kjennskap til prosjektet, evt. fagpersoner med forutsetninger for å vurdere de ulike faktorene. For det presenterte skredprosjektet, ville det vært naturlig at geologisk kompetansepersonell ville vært involvert. Det vil også være naturlig at prosjektleder er involvert i prosessen, og gjerne en person med en viss kjennskap til risikofaget. Når det gjelder tidsbruk for vurderingene man gjennomfører, er den avhengig av størrelsen og kompleksiteten på prosjektet man vurderer. Faktorer som kjennskap til metoden og kvaliteten på arbeidet som er gjort i forkant av et vurderingsmøte, knyttet til blant annet innhenting av nødvendig informasjon, er faktorer som påvirker tidsbruken. Forventet tidsbruk vil typisk ligge på noen timer og oppover. Det er viktig å huske på, at når man bruker metoden, skal man ikke gjennomføre en risikovurdering. Det man skal, er å utarbeide et grunnlag, gjennom risikokategorisering, for å velge hvor omfattende risikovurdering som skal gjennomføres, og hvilket økonomisk perspektiv som skal legges til grunn.

## 6 Konklusjon

Utgangspunktet for denne masteroppgaven var problemstillingen knyttet til om prosjekter i Statens vegvesen kan kategoriseres etter risiko, og om en slik risikokategorisering kan brukes for å angi hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres, og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Videre undersøkte oppgaven om og hvorfor det er hensiktsmessig å kategorisere etter risiko, og hvilke alternative måter prosjekter kan kategoriseres. Denne problemstillingen er blitt besvart gjennom oppgaven. Noen konkluderende linjer angående de viktigste funnene fra oppgaven presenteres nedenfor.

I oppgaven er en risikokategoriseringsmetode blitt brukt som et ledd i optimal beslutningstaking. For metoden er et utvidet perspektiv på risiko er blitt lagt til grunn, hvor fokus legges på styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet, i tillegg til sannsynlighet og forventet konsekvens knyttet til en hendelse. Den dynamiske metoden for å risiko kategorisere prosjekter er blitt anvendt til å gi føringer, knyttet til hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres, og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn. Det har blitt lagt til grunn og demonstrert, at det er hensiktsmessig å gjennomføre en enkel risikovurdering for lav risikokategori prosjekter, og at kompleksiteten på risikovurderingen øker med risikonivået. I arbeidet med å angi hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn, er et utradisjonelt perspektiv på ALARP-prinsippet blitt lagt til grunn. I det perspektivet, tolkes urimelig misforhold faktoren ulikt i forhold risikonivået. Med andre ord, forståelsen av ALARP blir ulik avhengig av risikonivået. Videre ble det demonstrert, at det er hensiktsmessig å legge til grunn forventningsverdi baserte analysemetoder for lavt risikonivå, og at for høyere risikonivå, bør forsiktighetsprinsippet legges til grunn.

Fordeler for Statens vegvesen knyttet til den presenterte metoden, knytter seg blant annet til at ressursene som er tilgjengelig, vil kunne brukes på en mer optimal måte. Dette er fordi det ikke brukes ressurser på unødvendig kompliserte risikovurderinger når risikoen er lav. Den presenterte risikokategoriseringen, åpner også opp for å prioritere hvilke prosjekter som skal iverksettes basert på risikonivåer. Metoden representerer et fremskritt, sammenliknet med eksisterende metoder som benyttes i Statens vegvesen.

Fra diskusjonsdelene av oppgaven, ble kategoriseringen knyttet til risiko diskutert. Det ble demonstrert at det utvidede perspektivet på risiko, hvor det tas hensyn til styrken av

bakgrunnskunnskapen og stokastisk usikkerhet, representerte et bredere perspektiv på risiko. En alternativ måte å kategorisere etter usikkerhet ble diskutert. Det ble åpnet opp for at en slik kategorisering kan være fornuftig. Det ble også presisert at mer undersøkelser og testing er påkrevd for å finne ut om det er en hensiktsmessig måte å kategorisere prosjekter på for å angi beslutningsstøtte. Et annet moment var, at ettersom en kategorisering utelukkende basert på usikkerhet ble ansett som et stort sprang fra eksisterende metode og tankesett i Statens vegvesen, ble det ansett som mer hensiktsmessig for denne oppgaven å kategorisere etter risiko.

