

Implementering av RAM- prosess for vegtunnel

Fredrik Styrvold

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Amund Bruland, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Oppgavens tittel: Implementering av RAM- prosess for vegtunnel	Dato: 10.06.2017		
	Antall sider (inkl. bilag): 69		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Fredrik Styrvold			
Faglærer/veileder: Amund Bruland			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

<p>Ekstrakt:</p> <p>En kartlegging av RAM- prosess i vegtunnel, utført i forbindelse med faget TBA4935 Anleggsteknikk. Arbeidet har som hensikt å identifisere de utfordringer som finnes i henhold til implementering av RAM- prosess for vegtunnel, samt komme med anbefalinger for hvordan utfordringene kan overkommes og derav øke implementeringshastigheten.</p>

Stikkord:

1. Tidligfaseplanlegging
2. RAMS ¹
3. Levetidskostnad
4. Oppetid

¹ RAMS= Reliability, Availability, Maintainability and Safety

Forord

Denne rapporten er utført i forbindelse med faget TBA4935 Anleggsteknikk våren 2017, ved institutt for bygg, anlegg og transport. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng og markerer slutten på et fem års sivilingeniørstudie.

Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Statens vegvesen til å omhandle implementeringen av RAM- prosess for vegtunnel, etter mitt ønske om en oppgave vinklet mot drift og vedlikehold av tunneler.

Det rettes en stor takk til Statens vegvesen og Bane NOR for deres samarbeidsvilje, samt veileder Amund Bruland for hans engasjement og hjelp til utførelse.

Trondheim 10.06.2017



Fredrik Styrvold

Sammendrag

Investeringer på veg og jernbane har de siste årene vært økende og bare fra 2010 til 2018 økte de planlagte investeringene med 29 milliarder kroner. Dette, sammen med det økte vedlikeholdsetterslepet fra eksisterende vegtunneler, har satt krav til bedre metoder for å sikre verdien av investeringene.

For å øke sikkerheten rundt de investeringene som blir valgt har Statens vegvesen begynt en prosess med innføringen av RAM for vegtunnel. RAM- prosess har blitt benyttet en god stund av Bane NOR med gode resultater på jernbane og Statens vegvesen ønsker derav å kopiere den suksessen på veg.

Implementeringen har ikke gått så raskt som ønsket og Statens vegvesen prøver hele tiden å finne svar på hva som gjør at det ikke har gått etter planen. Målet med oppgaven er derav å besvare følgende spørsmål:

1. Hva er RAM?
2. Hvordan kan en RAM- prosess utføres?
3. Hvilke utfordringer finnes ved implementering av RAM- prosess for vegtunnel?
4. Hvordan kan RAM- prosess lettere implementeres for vegtunnel?

Gjennom besvarelse av disse spørsmålene ble det hovedsakelig funnet fem faktorer som påvirker implementeringshastigheten i størst grad. Disse var:

- Kalkulasjonsrente
- Teoretisk gevinstpotensial
- Standarder
- Regelverk
- Datatilbakeføring

I oppgaven etableres det en detaljert forklaring på hvordan faktorene påvirker RAM-prosessen, samt hvorfor disse faktorene er problematiske. I tillegg utarbeides det en del anbefalinger i henhold til hva som kan gjøres for å minske faktorenes påvirkning, for å potensielt kunne øke implementeringshastigheten for RAM- prosess i vegtunnel.

Abstract

Over the past years the investments on roads and railways have been increasing, and from 2010 to 2018 the planned investments increased with NOK 29 billion. This, together with the increased need for maintenance from existing road tunnels, has required better methods for securing the value of the investments.

In order to provide greater security for the chosen investments, the Norwegian Public Roads Administration has started introducing RAM in road tunnels. The RAM process has been used for a while by the Norwegian National Rail Administration with good results, and the Norwegian Public Roads Administration wishes to copy this success.

Implementing has not gone as quickly as desired, and the Norwegian Public Roads Administration is constantly trying to find answers to why the implementation has not gone as planned. The purpose of the assignment is therefore to answer the following questions:

1. What is RAM?
2. How can a RAM process be executed? (Askeland, 2016)
3. What challenges exist when implementing RAM process in road tunnels?
4. How can a RAM process be implemented in road tunnels more easily?

By answering these questions, five main factors that influenced the implementation rate were found. The factors are:

- Required rate of return
- Theoretical potential of profit
- Standards
- Regulations
- Information feedback

The report establishes a detailed explanation of how the factors affect the RAM process and why these factors are problematic. In addition, some recommendations are made according to what can be done to reduce the impact of the factors, in order to potentially increase the implementation rate of the RAM process in road tunnels.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	5
Abstract	7
Innholdsfortegnelse	9
Tabelliste	11
Figurliste	12
1. Innledning	13
1.1 <i>Problemstilling</i>	13
1.1 <i>Bakgrunn</i>	13
1.3 <i>Avgrensning</i>	16
1.4 <i>Hensikt og formål</i>	16
1.5 <i>Oppgavens struktur</i>	17
2. Metode	19
2.1 <i>Generelt</i>	19
2.1.1 Valg av metode	19
2.1.2 Kvantitativ og kvalitativ metode	19
2.2 <i>Forskningsspørsmål</i>	20
2.3 <i>Litteraturstudie</i>	21
2.3.1 Metode	21
2.3.2 Søkemotorer	22
2.3.4 Kriterier for evaluering	23
2.4 <i>Møter og samtaler</i>	24
2.5 <i>Oppgavens utfordringer</i>	24
3. Teoretisk grunnlag	25
3.1 <i>Tunnelens historie</i>	25
3.1.1 Verden	25
3.1.2 Norge	25
3.2 <i>Tidligfaseplanlegging</i>	27
3.3 <i>RAM- prosess</i>	29
3.4 <i>Pilotprosjektet E39 Rogfast</i>	35

3.5	<i>Kontrollering av RAM- prosessen</i>	38
4.	Resultater og diskusjon	41
4.1	<i>Utfordringer</i>	41
4.1.1	Kalkulasjonsrente	41
4.1.2	Teoretisk gevinstpotensial	46
4.1.3	Standarder	56
4.1.4	Regelverk	57
4.1.5	Datatilbakeføring	59
4.2	<i>Anbefalinger</i>	60
4.2.1	Kalkulasjonsrente	60
4.2.2	Teoretisk gevinstpotensial	60
4.2.3	Standarder	61
4.2.4	Regelverk	62
4.2.5	Datatilbakeføring	62
6.	Oppsummering	65
6.1	<i>Videre arbeid</i>	66
	Bibliografi	67

Tabelliste

Tabell 1: Forklaring av RAMS som begrep, etter Statens vegvesen Vegdirektoratet (2015)	14
Tabell 2: Oppgavens struktur	17
Tabell 3: Forskningsspørsmål	20
Tabell 4: Søkemotorer	22
Tabell 5: Spørsmål for kildeevaluering, etter NTNU universitetsbiblioteket (2017)	23
Tabell 6: Planlagt stenging, etter Vianova (2012)	33
Tabell 7: Ikke- planlagt stenging, etter Vianova (2012).....	33
Tabell 8: Alternativer til tunnelprofil, etter Statens vegvesen (2015).....	36
Tabell 9: Kalkulasjonsrente for offentlige investeringer, etter Finansdepartementet (2014)	42
Tabell 10: Nåverdier ved kalkulasjonsrente 4 %	43
Tabell 11: Nåverdier ved kalkulasjonsrente 0,9 %	43
Tabell 12: Opprinnelige kostnader	48
Tabell 13: Gevinstpotensial ved 10 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år.....	48
Tabell 14: Gevinstpotensial ved 25 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år.....	49
Tabell 15: Gevinstpotensial ved 50 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år.....	49
Tabell 16: Gevinstpotensial ved 75 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år.....	49
Tabell 17: Opprinnelige kostnader	51
Tabell 18: Gevinstpotensial ved 10 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år...51	
Tabell 19: Gevinstpotensial ved 25 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år...52	
Tabell 20: Gevinstpotensial ved 50 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år...52	
Tabell 21: Gevinstpotensial ved 75 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år...52	

Figurliste

Figur 1: Utvikling i investeringer for veg og jernbane, etter NHO (2017).....	14
Figur 2: RAMS- prosessen, etter Tuven (2016a).....	15
Figur 3: Faser i et prosjekt, etter Samset (2014)	27
Figur 4: Mulighet for påvirkning i tidligfase, etter Samset (2014).....	28
Figur 5: Gevinstpotensial ved bruk av RAM, etter Sjøvik (2015).....	30
Figur 6: Drifts- og vedlikeholdsmetoder for de ulike fasene, etter Statens vegvesen (2015)	31
Figur 7: Faktorer som påvirker oppetid (Johansen, 2016)	32
Figur 8: Grunnlag for stenging for ulike antall kjøretøy per døgn, etter Vianova (2012)	34
Figur 9: Samordning av vedlikeholdsoppgaver, etter Statens vegvesen (2014).....	35
Figur 10: Endring i teoretisk gevinstpotensial	45
Figur 11: Endring i teoretisk gevinstpotensial, utvidelse.....	46
Figur 12: Teoretisk gevinstpotensial som funksjon av redusert vedlikehold etter 40 år	50
Figur 13: Teoretisk gevinstpotensial etter 60 år vs. 40 år	53
Figur 14: Teoretisk gevinstpotensial med 50 % økt investering for ulik levetid	55

1. Innledning

1.1 Problemstilling

Denne oppgaven baserer seg på en kartlegging av RAM- prosessen i vegtunnel for å identifisere de utfordringene en slik prosess står ovenfor og hvordan disse potensielt kan løses. Problemstillingen for oppgaven er derav som følger:

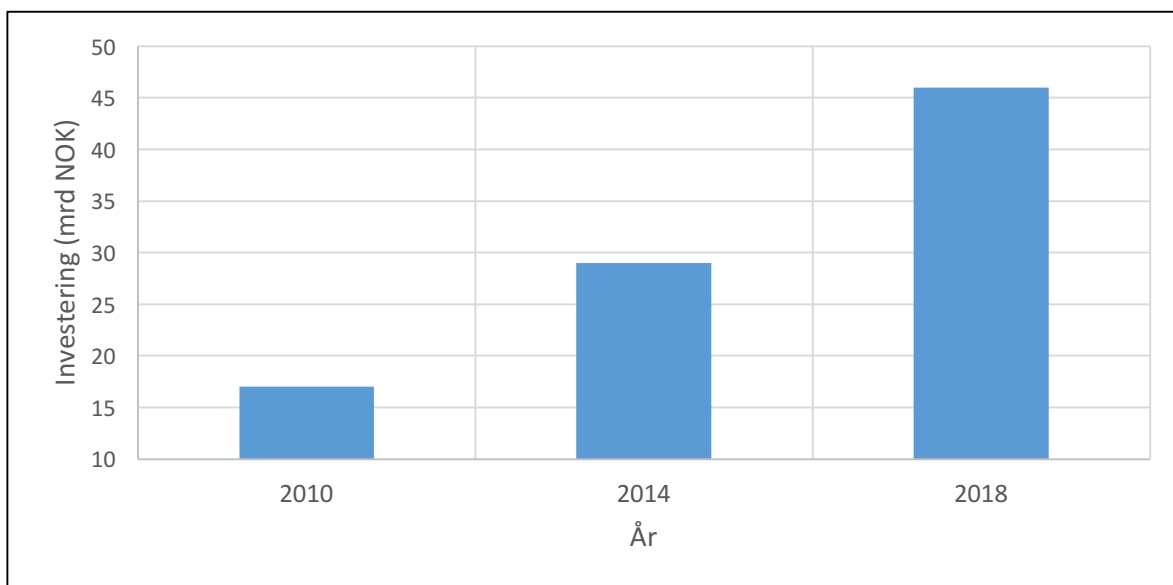
Hvordan kan RAM- prosess implementeres for vegtunnel?

Utformingen av oppgavens problemstilling tok utgangspunkt i min forespørsel om en oppgave innenfor temaet drift og vedlikehold av vegtunnel. Det ble derav fremmet et forslag til Statens vegvesen om dette var noe som de ønsket kartlagt.

Svaret fra Statens vegvesen var at de ønsket en oppgave som omhandlet kartleggingen av RAM- prosess for vegtunnel. Grunnlaget var at RAM- prosess ble sett på som et satsningsområde i Statens vegvesen. Implementeringshastigheten har ikke vært så høy som forventet og arbeidet befinner seg på et nivå hvor det foreløpig er lite kunnskap om temaet.

1.1 Bakgrunn

De siste årene har investeringene på veg og jernbane vært økende. Bare fra 2010 til 2018 har de planlagte investeringene økt med i overkant av 29 milliarder kroner (NHO, 2017), vist i figur 1. I takt med de økende investeringene har behovet for prosesser som lettere kan sikre verdien av investeringene i fremtiden blitt større. En av prosessene som kan spille en stor rolle i henhold til dette er RAMS.



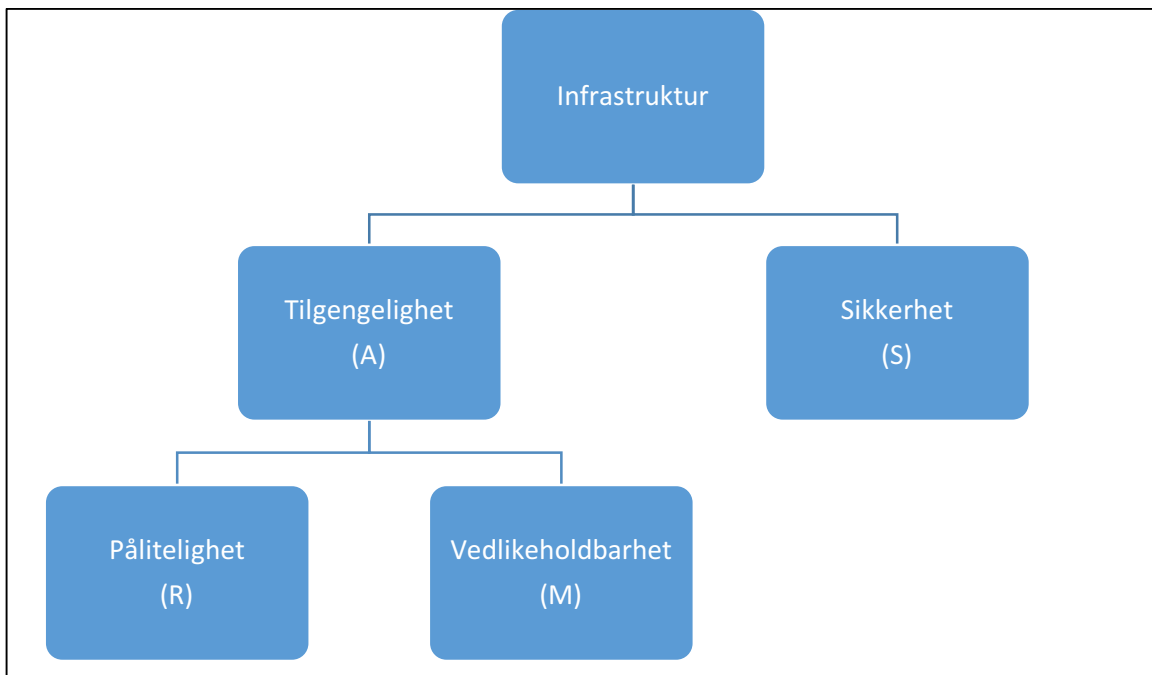
Figur 1: Utvikling i investeringer for veg og jernbane, etter NHO (2017)

RAMS er en samlet betegnelse for tunnelens egenskaper når det kommer til pålitelighet (R), tilgjengelighet (A), vedlikeholdbarhet (M) og sikkerhet (S), begrepene er videre forklart i tabell 1.

Tabell 1: Forklaring av RAMS som begrep, etter Statens vegvesen Vegdirektoratet (2015)

Norsk	Forklaring
Pålitelighet (R)	Sannsynligheten for at en komponent eller et delsystem utøver den forventede funksjonen til et gitt tidspunkt på en tilfredsstillende måte.
Tilgjengelighet (A)	Et produkts evne til å være i den tilstand hvor det utfører dets tiltenkte funksjon, under gitte betingelser i et gitt tidsintervall, under antakelsen av at nødvendig eksterne ressurser er tilstede.
Vedlikeholdbarhet (M)	Sannsynligheten for at en enhet vil forbli- eller tilbakeført til- en spesifisert tilstand innen en gitt tidsperiode forutsatt at vedlikeholdet utføres i overensstemmelser med fastlagte prosedyrer og ressurser.
Sikkerhet (S)	Akseptabel risiko knyttet til helse og miljø.

Når en RAMS- prosess skal utføres, deles den opp i to separate prosesser som forekommer parallelt, vist i figur 2. Den ene tar for seg sikkerhet (S) og den andre tar for seg tilgjengelighet (A). Tilgjengelighet (A) er en sammensetning av pålitelighet (R) og vedlikeholdbarhet (M). Sammen danner disse det som omtales som en RAM- prosess (Tuven, 2016a).



Figur 2: RAMS- prosessen, etter Tuven (2016a)

Formålet med RAMS- prosessen er å utforme tunneler slik at den totale levetidskostnaden blir så lav som mulig, samtidig som tunnelen har den høyest mulige tilgjengeligheten (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

RAMS blir hovedsakelig benyttet for jernbane per i dag, og i Norge bruker Bane NOR denne metodikken for både nybygg og rehabilitering av tunneler. RAMS- manager Kåre Meling i Bane NOR presiserer at metodikken har blitt benyttet med stort hell og har vært med på å bringe Bane NOR nærmere sine ønskede mål i henhold til sikkerhet, punktlighet og oppetid.

Med bakgrunn i jernbanens suksess, ønsker Statens vegvesen å prøve dette på veg. I den sammenheng ble det besluttet å utføre et pilotprosjekt for bruken av RAM- prosess på den

kommende undersjøiske tunnelen Rogfast, som skal gjøre forbindelsen mellom Stavanger og Haugesund fergefri (Statens vegvesen, 2015).

1.3 Avgrensning

Siden kravet til sikkerhet ofte er høyt og særdeles kritisk blir den ofte regulert og ivaretatt gjennom allerede fastsatte kravspesifikasjoner og gode rutiner (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Sikkerheten for vegtunneler blir i dag ivaretatt gjennom "Forvaltning av sikkerhet i vegtunneler" gitt i Statens Vegvesens Kvalitetssystemer (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015). Siden denne praksisen ble utviklet for mange år siden og har opparbeidet seg en sentral rolle i norsk tunnelpraksis med gode resultater, vil denne oppgaven kun se på RAM-prosessen.

I tillegg vil ikke RAM- prosess i jernbanetunnel være omtalt i annen sammenheng enn til bruk for sammenligning, samt forklaring rundt bruken av RAM- prosess i vegtunnel.

1.4 Hensikt og formål

Målet for oppgaven er å besvare de fire forskningsspørsmålene som er etablert i kapittel 2.2. Disse er utarbeidet med hensikt å sammen danne en besvarelse på den overordnede problemstillingen etablert i kapittel 1.1.

Hensikten er å se på problematikken ved implementering av RAM- prosess for vegtunnel. Dette for å kunne kartlegge de utfordringer en slik prosess står overfor, samt om mulig kunne komme med konkrete anbefalinger på hvordan implementeringen kan gjøres enklere.

I tillegg til denne kartleggingen ønskes det at rapporten skal kunne skape bevissthet rundt det gevinstpotensialet som ligger i en RAM- prosess og hvorfor slike prosesser er en viktig brikke i planleggingen av morgendagens tunneler.

1.5 Oppgavens struktur

Oppgavens struktur er lagt opp slik at den består av fem deler, de ulike delene av oppgaven beskrevet i tabell 2.

Tabell 2: Oppgavens struktur

Del	Beskrivelse
Innledning	Innledningen tar for seg hvorfor oppgaven ble valgt utført, utarbeidelse av problemstillingen og beskrivelse av hva som ønskes oppnådd. Den beskriver også hvilke aspekter som er valgt fokusert på, samt utelatt.
Metode	I denne delen etableres det fire forskningsspørsmål som skal besvares i ulike deler av rapporten, dette med mål om at de samlet kan svare på den valgte problemstillingen. Videre forklares det hvilke metoder og fremgangsmåter som er benyttet i arbeidet med besvarelsen av de fire forskningsspørsmålene.
Teoretisk grunnlag	I det teoretiske grunnlaget presenteres kunnskapen som er tilegnet gjennom litteraturstudie. Teorien som presenteres har som hensikt å svare på forskningsspørsmål én og to, samt fungere som et grunnlag til den videre diskusjonen. Dette for øke leserens forståelse av temaet.
Resultat og diskusjon	Resultater og diskusjon er delt i to. I den første delen presenteres de funn som her gjort i henhold til utfordringer ved implementering av RAM- prosessen og diskusjonen rundt disse, altså en besvarelse av forskningsspørsmål tre. Del to bygger videre på del én og tar for seg anbefalinger i henhold til hvordan de gitte utfordringene potensielt kan løses og besvarer derav det fjerde forskningsspørsmålet.
Oppsummering	Oppsummeringen har som hensikt å danne en oversikt over de viktigste funnene i oppgaven. I tillegg gis det en vurdering i form av hva som ville vært det neste steget hvis arbeidet skulle blitt videreført.

2. Metode

Kapittelet har som hensikt å gi leseren et innblikk i hvordan arbeidet med oppgaven er utført, samt gi en oversikt over hvilke elementer som er lagt til grunn for vurdering av informasjonen som er valgt benyttet.

2.1 Generelt

2.1.1 Valg av metode

Når det kommer til valg av metode er det viktig at det brukes god tid til å skape et veletablert rammeverk for arbeidet. Det viktigste er å etablere klare mål om hva som ønskes oppnådd og velge metode deretter (Melvær, 2014).

Forskningsspørsmålene som er utarbeidet i kapittel 2.2 spiller en stor rolle i det å kartlegge metodene som bør benyttes. Viktigheten av samspillet mellom det som ønskes å finne ut og måten det gjøres på står sentralt i det å oppnå gode resultater (Melvær, 2014).

2.1.2 Kvantitativ og kvalitativ metode

Metode for innsamling av data deles hovedsakelig inn i to typer; kvalitative metoder og kvantitative metoder.

Kvalitative metoder tas i bruk når materiellet først og fremst ønskes forstått. Med dette innebærer det å prøve å finne meningsinnholdet. Deretter sette det i en større sammenheng for å skape et innblikk i om denne informasjonen kan si oss noe om det som har vært eller det som kommer til å skje. Informasjon innhentet ved hjelp av denne typen metoder kan ikke konverteres til målbare enheter da informasjonen ofte bygger på meninger og erfaringer (Melvær, 2014).

Kvantitative metoder benyttes når noe ønskes tallfestet, samt oversette datamateriell til enkle tall. Dette gjøres for å forenkle dataen slik at det kan settes i sammenheng, og gjøres ofte ved bruk av grafer og tabeller. Ved bruk av kvantitative metoder forutsettes det at kunnskapen til temaet som studeres, på forhånd er høyt. Samt at formening om hvordan

fremgangsmåten for tilegning av data er klar. I hovedsak benyttes disse metodene til å skape modeller som fremmer den generelle kunnskapen om emnet (Melvær, 2014).