Det har blitt beskrevet at den presenterte metoden for å angi hvor omfattende vurderingsmetoder man skal benytte, skiller seg ut fra eksisterende metoder i SVV. Statens vegvesen legger blant annet til grunn, at detaljeringsgraden til planene øker med tanke på hvor langt i planleggingsprosessen man er kommet. Den presenterte metoden skiller seg ut fra en slik praksis. Da er ikke detaljeringsgraden til planene avhengige av hvor langt i planleggingsprosessen man er kommet, men heller avhengige av risikonivået.

For denne masteroppgaven er det blitt demonstrert at en risikokategorisering kan brukes som et ledd i optimal beslutningstaking i Statens vegvesen. Hvordan metoden kan brukes når det gjelder optimal beslutningstaking, kan oppsummeres med følgende punkter:

- Prioritere mellom ulike prosjekter etter risikonivåer.
- Utvidet perspektiv på risiko som tar mer hensyn til usikkerhet ved å vurdere styrken av bakgrunnskunnskap og stokastisk usikkerhet.
- Vurdering av flere konsekvensdimensjoner.
- Innspill knyttet til hvor omfattende risikovurdering som bør gjennomføres og hvilket økonomisk perspektiv som bør legges til grunn.
- Potensial for å bruke begrensede ressurser optimalt og utføre «korrekt» risikovurdering sett i forhold risikonivået.
- Dynamisk tankesett når det gjelder økonomisk perspektiv, hvor en balansegang mellom forventningsverdi baserte analysemetoder og forsiktighetsprinsippet, legges til grunn.

Angående videre arbeid knyttet til hva som er presentert i denne oppgaven, foreslås det å teste ut metoden for flere praktiske eksempler. Ved å gjøre dette, kan man demonstrere nytten av metoden, som et ledd i å implementere metoden i Statens vegvesen. Det foreslås også, som et

videre arbeid, å undersøke nærmere om det å ha fokus på usikkerhet for kategorisering kan være en mulighet, og det bør gjennomføres flere eksempler for å finne ut om det er hensiktsmessig i praksis.

## Referanser

Abrahamsen, H.B. & Abrahamsen, E.B. (2015). On the appropriateness of using the ALARP principle in safety management. *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*. CRC Press.

Abrahamsen, E.B., Asche, F. & Aven, T. (2011). To What Extent Should All the Attributes Be Transformed to One Comparable Unit When Evaluating Safety Measures? *The Business Review*, 2011 (Vol 19)

Abrahamsen, E.B., Aven, T., Vinnem, J.E. & Wiencke, H.S. (2004). Safety management and the use of expected values. *Risk Decision and Policy*, 2004 (9), 347-357. doi: 10.1080/14664530490896645

Abrahamsen, E.B., Pettersen, K., Aven, T., Kaufmann, M. & Rosqvist, T. (2015). A framework for selection of strategy for management of security measures. *Journal of Risk Research*, 2015, 404-417.

Abrahamsen, E.B., Røed, W. & Jongejan, R. (2013). A practical approach for the evaluation of acceptable risk in road tunnels. *Journal of Risk Research*. ISSN 1366-9877. Volum 16. Hefte 5. s. 625-633. DOI: 10.1080/13669877.2012.761268.

Abrahamsen, E.B., Selvik, J.T & Berg, H. (2016). Prioritising of safety measures in land use planning: on how to merge a risk-based approach with a cost-benefit analysis approach. *Int. J. Business Continuity and Risk Management*, Vol. 6, No. 3, ss. 182-196.