I denne oppgaven har det blitt benyttet en kombinasjon av de to metodene. Det har både vært fokus på innhenting av erfaringer fra sentrale personer, samtidig som det å lage enkle modeller for kalkulasjonsrente og gevinstpotensial har vært viktig. Dette for å danne en bedre forståelse av både ulempene og fordelene ved RAM- prosessen.

2.2 Forskningsspørsmål

Fastsettelse av hva som ønskes oppnådd med oppgaven er som sagt viktig, og i den forbindelse ble det utarbeidet fire forskningsspørsmål som ønskes besvart. Disse er presentert i tabell 3.

Tabell 3: Forskningsspørsmål

Nummer	Forskingsspørsmål
1	Hva er RAM?
2	Hvordan kan en RAM- prosess utføres?
3	Hvilke utfordringer finnes ved implementering av RAM-prosess for vegtunnel?
4	Hvordan kan RAM- prosess lettere implementeres for vegtunnel?

Forskingsspørsmålene er bygget opp slik at de to første besvares gjennom det teoretiske grunnlaget, presentert i kapittel 3.

Videre er forskningsspørsmål tre utformet slik at det besvares gjennom del én av den påfølgende diskusjonen. Grunnlaget for dette er å avdekke de konkrete utfordringene som oppstår når en RAM- prosess benyttes for vegtunneler i praksis.

Del to av diskusjonen består av anbefalinger som potensielt kan forenkle implementeringen av RAM- prosess i vegtunneler. Gjennom disse anbefalingene er forskningsspørsmål fire forsøkt besvart.

2.3 Litteraturstudie

Et grunnleggende litteraturstudie ble gjennomført i forbindelse med utarbeidelsen av prosjektoppgaven høsten 2016. Som en utvidelse ble det tidlig i masteroppgaven benyttet mye tid på supplerende søk, samt innhenting av relevant informasjon fra sentrale personer i Statens vegvesen og Bane NOR.

2.3.1 Metode

Når informasjon skal innhentes i forbindelse med et tema som er såpass nytt, spesielt for vegtunnel, er det stor avhengigheten av sentrale personer. De fleste dokumentene som danner grunnlaget for den teoretiske delen er derfor gitt til meg direkte av kontaktpersoner i Statens vegvesen og Bane NOR.

Videre er flere av de aktuelle dokumentene funnet ved bruk av referanselistene i rapportene som ble gitt til meg. Kildene som ble avdekket ved bruk av denne metoden var i stor grad med på å skaffe et helhetlig overblikk over hva RAM- prosess baserer seg på, samt gi en bedre forståelse av hvorfor RAM- prosess er gunstig.

I tillegg har forskjellige søkemotorer blitt benyttet for å skaffe eksterne kilder. Formålet med denne innhenting var hovedsakelig å kvalitetssjekke den informasjonen som allerede var gitt fra Statens vegvesen og Bane NOR, samtidig som det kunne gi andre innfallsvinkler på det samme teamet.

2.3.2 Søkemotorer

I tabell 4 er det gitt en beskrivelse av de søkemotorer som er benyttet i denne oppgaven.

Tabell 4: Søkemotorer

Søkemotor	Beskrivelse
Oria	Oria er en søkemotor som leveres av Bibsys. Bibsys er et statlig organ som ligger under kunnskapsdepartementet med hovedoppgave å lever bibliotek tjenester til utdanning og forskningssektoren. Med Oria kan det søkes i alle norske biblioteks sine samlinger. Dette gjelder eget materiale, samt alt bibliotekene har tilgang til elektronisk. Oria er ikke åpen for allmenheten. Det er derfor nødvendig å være medlem av en organisasjon som bibsys leverer tjenester til for å kunne benytte denne, som for eksempel NTNU.
Google Scholar	Google Scholar er en gratis søketjeneste som ble lansert i 2004. Tjenesten er åpen for alle og fungerer på mange måter likt som Oria. Tjenesten anses som svært troverdig og det meste som er publisert i akademiske sammenheng etter år 2000 finnes her. Det eneste minuset er at den kan være noe problematisk i henhold til ikke-engelske utgivelser da den ikke dekker disse like godt.
Google	Google er en søkemotor de fleste kjenner. Den finner det meste, men det er viktig å trå varsomt da informasjonen som finnes gjennom Google ikke har vært gjennom noen form for kvalitetssikring.

2.3.4 Kriterier for evaluering

Når kilder skal evalueres er det hovedsakelig T-O-N-E prinsippet som ønskes benyttet. T-O-N-E står for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egenhet (NTNU universitetsbiblioteket, 2017)

For å vurdere kilden er det lettest å sette den opp mot en liste av spørsmål for å avgjøre om kravene til T-O-N-E er tilstrekkelig. Spørsmålene er listet opp i tabell 5.

Tabell 5: Spørsmål for kildeevaluering, etter NTNU universitetsbiblioteket (2017)

T-O-N-E	Spørsmål
Troverdighet	<ul style="list-style-type: none">• Hvem er ansvarlig for artikkelen?• Hva er forfatterens utdanning og institusjonstilknytning?• Hvor finner man artikkelen?
Objektivitet	<ul style="list-style-type: none">• Er dataene i samsvar med tidligere forskning?• Er forfatterens hensikt å overtale eller informere?• Er flere sider av temaet belyst i artikkelen?
Nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none">• Er forskningsmetodikken godt forklart?• Hvor nye og oppdaterte er dataene?• Kan informasjonen bekreftes i minst 2 andre kilder?
Egnethet	<ul style="list-style-type: none">• Hvor godt passer artikkelen mine behov?• Er dataene relevante for min oppgave?• Kan artikkelen kaste nytt lys over problemstillingen?

Poenget med denne prosessen er å belyse problemer for så å vurdere om kilden ønskes benyttet i oppgaven. Ved å benytte en slik metode anses det som at alle kilder har gjennomgått en tilfredsstillende kvalitetskontroll. I tillegg gjøres det oppmerksom på at der det ble avdekket problemer i henhold til T-O-N-E, ble dette undersøkt nærmere.

De nærmere undersøkelsene der T-O-N-E ikke var tilstrekkelig besto i dette tilfellet av å kontakte fagpersoner i Statens vegvesen og Bane NOR. Dette for å få validert om informasjonen som de eksterne kildene presenterte var i henhold til deres er kunnskap og

erfaringer. Etter denne valideringen var gjennomført ble det på nytt vurdert om kilden var av tilstrekkelig troverdighet i henhold til bruk i oppgaven.

2.4 Møter og samtaler

For å kartlegge de utfordringer som i praksis oppstår når en RAM- prosess utføres for vegtunnel, var det viktig å innhente erfaringer gjennom møter og samtaler med sentrale personer.

Erfaringsinnhenting ble gjort i form av møter tidlig i prosessen med prosjektleder Harald Buvik i Statens vegvesen og sjefsingeniør Oddvar Kaarmo i Vegdirektoratet. Utover i prosessen ble det også opprettet kontakt med RAMS-manager Kåre Meling i Bane NOR, samt prosjektlederne Tore Braaten og Tor Geir Espedal i Statens vegvesen.

De kontaktede fagpersonene delte sine erfaringer ved bruk av RAMS, både i veg- og jernbaneprosjekter, samt sine dokumenter på området. Det har under hele perioden vært opprettholdt en kontinuerlig kontakt med både Statens vegvesen og Bane NOR for innhenting av erfaringer og besvarelse av spørsmål.

2.5 Oppgavens utfordringer

Oppgavens utfordring baserer seg hovedsakelig på det faktum at det har vært relativt lite forskning og utprøving av RAM- prosess når det kommer til vegtunnel. Dette gjør at det finnes et lite antall artikler og dokumenter som omhandler dette temaet.

Siden det er få RAM- prosesser som har blitt utført på vegtunnel i Norge var det også relativt vanskelig å finne personer som hadde vært med på, samt hadde kompetanse om utførelsen av en slik prosess.

Det vil derfor alltid finnes en mulighet for at sentrale aspekter i henhold til temaet kan ha blitt utelatt og at litteratur kan ha blitt feiltolket.

3. Teoretisk grunnlag

Dette kapitlet tar for seg det teoretiske grunnlaget for RAM- prosess i vegtunnel og har som mål å besvare forskningsspørsmål 1: Hva er RAM? og 2: Hvordan kan en RAM-prosess utføres?

3.1 Tunnelens historie

3.1.1 Verden

Tunnelbygging har foregått lenge og allerede i det gamle testamentet skrives det om Kong Hiskia som bygde en tunnel fra Gihon-kilden inn til Jerusalem for å skaffe byen en sikker vannforsyning. På denne tiden var det enkle og primitive metoder som ble benyttet.

Saging og boring var egypternes måte å gjøre det på, mens romerne varmet opp fjellet til det sprakk og derav ble svakt, også kalt fyringskunsten (Aakre, 2009).

Romerne var store tunnelbyggere, men etter Romerrikets fall sto det lenge stille på tunnelfronten. Det var ikke før i 1680, da det for første gang ble benyttet kruttsprenging i forbindelse med kanalutbygging i Frankrike, at tunnelbyggingen for alvor blusset opp igjen. I tiden etter at kruttsprenging ble utbredt var det kanalbygging som var det dominerende bruksområdet for tunneler i verden. På 1800- tallet tok jernbanetunnelen over og har på verdensbasis vært dominerende opp til dags dato (Aakre, 2009).

3.1.2 Norge

I et kupert land som Norge var det å begynne med tunnelbygging en revolusjon for infrastrukturen. Det å kunne krysse fjell og fjorder på en mer effektiv måte var en viktig faktor for utviklingen av det norske samfunnet (Statistisk sentralbyrå, 2001).

Tunnelbygging i Norge var lenge dominert av kraftverkstunneler, men det har i senere tid forkommet et skifte hvor det ser ut til at vegtunneler er det som tar mer og mer over. I fremtiden vil det sannsynligvis være vegtunnel som er totalt dominerende når det kommer til antall kilometer tunnel som bygges i Norge. Hovedsakelig kommer dette av at det i tettbebygde strøk vil bli mer og mer krevende å bygge veganlegg over jord da det er mye

annen infrastruktur og bebyggelse som vil bli påvirket. Underjordiske anlegg vil da i mange tilfeller stå frem som økonomisk lønnsomme og vil dermed være en foretrukket løsning (Aakre, 2009).

De fleste vegtunneler i Norge er bygget i perioden mellom 1960 og frem til i dag. Gjennom denne perioden har det forekommet en enorm utvikling knyttet til prosjektering og bygging. Tunnelene som driftes i dag står derav som synlige eksempler på denne utviklingen (Norconsult AS, 2012).

Mye av dagens vedlikeholdsetterslep stammer fra manglende vedlikehold av anlegg bygget tidlig i utviklingsperioden. I tillegg ble det lenge foretrukket såkalte lavkostnadsløsninger når vegtunneler skulle bygges i Norge. I begrepet lavkostnadsløsninger ligger det blant annet at det har vært lite fokus på totale levetidskostnader og stort fokus på lave byggekostnader (Norconsult AS, 2012).

Lenge var dette den ledene måten å tenke på i den norske tunnelbransjen og ikke før den siste tiden har konsekvensene som en slik tankegang har medført begynt å komme til syne. Det anslås i den forbindelse at for fylkesveier alene, vil det kreve en investering på 9-15 milliarder norske kroner for å bringe tunnelene tilbake til en akseptabelt standard i henhold til dagens krav (Sund, 2012).