Asplan Viak (2015). *Rassikring Rv. 13 Melkeråna – Årdal Planskildring og Konsekvensutgreiing*. Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1035425/binary/1061799?fast\\_title=Planskildring+og+konsekvensutgreiing.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1035425/binary/1061799?fast_title=Planskildring+og+konsekvensutgreiing.pdf)

Aven, T. (2003). *Foundations of Risk Analysis*. New York: John Wiley & Sons Ltd.

Aven, T. (2010). *Misconceptions of Risk*, Wiley, Chichester.

Aven, T. (2011). Quantitative risk assessment. *The scientific platform*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Aven, T. (2014). *Probability* (Video) Hentet fra:  
[https://www.youtube.com/watch?v=wp6iIdxHf\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=wp6iIdxHf_Q)
- Aven, T (2015). *Risikostyring*. Stavanger: Universitetsforlaget
- Aven, T (2016). *Forsiktighetsprinsippet*. Hentet fra: <https://snl.no/forsiktighetsprinsippet>
- Aven, T (2017). *Sannsynlighet*. Hentet fra: <https://snl.no/sannsynlighet>
- Aven, T & Reniers, G (2013). How to define and interpret a probability in a risk and safety setting. *Safety science*, 51(2013), 223-231
- Aven, T., Røed, W. & Wiencke, H. (2008). *Risikoanalyse*. Oslo: Universitetsforlaget
- Chinnusamy, K.S. (2016). *A new approach to establish design accidental explosion loads considering parametric uncertainties*. (Master thesis, University of Stavanger), Chinnusamy, K.S., Stavanger
- eStudie. (2017). *Forskning og metodelære*. Hentet fra: <https://estudie.no/induktiv-deduktiv/>
- Flage, R & Aven, T. (2009). *Expressing And Communicating Uncertainty In Relation To Quantitative Risk Analysis*. R&RATA, 2009(13), s. 14
- Flæten, S.Ø. (2014). *Slik prøver geologene å tidfeste skredet i «Mannen»*. Henter fra:  
<https://www.tu.no/artikler/slik-prover-geologene-a-tidfeste-skredet-i-mannen/232413>
- Holbergprisen. *Kvalitative intervjuundersøkelser*. Hentet fra:  
<https://www.holbergprisen.no/holbergprisen-i-skolen/kvalitative-intervjuundersokelser.html>
- Høyve, A., Elvik, R., Sørensen, M. & Vaa, T. (1997). *Planlegging og prioritering av trafikksikkerhetstiltak – ulykkeskostnader*. Hentet fra: <https://tsh.toi.no/doc597.htm>
- Det Kongelige Finansdepartement. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Hentet fra:  
[https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r\\_109\\_2014.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf)

Kronholm, K. & Skogstad, O.H. (2015). *Fagrappport Skred. Rv 13 Rassikring Melkeråna – Årdal*.

Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1035484/binary/1061815?fast\\_title=Fagrappport+skred%2C+Asplan+Viak+03.06.2015.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1035484/binary/1061815?fast_title=Fagrappport+skred%2C+Asplan+Viak+03.06.2015.pdf)

Kronholm, K. (2015). *Risikovurdering Ras, Rv. 13 Tysdalsvatnet*. Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/808908/binary/1020238?fast\\_title=Risikovurdering+for+skred+Tysdalsvatnet.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/808908/binary/1020238?fast_title=Risikovurdering+for+skred+Tysdalsvatnet.pdf)

Malt, U. (2015). *Strukturert intervju*. Hentet fra: [https://snl.no/strukturert\\_intervju](https://snl.no/strukturert_intervju)

Nærum, A. (2015). *Bruk av kvalitative risikovurderinger i Statens vegvesen*. Hentet fra:

<https://esra.no/wp-content/uploads/2015/12/3.-Arild-N%C3%A6rum.pdf>

Phil, R- (2018). *Eyjafjallajökull*. Hentet fra: <https://snl.no/Eyjafjallaj%C3%B6kull>

Samferdselsdepartementet. (2016). *Trafikksikkerhetsarbeidet – samordning og organisering*.

Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-40-20152016/id2513038/sec2>

Statens vegvesen. (2014). *Planleggingsprosessen*. Hentet fra:

<https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/Om+vegprosjekter/Planprosess>

Statens vegvesen. (2014a). *Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg*. (NA-rundskriv. 2014/08). Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/Geofag/Skred/Skredsikring/\\_attachment/653006?\\_ts=1470162ec30&fast\\_title=Retningslinjer+for+risikoakseptkriterier+for+skred+p%C3%A5+veg](https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/Geofag/Skred/Skredsikring/_attachment/653006?_ts=1470162ec30&fast_title=Retningslinjer+for+risikoakseptkriterier+for+skred+p%C3%A5+veg)

Statens vegvesen. (2015). *Kommunedelplan med konsekvensutgreiing*. Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1035425/binary/1061799?fast\\_title=Planskildring+og+konsekvensutgreiing.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1035425/binary/1061799?fast_title=Planskildring+og+konsekvensutgreiing.pdf)

Statens vegvesen. (2016). *ROS-analyse og risiko-analyse for 3 tunneler*. Hentet fra:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1560860/binary/1137529?fast\\_title=ROS-analyse+og+Risikoanalyse+E6+Kv%C3%A6nangsfjellet.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1560860/binary/1137529?fast_title=ROS-analyse+og+Risikoanalyse+E6+Kv%C3%A6nangsfjellet.pdf)

Statens vegvesen. (2018). *Om Statens vegvesen*. Hentet fra:

<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/om+organisasjonen/om-statens-vegvesen>

Svartdal, F., (2012). *Risikopersepsjon*. Hentet fra: <https://snl.no/risikopersepsjon>

Sørskår, L.I.K & Abrahamsen, E.B. (2017). How to Manage Uncertainty when Considering New or Changed Regulatory HSE Requirements. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*: Proceedings of ESREL 2016 (Glasgow, Scotland, 25-29 September 2016). CRC Press. ISBN 9781138029972.. ISSN 1366-9877. Volum 16. Hefte 5. s. 625-633. DOI: .. ISSN 1366-9877. Volum 16. Hefte 5. s. 625-633. DOI: .

Toldnes, B. (2009). *Piggdekk*. Hentet fra: <https://snl.no/piggdekk>

TØI. (2014). *Reisevaneundersøkelsen 2013/2014*. Hentet fra: [https://www.toi.no/getfile.php/1340016/mmarkiv/Bilder/7020-TOI\\_faktaark\\_bilreiser-3k.pdf](https://www.toi.no/getfile.php/1340016/mmarkiv/Bilder/7020-TOI_faktaark_bilreiser-3k.pdf)

UiO. (2005). *Forskningsopplegg og metoder*. Hentet fra: <https://www.uio.no/studier/emner/jus/afin/FINF4002/v14/metode1.pdf>

Vegdirektoratet. (2007). *Risikovurdering i vegtrafikken* [Håndbok V721]: Vegdirektoratet

Vegdirektoratet. (2007a). *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert)* [Veileder]. Oslo: Vegdirektoratet

Vegdirektoratet. (2014a). Trafikksikkerhetsrevisjoner og -inspeksjoner. *Håndbok V720*

Vegdirektoratet. (2014b). *Veg- og gateutforming* [Håndbok N100]: Vegdirektoratet

Vegdirektoratet. (2014c). *Veileder i trafikkdata* [Håndbok N100]: Vegdirektoratet

Vegdirektoratet. (2016). *Vegtunneler* [Håndbok N500]: Vegdirektoratet

Vegdirektoratet. (2018). *Konsekvensanalyser* [Håndbok V712]: Vegdirektoratet

Wiencke, H.S. (2009). *Ulike typer risikovurdering*. Hentet fra: <http://dok.ebl-kompetanse.no/Foredrag/2009/SjaAbs/Wiencke.pdf>

Wiencke, H.S., Aven, T., & Hagen, J. (2006). A framework for selection of methodology for risk and vulnerability assessments of infrastructures depending on information and communication technology. *Safety and Reliability for Managing Risk*, 2006, 2297-2304.



## Vedlegg

### Vedlegg 1: Skjema for forventet konsekvens for Rv. 13: Melkeråna-Årdal skredsikringsprosjekt

Konsekvensdimensjon	Diskusjon i arbeidsgruppen rundt forventet konsekvens
<b>Direkte økonomiske effekter</b>	
Effekt knyttet til Statens vegvesens økonomi med tanke på potensiell oppgradering av omkjøringsvei, dersom eksisterende vei må stenges. (Må utbedre omkjøringsveier om de ikke er dimensjonert for trafikkmengden som oppstår).	For det vurderte prosjektet, ble det tatt utgangspunkt i reiseruten Stavanger til Hjelmeland, for å kunne sammenlikne alternative reiseruter. Alternativ reiserute hadde en økt reisetid på 1 time og 1 minutt og 7,7 km ekstra distanse. For den alternative reiseruten, ble informasjon innhentet om veistandard. Arbeidsgruppen vurderte samlet sett behovet for utbedring av alternativ kjørerute som lav, ettersom veistandarden var bortimot tilsvarende kvalitet. Kostnader knyttet til omkjøringsvei vil stort sett være til skilting og informasjon angående omkjøring. Disse kostnadene ble vurdert til å være lave, og samlet sett ble forventet økonomisk konsekvens til utbedring av omkjøringsveier vurdert til å være i kategorien <b>lav</b> .
Effekt knyttet til Statens vegvesens økonomi med tanke på gjenåpning av vei (rydding og reparasjon).	Når det gjelder økonomiske kostnader knyttet til gjenåpning av veien ble det av arbeidsgruppen, lagt til grunn at 75 av 81 registrerte skredhendelser, er mindre enn 1 m <sup>3</sup> . Dette tyder på at de fleste tidligere hendelsene er mindre stein, som ble vurdert av arbeidsgruppen til å generere en lav kostnad knyttet til blant annet rydding og reparasjon av veien. En potensiell kostnad er knyttet til geolog, som må vurdere fjellpartiet, og eventuell bruk av helikoptre for inspeksjon. Totalt sett ble forventet konsekvens knyttet til gjennomåpning av veien vurdert til å være i kategorien <b>lav</b> .

<b>Indirekte økonomiske effekter</b>	
Effekt knyttet til endrede byggekrav, som kan føre med seg økte kostnader for fremtidige prosjekter.	Det ble av arbeidsgruppen for dette punktet vurdert slik, at den aktuelle veistrekningen er en eldre vei som ikke er bygget etter dagens standard og håndbøker. Etersom veien ikke er bygget etter dagens håndbøker, vurderer arbeidsgruppen det som <b>ikke relevant</b> , at et skred på veistrekningen vil føre til endrede byggekrav, fordi det allerede eksisterer byggekrav som er strengere enn standarden på den eksisterende veien.
Effekt knyttet til fremtidige vedlikeholdskostnader.	Med tanke på dette punktet, vurderte arbeidsgruppen det slik at det er lite relevant at et skred på veistrekningen vil øke fremtidige vedlikeholdskostnader. Det ble nevnt at overvåking av fjellet kunne potensielt øke med påfølgende kostnader, men dette ble vurdert som <b>lite trolig/relevant</b> .
Effekt knyttet til Statens vegvesens omdømme i både positiv og negativ forstand.	Når det gjelder dette punktet, ble det vurdert slik at et skred kan medføre både positivt og negativt omdømme for Statens vegvesen. Knyttet til positivt omdømme, ble et sammenliknbart prosjekt brukt som et eksempel. Her hadde SVV, etter at et skred hadde gått, fått positivt omtale/omdømme for å raskt ha kommet opp med en plan og iverksatt tiltak for å utbedre den skredutsatte strekningen. Dette ble vurdert som en mulighet for dette prosjektet også. Knyttet til negativt omdømme, ble det vurdert sik, at hvis ikke tilfredsstillende tiltak blir iverksatt etter et alvorlig skred, kunne SVV oppleve negativ påvirkning med tanke på omdømme, spesielt knyttet til for sakte planlegging av tiltak. Totalt sett ble forventet konsekvens når det gjelder dette, punktet vurdert som å være <b>middels</b> .
Effekt knyttet til økte transportutgifter for	Med tanke på dette punktet, ble det utført utregninger som bidro til å angi forventet konsekvens. 11-13 % av kjøretøyene