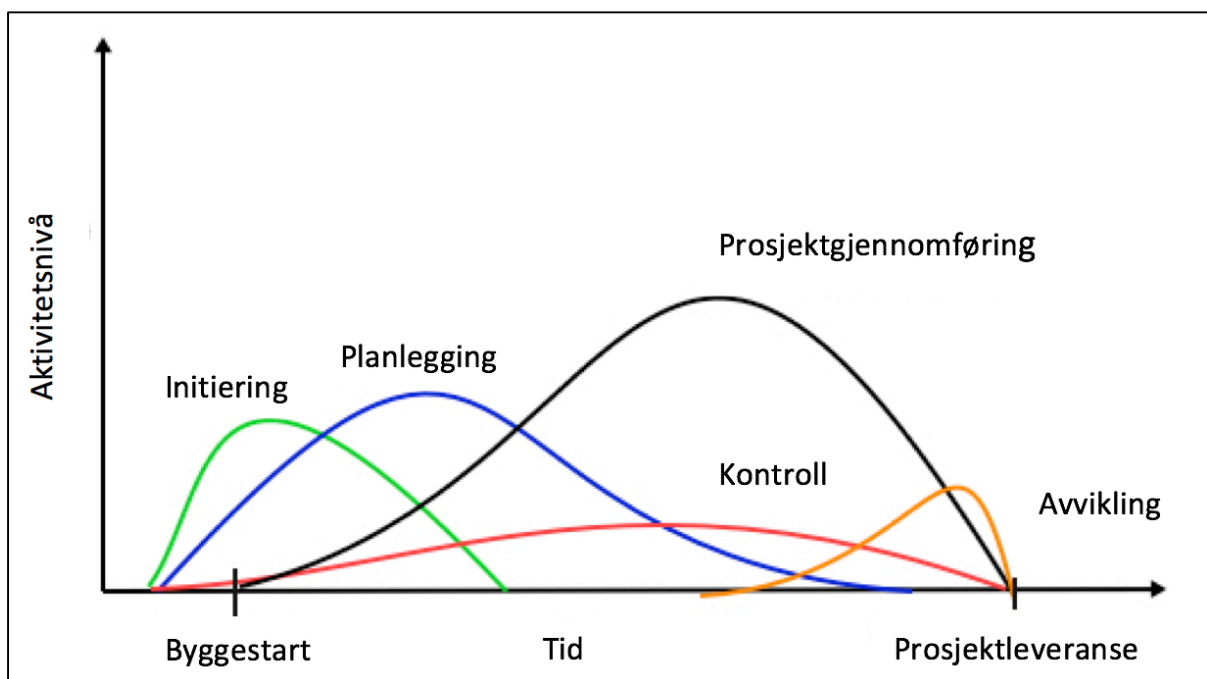
Mange av ideene rundt lavkostnadsløsninger smittet også over på oppfølging og kontrollering i byggeperioden. Kontrollansvaret ble lagt over på allerede hardt pressede entreprenører som slet med å levere tunnelen til avtalt tid og pris. Konsekvensen av dette ble at entreprenørene i stor grad satte fremdrift foran kvalitet. Eksempelvis ble dette gjort ved lange salver og lite fokus på kontursprenging, som videre førte til store sprekkdannelser i berget (Norconsult AS, 2012).

I ettertid har det blitt klart at det som en gang var regnet som lavkostnadsløsninger ikke lenger fremstår som særlig billige totalt sett. Det er derfor nødvendig å tenke annerledes og utvikle gode metoder for å få en indikasjon på de totale levetidskostnadene i en tidlig fase av prosjektet (Norconsult AS, 2012).

3.2 Tidligfaseplanlegging

Et prosjekt består av en rekke overlappende faser, vist i figur 3. Planleggings- og gjennomføringsfasen er de to dominerende hvor det meste av aktiviteten foregår (Samset, 2014). I vurderingen av en RAM- prosess er det som foregår før byggestart, altså initieringsfasen og deler av planleggingsfasen, som er av interesse.

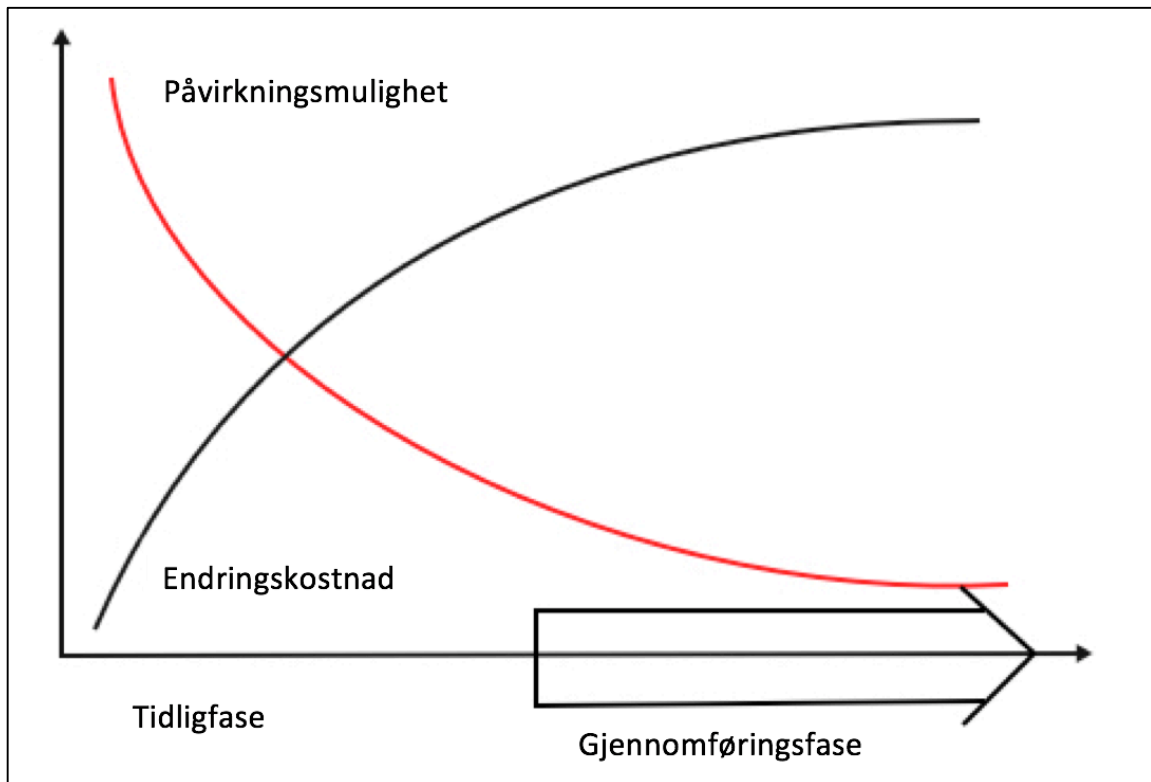
I figur 3 er aktivitetsnivået til fasene plottet mot tid. Det er ikke noen klare grenser for hvor den ene fasen slutter og den nye overtar, men en overlappende prosess hvor den ene er økende i aktivitetsnivå, mens den andre er avtagende. Dette er beskrivende for alle fasene i et prosjekt, da et prosjekt er sammensatt av en rekke aktiviteter som til en hver tid er pågående.



Figur 3: Faser i et prosjekt, etter Samset (2014)

Tidligfase er det tidspunktet hvor det gitte prosjektet kun eksisterer på et konseptuelt nivå. Det betyr at alle aktiviteter fra første idé til endelig beslutning om gjennomføring inkluderes her. Hovedmålet med fasen er å fastsette premissene for det kommende prosjektet (Samset, 2014).

I en tidligfase opereres det med en høy grad av mulighet for påvirkning samtidig som tilgangen til informasjon er på et minimum. Påvirkningsmulighetene synker etterhvert som gitte løsninger blir bestemt benyttet, samtidig som endringskostnaden økes. Dette er vist i figur 4.



Figur 4: Mulighet for påvirkning i tidligfase, etter Samset (2014)

Når påvirkningsmulighetene er høye betyr det at avgjørelser kan tas uten store økonomiske konsekvenser og at det lett kan byttes mellom konsepter. I utgangspunktet vil kostnadene av endringer øke desto lenger ut på tidsaksen prosjektet har kommet. I Knut Samset sin bok "Prosjekt i tidligfasen" fra 2014 legges det vekt på at mangelen på informasjon ikke bør ses på som et hinder, men heller en overkommelig utfordring. Han mener at dette kan gjøres med aktiv bruk av verktøy som tar hensyn til erfaringer og ekspertvurderinger for å lettere kartlegge kundens behov.

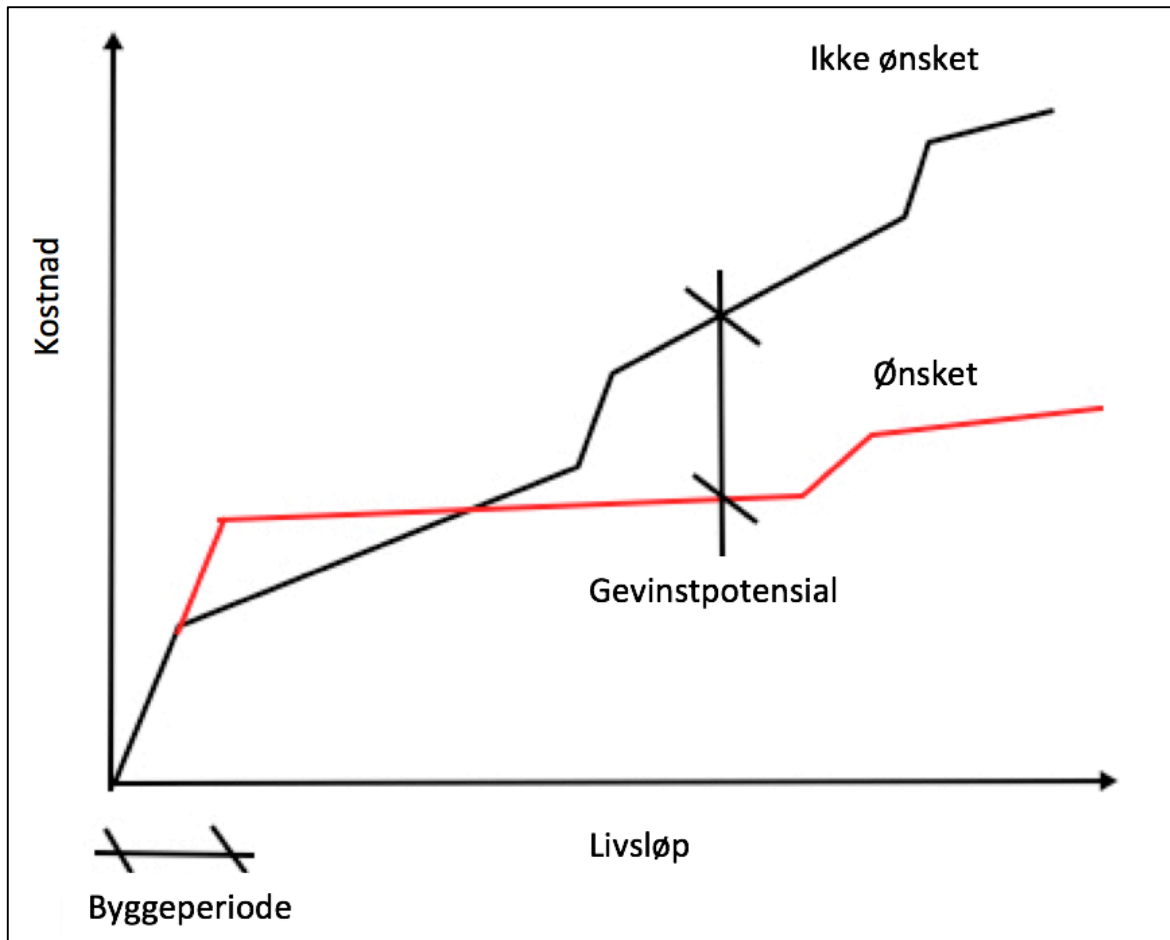
Noe av det som gjør denne fasen kritisk er at kunden ofte har manglende kjennskap til sine egne behov. Det er derfor viktig at det legges stor vekt på å kartlegge kundens ønsker samtidig som de faktiske behovene skilles ut (Wandhal, 2004).