<p>næringsliv grunnet økt reiselengde og tidsbruk pga. omkjøring.</p>	<p>er tunge kjøretøy. Det er ikke angitt hvor mange av disse som er knyttet opp til næringsliv, men det er antatt at største parten er knyttet til næringsliv. Tar man utgangspunkt i 13 % tunge kjøretøy og 1700 kjøretøy i ÅDT, får man 221 tunge kjøretøy i døgnet. Alternativ kjørerute er 1 time og 1 minutt lengre i tid og 7,7 km lengre i distanse. Fra Konsekvensanalyser (Vegdirektoratet, 2018, s. 63) er det angitt kjøretøyskostnader for tunge kjøretøy som 5,66 gjennomsnitt kr/kjøretøy-km per kjøretøy. Ettersom det er kun 7,7 km ekstra å kjøre er den kostnaden vurdert som lav. Fra Konsekvensanalyser (Vegdirektoratet, 2018, s. 68) er det angitt tidsavhengige driftskostnader for tungekjøretøy i kr/time. Den kostnaden er 677 kr/time. Ettersom ekstra reisetid er 1 time og 1 minutt, er også denne ekstra kostnaden vurdert som å være lav. Det kan nevnes at vurderingene er basert på at veien er stengt i en relativ kort tidsperiode. Totalt sett blir dette punktet vurdert til å være i kategorien <b>lav</b>.</p>
<p>Effekt knyttet til samfunnsøkonomi med tanke på økt reiselengde og tid pga. omkjøring.</p>	<p>Når det gjelder dette punktet, ble det utført utregninger basert på ÅDT, omkjøringstid og distanse. Tidsverdi per persontime for lett personbil er avhengige av reisehensikten. For tjenestereise er den 449-, til og fra arbeid er den 100- og for fritid er beløpet 85 kr/persontime (Vegdirektoratet, 2018, s. 67). Ekstra reisetid er 1 time og 1 minutt. Knyttet til kjøretøyskostnader er det for lette kjøretøy 1,74 kr/kjøretøy-km og 4,1 kr/kjøretøy-km for tunge kjøretøy. Ekstra distanse er 7,7 km. Det kan nevnes at vurderingene er basert på at veien er stengt i en relativ kort tidsperiode. Totalt sett blir dette punktet vurdert til å være i kategorien <b>lav</b>.</p>