Et viktig konsept innenfor tidligfasen er avveieingen mellom bruken av ressurser i henhold til nytten, dette tidlig i et prosjekt som ennå ikke er avgjort om skal utføres. Muligheten for bruk av ressurser i tidligfasen er derav ofte små. Dette siden det ikke er sikret at prosjektet vil bli gjennomført og ved en beslutning om skrinlegging vil pengene kunne ses på som bortkastet. Allikevel vil det i de fleste tilfeller være stor nytte av de brukte ressursene, da kostnadsberegningene ved avgjørelse vil ha en mye høyere sikkerhet (Samset, 2014).

3.3 RAM- prosess

Tankegangen i en RAM- prosess går ut på at økte kostnader ved bygging av dyrere løsninger vurderes opp mot den reelle verdien dette utgjør i form av lavere total kostnad i tunnelens levetid. Grunnlaget for denne måten å tenke på er at det finnes et gevinstpotensial som ønskes utnyttet.

Gevinstpotensialet er besparelsen som kan skapes ved å øke kostnadene ved bygging for å oppnå lavere vedlikeholdsutgifter. Gevinstpotensialet vil kun forekomme når vedlikeholdskostnadene for løsningen med høyere investeringskostnad vokser i en lavere hastighet enn ved den løsningen som ved bygging var billigere. Kostnadenes stigningstall, samt den økte investeringens størrelse vil påvirke tiden det tar før et prosjekt kan regnet som mer lønnsomt, i figur 5 er dette vist ved krysningspunktet mellom de to grafene.



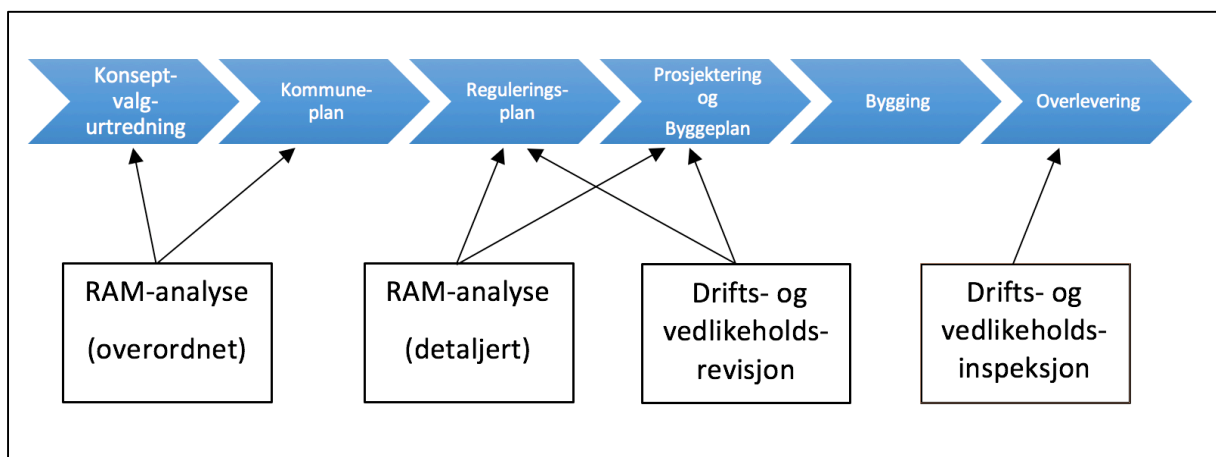
Figur 5: Gevinstpotensial ved bruk av RAM, etter Sjøvik (2015)

Når det teoretiske gevinstpotensialet skal utnyttes, er det mange måter å gjøre dette på. De enkleste beregningene baserer seg ofte på materialer og tekniske løsninger som er lette å etterprøve og derav enkle kvantifisere. Et eksempel kan være avveilingen mellom den økte kostnaden for helbetongutstøpning av tunneltversnittet kontra bruken av elementer, og besparelsen dette vil utgjøre i henhold til det lavere behovet for vedlikehold i fremtiden.

De mer kompliserte måtene baserer seg på mer omfattende beregninger, ofte med mange usikre faktorer. For eksempel kan dette dreie seg om den økte investeringen for å bygge en tunnel som med sikkerhet ivaretar kravene for fremtiden. Dette eksempelvis for å kunne utvide med et ekstra tunnellop når trafikkøkningen blir stor nok. Avveilingen vil da basere seg på verdien av den økte kostnaden i henhold til det å bygge tunnelen med for eksempel mindre helning for å sikre at et nytt parallelt tunnellop enklere vil la seg gjøre i fremtiden, mot det å velge en billigere løsning per i dag. Problematikken her er at den teoretiske

gevinsten baserer seg på mange usikre faktorer og vil derfor være vanskelig å forsvare, samt realisere.

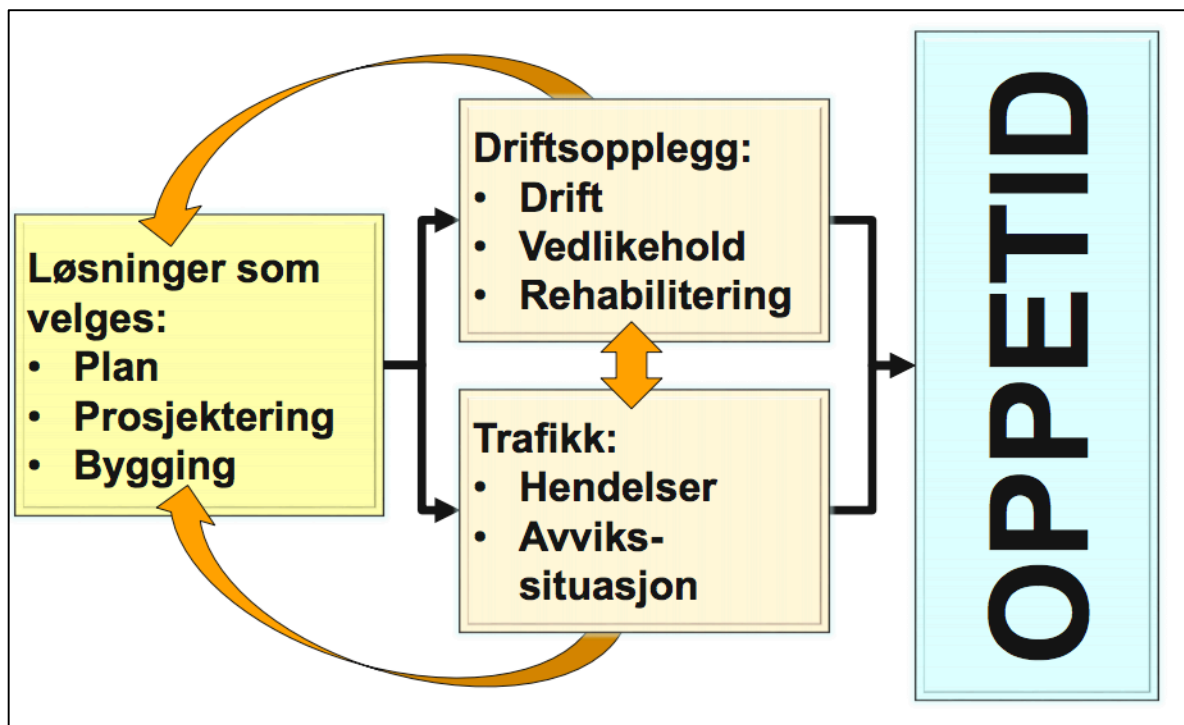
Siden resultatet av en RAM- prosess bygger på økte investeringer ved bygging er det viktig at den blir utført tidlig i prosessen. Oftest benyttes RAM- prosess som et proaktivt tiltak for å utvikle drifts- og vedlikeholdspremisser i en tidlig fase. Allerede ved konseptvalgutredning bør en enkel RAM- analyse foreligge og detaljgraden økes inn mot byggestart, dette er vist i figur 6 (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).



Figur 6: Drifts- og vedlikeholdsmetoder for de ulike fasene, etter Statens vegvesen (2015)

Når det er snakk om en RAM- prosess i vegtunnel er det to hovedpunkter som ønskes oppnådd. Det første er som nevnt lavest total levetidskostnad og det andre er høyest mulig oppetid av tunnelen. Oppetid defineres som den tiden et anlegg virker i forhold til det som er forventet av brukeren. I vegtunnel vil dette si at oppetiden beregnes ut fra en forventning om at tunnelen til alle tider er tilgjengelig for trafikantene (Johansen, 2016).

Figur 7 viser at oppetid er et resultat av en rekke sammensatte faktorer. Dette ved at den både kan påvirkes av den aktuelle infrastrukturen i seg selv ved drift, vedlikehold og rehabilitering, samt eksterne trafikale hendelser som for eksempel trafikkulykker. Det er derfor viktig at alle disse faktorene tas med i planleggingen slik at det enklere kan sikres en høy oppetid.



Figur 7: Faktorer som påvirker oppetid (Johansen, 2016)

Oppetid er en viktig kvalitetsparameter som det har vært snakket en stund. Den første rapporten om temaet i henhold til vegtunnel i Norge var en internrapport utgitt av Statens vegvesen i 2002 (Buvik, 2002). Allikevel ble det ikke før revideringen av Statens vegvesens håndbok "N500 Vegtunneler" i 2016 sendt ut konkrete forslag for høring (Johansen, 2016).

Foreløpig fokuserer oppetidsberegninger på én enkelt tunnel og som et resultat legges det kun vekt på de lokale kravene som er fastsatt. Etterhvert som oppetidsmodellene blir mer innarbeidet i prosessene vil det være ønskelig at oppetidsparameteren ikke bare tar for seg den enkelte tunnelen, men hele kjøreruten (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Når oppetid skal måles er det vanlig å kategorisere det ulike årsakene til stenging under to bolker, klasse A og klasse B. Klasse A stenging er den planlagte stengingen, mens klasse B er den ikke-planlagte. For hver av disse hovedklassene finnes det en rekke underklasser som gir en høyere detaljgrad i henhold til stengingens årsak, disse er vist i tabell 6 og 7.

Det er viktig at det gjøres oppmerksom på at definisjonen "stengt tunnel" ikke beror på det samme i en tunnel med ett løp som i en tunnel med to løp. Det betyr at en tunnel regnes

som stengt selv om det er mulig å kjøre trafikken gjennom det parallelle løpet i en tunnel med to løp, mens i en tunnel med ett løp vil trafikken måtte omdirigeres ved hjelp av en alternativ rute (Vianova, 2012).