<b>Sosiale effekter</b>	
Effekt knyttet til miljø.	Når det gjelder dette punktet, vurderte man blant annet muligheten for at en lastebil, som transporterer miljøfarlig last, blir tatt av et skred. Ettersom de fleste skredene som har gått er av mindre størrelse og ÅDT er relativt lav, vurderes muligheten for dette som lav. Den totale effekten på miljø ble vurdert til å være i kategorien <b>lav</b> .
Effekt knyttet til trafiksikkerhet/ liv & helse.	Med tanke på dette punktet, vurderte arbeidsgruppen tidligere hendelser i området. I nærheten av det aktuelle område, gikk det et skred i 2010 hvor én person omkom. Det er ikke samme strekningen, men områdene har flere likhetstrekk, som gjør dem naturlig å sammenlikne. I den aktuelle dødsulykken var det et isras som gikk. Det er kun registrert ett isnedfall fra 2005 til 2014. Basert på en ÅDT mellom 1300 og 1700, og den gitte skredfordeling, ble arbeidsgruppen enig om at effekten på trafiksikkerhet ble vurdert som <b>middels</b> .
Effekt knyttet til næringslivets forutsigbarhet knyttet til åpen vei.	Med tanke på dette punktet, vurderte arbeidsgruppen denne effekten til å være lav blant annet basert på at ekstra omkjøringstid «kun» er én time. Arbeidsgruppen hadde ikke eksakt informasjon om hvor ofte veien historisk har vært stengt. Veien har periodevis vært stengt grunnet skred, men lite tyder på at dette har vært over lengre perioder, som har ført til betydningsfull effekt for næringslivets forutsigbarhet knyttet til åpen vei. Samlet sett ble forventet konsekvens for dette punktet vurdert til å være i kategorien <b>lav</b> .
Effekt knyttet til materielle skader (ekskludert direkte skader på veien).	Når det gjelder dette punktet, var aktuell bygningsmasse en campingplass i nærheten av veien. I perioden 2005 til 2014 er det kun registrert to skred i området rundt campingplassen, men ingen skred i umiddelbar nærhet til campingplassen.

	Samlet sett vurderes forventet konsekvens for materielle skader til å være i kategorien <b>lav</b> .
Effekt knyttet til trygghetsfølelse for trafikanter.	Når det gjelder dette punktet, vurderes det av arbeidsgruppen, at et skred kan påvirke trygghetsfølelsen til trafikantene. Det er gjennomsnittlig ti skred per år. Påvirkning på trygghetsfølelse for trafikanter vurderes til å være i kategorien <b>middels</b> .
Effekt knyttet til tidsbruk/fremkommelighet (hvor samfunnskritisk veien er, hvilke omkjøringsmuligheter er det, stenges begge kjøreretninger, hvor lenge stenges veien, hva er kvaliteten på omkjøringsveiene).	Veien er av arbeidsgruppen ikke vurdert til å være spesielt samfunnskritisk, og omkjøringsmulighetene er vurdert som å være akseptable med 1 time 1 minutt ekstra kjøretid. Totalt sett vurderes forventet konsekvens til dette punktet å være i kategorien <b>lav</b> .
<b>Juridisk &amp; regulatoriske effekter</b>	
Juridisk effekt: Kan Statens vegvesen bli erstatningspliktige som følge av ulykken.	Med tanke på dette punktet, er det tre hovedvilkår som må være oppfylt for at Statens vegvesen kan bli erstatningspliktige som følge av ulykken. Det må foreligge et økonomisk tap, et ansvarsgrunnlag og en adekvat årsakssammenheng. Det ble av arbeidsgruppen vurdert slik at Statens vegvesen er opptatt av å følge sitt eget regelverk og håndbøker, og gjør heller ingenting hvis de ikke får oppfylt fravik. Dette innebærer at hvis noe går galt, vil lite ansvar tilfalle SVV. Totalt sett vurderes forventet konsekvens til dette punktet å være i kategorien <b>lav</b> .

<p>Regulatoriske effekter: Kan man forvente nytt regelverk som følge av en ulykke man må forhold seg til for fremtidige prosjekter.</p>	<p>Med tanke på dette punktet, vurderes det av arbeidsgruppen, at ettersom det er en eldre vei som er bygget for mange år siden, og denne veien ikke er bygget etter dagens standard, vil det ikke forventes at en ulykke vil føre til nytt regelverk i stor grad. Men det kan nevnes, at arbeidsgruppen vurderte muligheten for at skred kan føre til krav om hyppigere inspeksjoner på veistrekningen, men denne effekten blir vurdert til å være i kategorien <b>lav</b>.</p>
<p><b>Politiske effekter</b></p>	
<p>Effekt knyttet til omprioritering av prosjektporteføljen som følge av en ulykke.</p>	<p>Når det gjelder dette punktet, vurderte arbeidsgruppen det som en <b>ikke relevant</b> effekt knyttet til omprioritering av prosjektporteføljen som følge av en ulykke.</p>