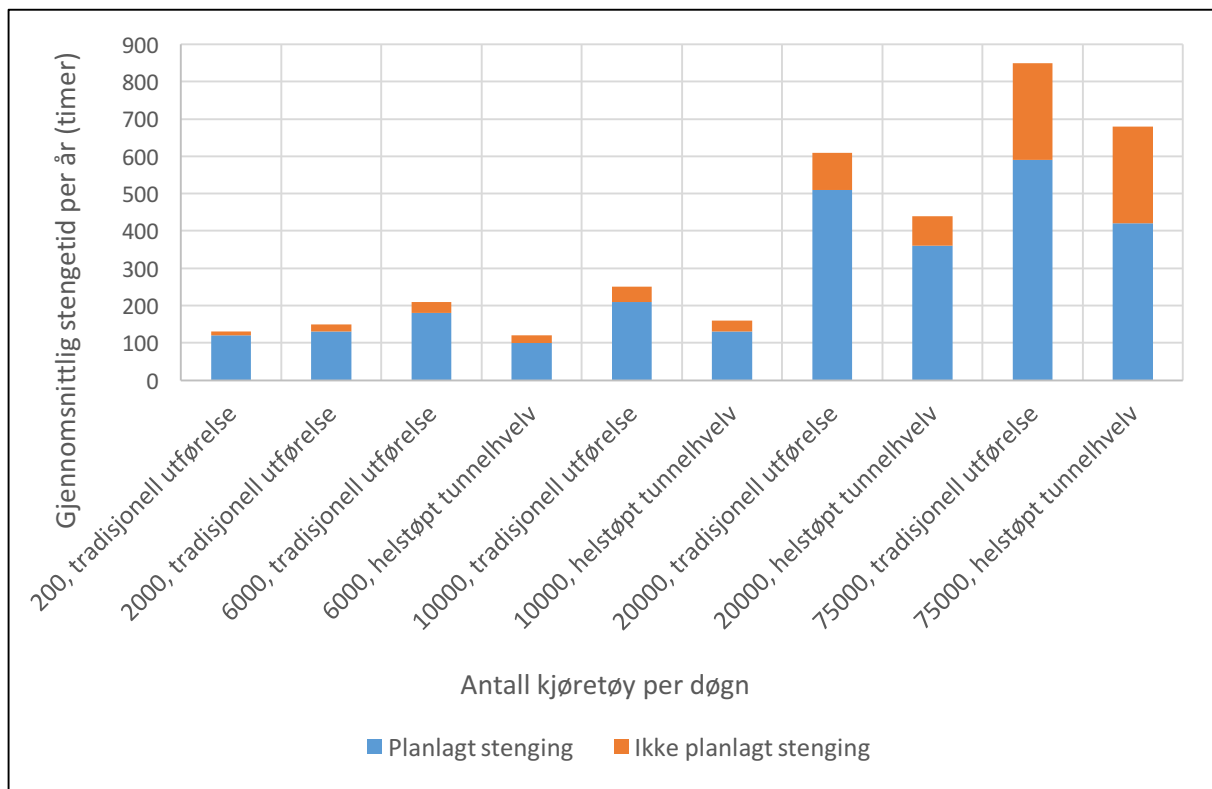
Tabell 6: Planlagt stenging, etter Vianova (2012)

Klasse	Beskrivelse
A	Planlagt stenging
A1	Rullerende drift og vedlikehold
A2	Rehabilitering av tekniske installasjoner og konstruksjonen

Tabell 7: Ikke- planlagt stenging, etter Vianova (2012)

Klasse	Beskrivelse
B	Ikke- planlagt stenging
B1	Ulykker, uhell, kjøretøystopp, brann i kjøretøy
B2	Reparasjoner (ekstern årsak)
B3	Konstruksjonssvikt
B4	Teknisk systemsvikt

I figur 8 er stenging plottet for ulike kjøretøy per døgn. For noen av verdiene er det også plottet for helstøpte tunnelhvelv. Stengingen deles i to typer; Ikke- planlagt og planlagt stenging. Det er tydelig at den planlagte stengingen er dominerende, men at den ikke- planlagte stengingen står for en noe større del ved et høyt antall kjøretøy per døgn. For tunnelene med helstøpte tunnelhvelv er den planlagte stengingen noe lavere enn ved tradisjonell utførelse, mens den ikke- planlagte stengingen forblir tilnærmet konstant.

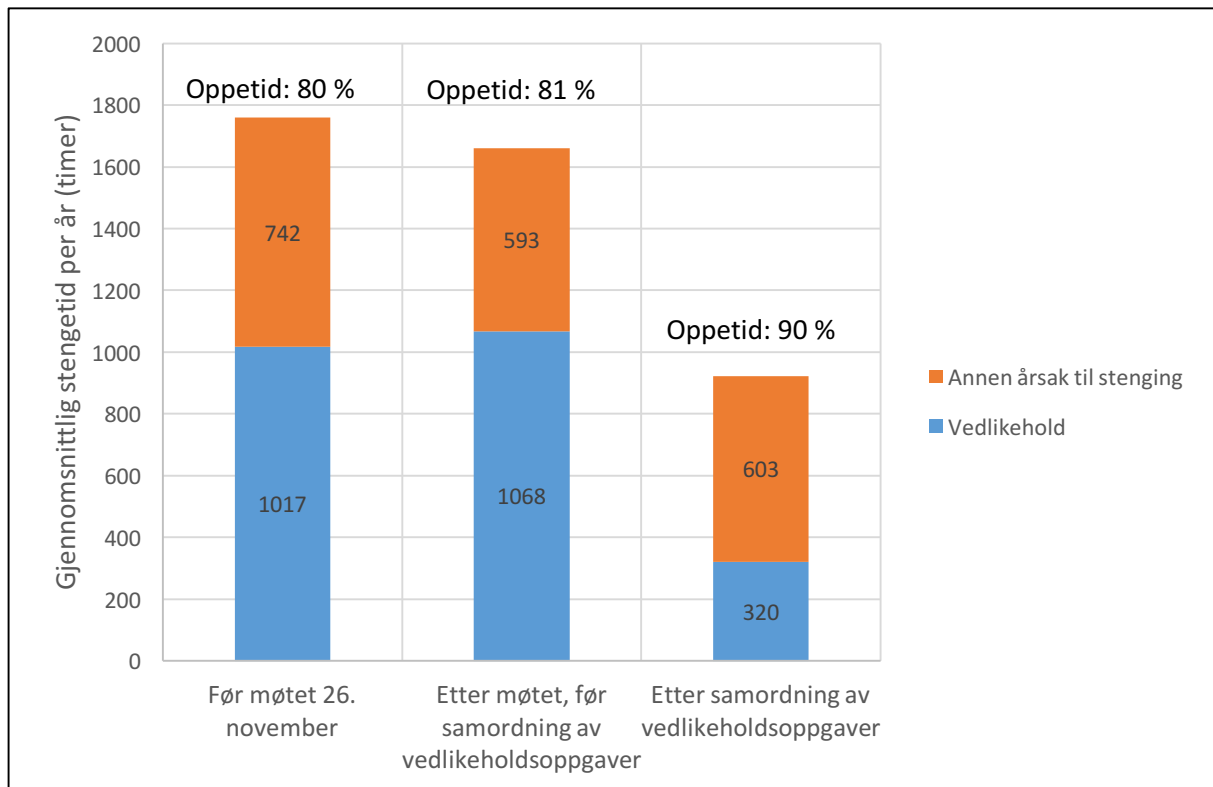


Figur 8: Grunnlag for stenging for ulike antall kjøretøy per døgn, etter Vianova (2012)

En viktig bemerkning er at den ikke- planlagte stengingen forekommer i mye større grad på ugunstige tidspunkter enn den planlagte stengingen. I hovedsak vil tidspunktet stengingen inntreffer på ha stor betydning for den samfunnsmessige kostnaden. De ikke- planlagte stengingene er vanskelige å forhindre og krever mye resurser for å oppnå en potensiell reduksjon. Derfor er det ikke denne stengingstypen som danner grunnlaget for en optimalisering av oppetiden i en RAM- prosess.

Optimalisering av planlagt stenging gjøres blant annet ved samordning av vedlikeholdsoppgaver. Samordning av vedlikeholdsoppgaver går på danne en oversikt over vedlikeholdet som skal utføres. Dette for å undersøke om de oppgaver som er planlagt, potensielt kan gjøres samtidig. Før var det ikke særlig fokus på dette, så det er generelt mye å hente på en slik type planlegging. En god indikasjon på potensialet som ligger her er Statens vegvesens pilotprosjekt E39 Svevatjørn-Rådal. Her ble stengtiden redusert med 748 timer per år, kun ved samordning av vedlikeholdsoppgavene (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2014).

I figur 9 ser vi at antall timer stengt tunnel på grunn av vedlikehold, går markant ned etter samordningen. Faktorene som går på andre typer stenging blir ikke påvirket og forblir tilnærmet konstante. Potensialet som ligger i slike samordninger er stort og vi ser at den nevnte reduksjonen på 748 timer, økte oppetiden fra 80 % til hele 90 %.



Figur 9: Samordning av vedlikeholdsoppgaver, etter Statens vegvesen (2014)

I en RAM- prosess er det viktig å se at totale levetidskostnader og oppetid i stor grad er avhengig av hverandre. Dette kommer av at bruken av dyrere materialer og løsninger ofte krever mindre vedlikehold og utskiftning. Det er derfor viktig at det tas hensyn til den totale avveiningen mellom de økte direkte kostnadene under bygging og de indirekte kostnadene som en stengt tunnel påfører samfunnet.

3.4 Pilotprosjektet E39 Rogfast

For å få et bedre innblikk i hvordan en RAM-prosess kan utføres for vegtunnel er det sett nærmere på pilotprosjektet E39 Rogfast (Statens vegvesen, 2015). Dette er en undersjøisk tunnel som skal bygges mellom Haugesund og Stavanger.

Rogfasttunnelen blir verdens lengste og dypeste undersjøiske tunnel (Statens vegvesen, 2017). Utførelsen av RAM- prosess ble fortrasket for å sikre at det i planleggingen av tunnelen ble etterstrebet høyest mulig oppetid (Statens vegvesen, 2015).

For utførelse av RAM- prosessen ble det etablert tre ulike alternativer til tunnelprofil som skulle vurderes opp mot hverandre. Disse er beskrevet i tabell 8.

Tabell 8: Alternativer til tunnelprofil, etter Statens vegvesen (2015)

Alternativ	Beskrivelse
0	Alternativ null baserer seg på en tunnelprofil med diameter 10,5 meter. Noe som vil si at tunnellopet er én meter bredere enn kravet i N500. Denne ekstra meteren skal legges til på høyre vegskulder slik at denne økes fra én til to meter.
1	Alternativ én baserer seg på en tunnelprofil med diameter 11,687 meter. Dette for å oppnå en tilgjengelig asfaltbredde tilsvarende en tunnelprofil med diameter 9,25 meter. Hovedsakelig gjøres dette for å plassere skiltene fri fra vegskulderen slik at hele kjørebanelen med skulder kan benyttes i avvikssituasjoner. Vegskulderen på høyere side vil i dette tilfellet bli 1,5 meter.
2	Alternativ to baserer seg på bruk av en tunnelprofil med diameter 13,187 meter. Dette for å oppnå en tilgjengelig asfaltbredde tilsvarende en tunnelprofil med diameter 10,75 meter. Grunnlaget for dette er å etablere et havarifelt på tre meter med skiltene plassert ut fra vegskulder slik at de er sikret mot påkjørsel i avvikssituasjoner.

Alternativene ble vurdert i henhold til trafikkavvikling, ventilasjon, tekniske løsninger og driftsopplegg. Ut i fra disse vurderingene skulle det avgjøres hvilken tunnelprofil som ville ha den høyeste oppetiden.

Det ble ikke tallfestet beregninger for levetidskostnadene. Kun et overslag i henhold til hva de ulike tverrsnittene ville innebære av økte kostnader ved bygging, med en påfølgende argumentasjon til hvordan løsningene kunne lønne seg i fremtiden (Statens vegvesen, 2015).

Vurderingen rundt trafikkavvikling gikk på hvordan det tre forskjellige tunnelprofilene ville fungere ved tre ulike typer stenging. Stengingsalternativene var; det ene tunnellopet stenges, et kjørefelt i det ene tunnellopet stenges og hele tunnelen stenges. Hensikten med dette var å se hvordan de ulike alternativene ble påvirket av stengingen og finne ut hvilken som ga de beste prognosene for oppetid (Statens vegvesen, 2015).

Når ventilasjonen skulle vurderes baserte dette seg på hvor mye kapasitet de tre ulike tunnelprofilene trengte i henhold til hverandre. Dette for å tallfeste det eventuelt økte antallet vifteinstallasjoner som var krevd for å få de samme forholdene ved de ulike tverrsnittene (Statens vegvesen, 2015).

For de tekniske løsningene var vurderingen i henhold til alt fra veggelementer og frostsikring, til elektrisk anlegg. Alle de tekniske løsningene ble vurdert i henhold til nytte og vedlikeholdbarhet ved benyttelse av de ulike tunnelprofilene. Dette med hensikt å finne de tekniske løsningene som best oppfylte kravene til høy oppetid (Statens vegvesen, 2015).

Driftsopplegg for tunnelprofilene gikk ut på å lage planer for hvordan inspeksjoner og vedlikehold kunne gjøres. Vurderingene gikk på hvor robuste alternativene var i henhold til å kunne holde tunnel åpen selv med pågående vedlikehold (Statens vegvesen, 2015).

Etter at vurderingene var gjennomgått ble det avgjort at alternativ to var det beste. Denne ga den høyeste oppetiden og sto derav frem som den mest fordelaktige. Siden det tre meter brede havarifeltet ikke kvalifiserte som et fullverdig kjørefelt, ble det besluttet at det skulle utføres en utvidelse av alternativ to, hvor havarifeltet ble økt fra tre til 3,5 meter. Prosjektgruppen mente at dette ville være mer fordelaktig da det i avvikssituasjoner kunne fungere som krabbefelt for saktegående kjøretøy. Den utarbeidede rapporten anbefalte derav benyttelse av det utvidede alternativet for bruk på Rogfasttunnelen (Statens vegvesen, 2015).

Siden det utvidede alternativet baserte seg på bruken av et gjennomgående redningsfelt på høyre side, som ved avvikssituasjoner kunne benyttes som kjørefelt, var det avgjørende at søknaden (Espedal, 2015) om fravik fra håndbok N500 (Statens vegvesen Vegdirektoratet ,

2016) ble godkjent. Det ble den i midlertid ikke (Henning, 2015) og løsningen kunne derfor ikke bli benyttet.

3.5 Kontrollering av RAM- prosessen

Hvis RAM-prosesser skal benyttes i stor skala er det viktig at det finnes gode og enkle rutiner for å kontrollere at prosessen gjennomføres slik den er tenkt. Kontrollene er viktige for å påvise avvik tidlig i prosessen, men også for å fungere som erfaringsgrunnlag for fremtidens prosesser.

Når en RAM-prosess skal kontrolleres gjøres dette hovedsakelig ved bruk av drifts- og vedlikeholdsrevisjon og drifts- og vedlikeholdsinspeksjon.

Drifts- og vedlikeholdsrevisjon har som hensikt å kontrollere og verifisere den informasjonen som foreligger om prosjektet i en planleggingsfase, samt kontrollere at satte RAM- krav er ivaretatt. Revisjonen skal påvise avvik og mangler i forbindelse med RAM- prosessen, men har ikke som oppgave å utføre arbeid for en eventuell retting (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Når en drifts- og vedlikeholdsrevisjon skal utføres er det en del ting som er nødvendig for at revisjonen skal kunne gjennomføres med suksess. Det første omhandler utnevningen av ledelse og fagutvalg som skal representeres i revisjonsgruppen. Det er viktig at gruppen innehar den påkrevde kunnskapen for at gjennomføringen av RAM- prosessen skal kunne verifiseres. Det er ønskelig at gruppen i stor grad innehar tverrfaglig kunnskap (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

I tillegg til gruppens sammensetning er det viktig at arbeidet planlegges og utføres systematisk ved hjelp av møteplan og forhåndssystematiserte prosessdokumenter. Hovedsakelig gjøres dette for å sikre at alle aspekter blir gjennomgått og at ingen potensielle avvik blir oversett (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Overordnet brukes drifts- og vedlikeholdsrevisjon til å skape en økt trygghet om at de løsninger som har blitt valgt er de rette. Samtidig spiller den også en viktig rolle ved å bevisstgjøre om samspillet mellom planlegging og drift (Buvik, 2014).

Drifts- og vedlikeholdsinspeksjon er knyttet til overleveringsfasen. Hovedhensikten er å sikre at den gitte tunnelen er driftsklar ved overtakelse. Dette gjøres gjennom lukking av de avvik som er blitt kartlagt gjennom drifts- og vedlikeholdsrevisjonen. Inspeksjonen benyttes i tillegg til å etterprøve at de beslutninger som er tatt i forbindelse med drift og vedlikehold er gjennomført (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Det er også viktig at drifts- og vedlikeholdinspeksjonen tar for seg konsekvensutredningen av de avvik fra RAM- prosessen som ble funnet gjennom drifts- og vedlikeholdsrevisjonen. Det ønskes at inspeksjonen skal belyse de aktuelle konsekvensene det gitte avviket har medført. Et eksempel kan være utsatt overlevering (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

4. Resultater og diskusjon

Dette kapitlet har som hensikt å besvare forskningsspørsmål 3: "Hvilke utfordringer finnes ved implementering av RAM- prosess for vegtunnel?" og 4: "Hvordan kan RAM- prosess lettere implementeres for vegtunnel?".

4.1 Utfordringer

4.1.1 Kalkulasjonsrente

Ved utvelgelse av konsepter og løsninger legges flere faktorer til grunn for å si noe om den totale levetidskostnaden. En av disse faktorene er kalkulasjonsrenten.

Kalkulasjonsrenten beskriver det kravet til avkastning på pengene som investeres for at et prosjekt skal kunne betegnes som lønnsomt (Finansdepartementet, 2012). I prinsippet baserer dette seg på at pengene er bedre investert i andre prosjekter hvis den antatte avkastningen faller under avkastningskravet som er gitt gjennom kalkulasjonsrenten.

Offentlige tunnelprosjekter vil ikke ha noen form for direkte avkastning. Slike prosjekter er basert på statlige bevilgninger for å bedre samferdselen i landet, i motsetning til en privat investering som baserer seg på å tjene penger. Det skal sies at bompenger ofte benyttes som en inntektskilde for prosjektene. Da bompenger kun er et vedtak og ikke variabelt i henhold til prosjektet, vil ikke benyttelsen av RAM- prosess ha betydning for bominntektene. Derfor vil dette ikke bli tatt med i de videre beregningene.

Kalkulasjonsrente brukes i praksis til å måle den økonomiske nytten av prosjektet, altså lønnsomheten (Finansdepartementet, 2012). Kalkulasjonsrenten for offentlige prosjekter er i dag satt til fire prosent de første 40 årene, for deretter å falle til tre prosent. Etter 75 år faller den igjen til to prosent. Grunnlaget for dette er at kalkulasjonsrenten består av to deler. Den ene delen representerer det faktum at pengene blir mindre verdt etter hvert som årene går i form av inflasjonen som hele tiden forkommer, også kalt realrente. Denne antas å være konstant lik to prosent. Den andre delen baserer seg på risiko og reduseres over tid. Etter 75 år anses denne som null, se tabell 9 (Finansdepartementet , 2014).

Tabell 9: Kalkulasjonsrente for offentlige investeringer, etter Finansdepartementet (2014)

(ÅR)	< 40	40 - 75	> 75
Kalkulasjonsrente (%)	4	3	2
Realrente (%)	2	2	2
Risiko (%)	2	1	0

Realrentedelen av kalkulasjonsrenten kan være et potensielt problem. Grunnlaget for dette er i hovedsak at den reelle realrenten i 2016 ikke var på to prosent, men -1,1 % (Smarte penger, 2016). Betydningen av dette er at pengenes reelle verdi beveger seg i motsatt retning enn det som er fastsatt gjennom en realrente på to prosent. Det en realrente på -1,1 % betyr er at kostnaden av det å låne penger er lavere enn inflasjonen, noe som i praksis betyr at å låne penger vil lønne seg (Smarte penger, 2016).

En høy kalkulasjonsrente er problematisk for RAM- prosessen. Dette da beregningene ofte baserer seg på avveilingen mellom dyrere løsninger kontra mindre vedlikehold i fremtiden. Det en høyere kalkulasjonsrente enn det som foreligger i realiteten medfører er at det potensielle gevinstpotensialet vil bli beregnet mindre enn det som egentlig er tilfelle. Dette er høyst problematisk da avgjørelsen om gjennomføring vil basere seg på ikke-reelle forhold, og det teoretiske gevinstpotensialet som i realiteten finnes blir estimert for lavt.

4.1.1.1 Følsomhetsanalyse

For å lettere demonstrere at gevinstpotensialet er lavere ved høy kalkulasjonsrente, ble det utført en følsomhetsanalyse av et tenkt prosjekt.

Den tenkte beregningen tar utgangspunkt i en teknisk løsning som baserer seg på en ti prosent økt kostnad ved bygging for å oppnå en 50 % lavere rehabiliteringskostnad 20 år senere. Renten i det første eksempelet er satt til fire prosent (lik dagens kalkulasjonsrente), mens den er satt til 0,9 % (lik den reelle renten med et risikotillegg på to prosent) i det andre eksempelet.

Det gjøres oppmerksom på at summene i tabellen kun er vilkårlig valgt for å kunne demonstrere kalkulasjonsrentens påvirkning. Det gjøres i tillegg oppmerksom på at for alle utregninger av gevinstpotensialet er det benyttet netto nåverdi.

Tabell 10: Nåverdier ved kalkulasjonsrente 4 %

Investerings- løsning	Byggekostnad (NOK)	Rehabiliterings- kostnad (NOK)	Formel	Nåverdi (NOK)
1	1 000 000	500 000	$-1\,000\,000 - \frac{500\,000}{(1 + 0,04)^{20}}$	-1 228 193
2	1 100 000	250 000	$-1\,100\,000 - \frac{250\,000}{(1 + 0,04)^{20}}$	-1 214 097

Ved bruk av utregnede nåverdier i tabell 10 kan det teoretiske gevinstpotensialet beregnes:

$$\text{Teoretisk gevinstpotensial} = \left(1 - \frac{-1214097}{-1228194}\right) * 100 \% = 1,2 \%$$

Tabell 11: Nåverdier ved kalkulasjonsrente 0,9 %

Investerings- løsning	Byggekostnad (NOK)	Rehabiliterings- kostnad (NOK)	Formel	Nåverdi (NOK)
1	1 000 000	500 000	$-1\,000\,000 - \frac{500\,000}{(1 + 0,009)^{20}}$	-1 417 972
2	1 100 000	250 000	$-1\,100\,000 - \frac{250\,000}{(1 + 0,009)^{20}}$	-1 308 986

Ved bruk av utregnede nåverdier i tabell 11 kan det teoretiske gevinstpotensialet beregnes:

$$\text{Teoretisk gevinstpotensial} = \left(1 - \frac{-1308986}{-1417972}\right) * 100 \% = 7,7 \%$$

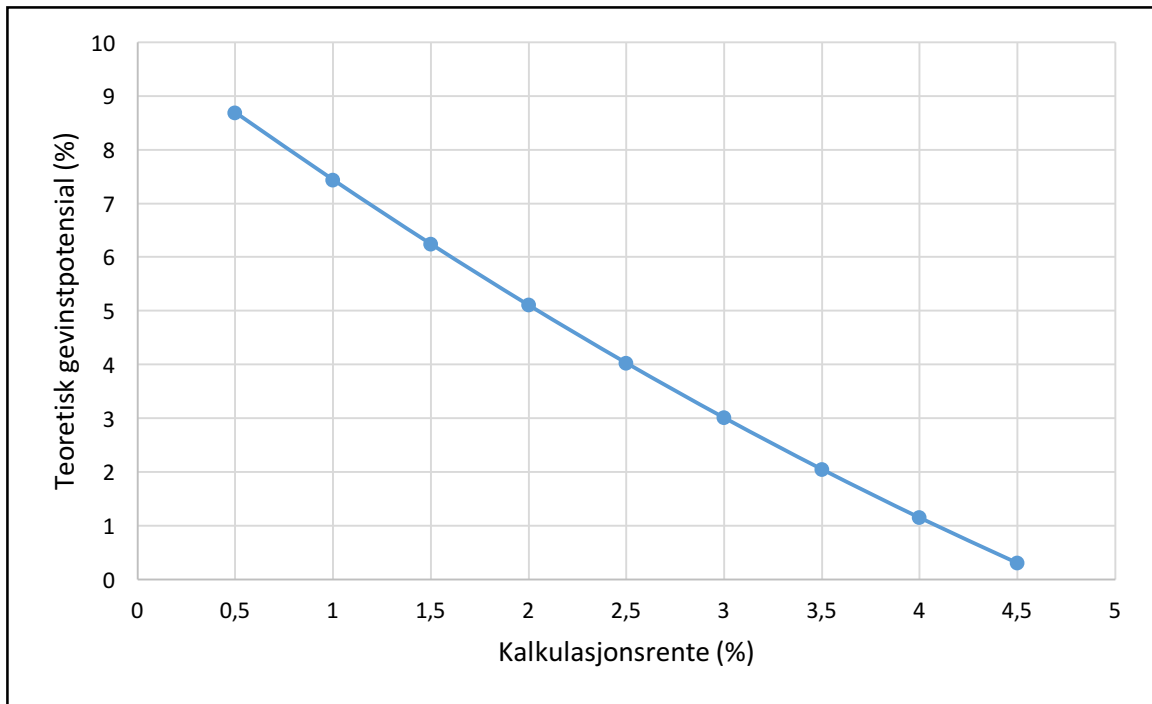
Som utregningene viser er det en markant økning i det teoretiske gevinstpotensialet ved bruk av den reelle kalkulasjonsrenten på 0,9 % enn ved den lovgitt kalkulasjonsrenten på fire prosent. Et teoretisk gevinstpotensial på 1,2 %, som oppnås ved en kalkulasjonsrente på fire

prosent, utgjør en så liten sum at det mest sannsynlig vil være vanskelig å tale for å bruke mer penger ved bygging for å oppnå en liten besparelse om 20 år.

For RAM- prosessen vil så små besparelser mest sannsynlig ikke finnes fordelaktig nok til at den benyttes i praksis. Dette da gjennomføringen av en RAM- prosess i de fleste tilfeller krever mer ressurser og økt tidsbruk i tidligfasen. Det er derfor viktig at det oppnås en betydelig gevinst for at en RAM- prosess skal benyttes.

Den reelle kalkulasjonsrenten er betydelig lavere og gir derav et større teoretisk gevinstpotensial. Bare ved å endre kalkulasjonsrenten i eksempelet over fra fire prosent til 0,9 % øker det teoretiske gevinstpotensialet til 7,7 %. Ved en så høy potensiell gevinst vil det være mye mer attraktivt å implementere RAM- prosesser i fremtidige prosjekter.

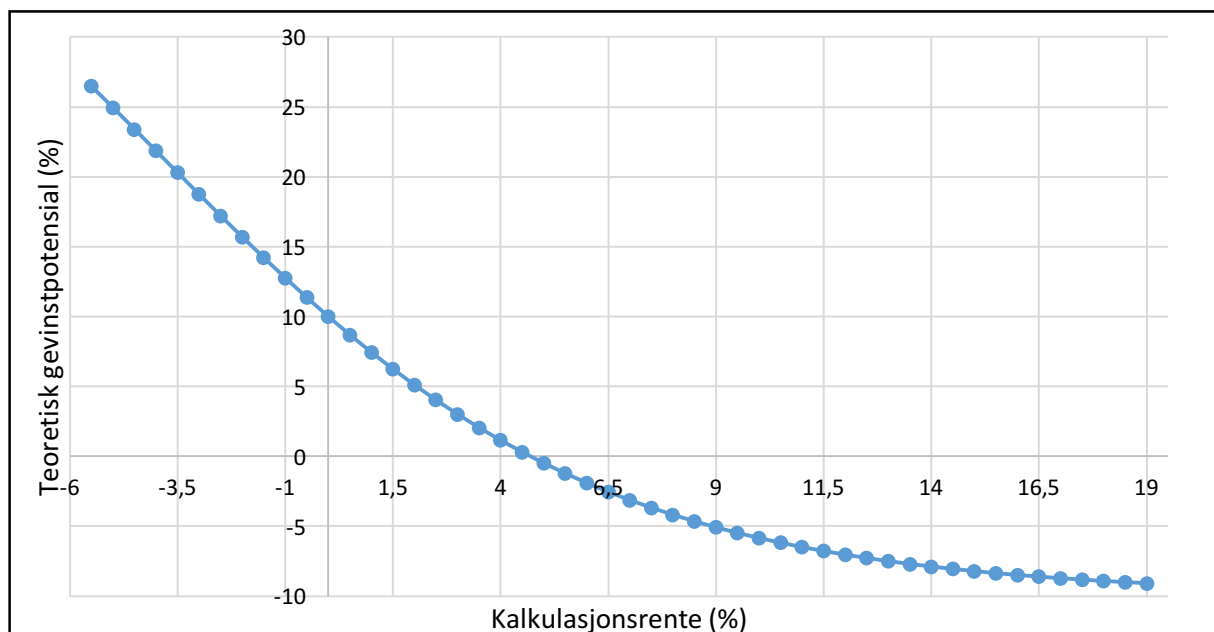
Figur 10 viser det teoretiske gevinstpotensialet som funksjon av kalkulasjonsrenten. Stigningstallet for kurven er tilnærmet lik to, noe som gjør at små variasjoner i kalkulasjonsrenten utgjør store forskjeller i det teoretiske gevinstpotensialet.



Figur 10: Endring i teoretisk gevinstpotensial

I figur 11 er flere verdier av kalkulasjonsrenten plottet mot gevinstpotensialet. Grafen er tilnærmet lineær for små kalkulasjonsrenter, men konvergerer mot et gevinstpotensial på -10 % ved høye kalkulasjonsrenter. Nivået vi befinner oss på i dag er omtrent lineært, noe som betyr at små variasjoner gir store utslag. Hvis kalkulasjonsrenten blir veldig høy, vil imidlertid variasjonen mellom den reelle og den fastsatte kalkulasjonsrenten kun skape en liten forskjell i det teoretiske gevinstpotensialet.

Dette betyr at for dagens situasjon med lav kalkulasjonsrente, vil små endringer i ha stor betydning for utførelse av RAM- prosessen. Mens det ved en situasjon med veldig høy kalkulasjonsrente må mye større endringer til for å skape den samme påvirkningskraften.



Figur 11: Endring i teoretisk gevinstpotensial, utvidelse

Det er tydelig at kalkulasjonsrenten spiller en høyst sentral rolle i henhold til estimeringen av det teoretiske gevinstpotensialet for det tenkte prosjektet. Selv om beregningene i en faktisk RAM- prosess har en mye større grad av kompleksitet vil trenden vær den samme. Dette gjør at kalkulasjonsrenten er en faktor som må vies stor oppmerksomhet når beregninger for RAM- prosessen skal utføres.

4.1.2 Teoretisk gevinstpotensial

Ifølge prosjektleder Tore Braaten i Statens vegvesen er kunnskapen om det potensielle gevinstpotensialet ved bruk av RAM- prosess lavt, noe som fører til at vegtunneler ofte blir utsatt for økonomiske kutt, slik at byggekostnadene blir så lave som mulig. Videre opplyser han at når resultatene av en gjennomført RAM- prosess legges frem får mange seg en overraskelse over hvor mye som kan spares i fremtiden ved å investere mer i dag.

4.1.2.1 Økonomisk gevinstpotensial

Det økonomiske gevinstpotensialet som kan oppnås ved å ta i bruk løsninger funnet i en RAM- prosess, baserer seg på forholdet mellom økte kostnader ved bygging kontra reduserte kostnader ved vedlikehold i fremtiden. Utregning av gevinstpotensialet avhenger

av estimeringen av kostnader i fremtiden, ved å forutse hvor ofte og i hvor stor grad ulike løsninger trenger vedlikehold.

Det vil være vanskelig å forutse med sikkerhet hvor mye penger vedlikeholdet faktisk krever, noe som fører til at det alltid opereres med en viss usikkerhet.

Denne usikkerheten danner grunnlaget for vanskeligheten rundt det å få gjennom dyrere løsninger ved bygging basert på usikre estimater. Det er stor konkurranse om de statlige midlene som er til rådighet og på et allerede stramt budsjett vil det være vanskelig å realisere en RAM- prosess med økte investeringer. I situasjoner med svake eller usikre estimater for den teoretiske gevinsten vil forslagene være nesten umulige å få vedtatt.

For å danne et kunnskapsgrunnlag om hvordan det teoretiske gevinstpotensialet utvikler seg som funksjon av økte investeringer og redusert vedlikehold, er det satt opp en del eksempler. I eksemplene er det gitt en investering som er 10 %, 25 %, 50 % og 75 % høyere enn investeringen uten RAM- prosess. For å se hvordan det teoretiske gevinstpotensialet utvikler seg er det utført en utregning for hver av de nevnte investeringene dersom de trenger 10 %, 25 %, 50 %, 75 % og 100 % mindre vedlikehold. Utregningene er vist i tabell 13 til 16. Det antas at tunnelen trenger vedlikehold hvert tjuende år, og med en valgt levetid på 40 år vil det utføres ett vedlikehold etter 20 år.

Det gjøres oppmerksom på at alle beregninger er utført ved bruk av netto nåverdi og at kalkulasjonsrenten settes til 0,9 % da dette best beskriver den reelle situasjonen i dag. Kalkulasjonsrenten består som nevnt i kapittel 4.1.1 av en realrente på -1,1 % med et risikotillegg på 2 %. I tillegg gjøres det oppmerksom på at ved bruk av den lovgitte kalkulasjonsrenten på 4 % vil gevinstpotensialene være lavere.

I tabell 12 vises tilfellet uten bruk av RAM-prosess. Det teoretiske gevinstpotensialet er her satt til null og de videre beregnede gevinstpotensialene er avvik fra denne. Hvis gevinstpotensialet er positivt, vil løsningen lønne seg kontra det å ikke bruke RAM- prosess.

Tabell 12: Opprinnelige kostnader

Opprinnelig investering (NOK)	Opprinnelig vedlikeholdskostnad (NOK)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 000 000	500 000	0

For utregningene benyttes formlene:

$$\text{Netto Nåverdi} = -\text{Investering} - \frac{\text{Vedlikehold}}{1+\text{rente}}^{\text{År}} \quad (1)$$

$$\text{Teoretisk gevinstpotensial} = \left(1 - \frac{\text{Netto nåverdi med RAM}}{\text{Netto nåverdi uten RAM}}\right) * 100\% \quad (2)$$

Beregningene er vist i tabell 13-16.

Tabell 13: Gevinstpotensial ved 10 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholds- kostnad (NOK)	Reduksjon i vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 100 000	10	450 000	-10	-4,1
1 100 000	10	375 000	-25	0,3
1 100 000	10	250 000	-50	7,7
1 100 000	10	125 000	-75	15,1
1 100 000	10	0	-100	22,4

Tabell 14: Gevinstpotensial ved 25 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholdskostnad (NOK)	Reduksjon i vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 250 000	25	450 000	-10	-14,7
1 250 000	25	375 000	-25	-10,3
1 250 000	25	250 000	-50	-2,9
1 250 000	25	125 000	-75	4,5
1 250 000	25	0	-100	11,9

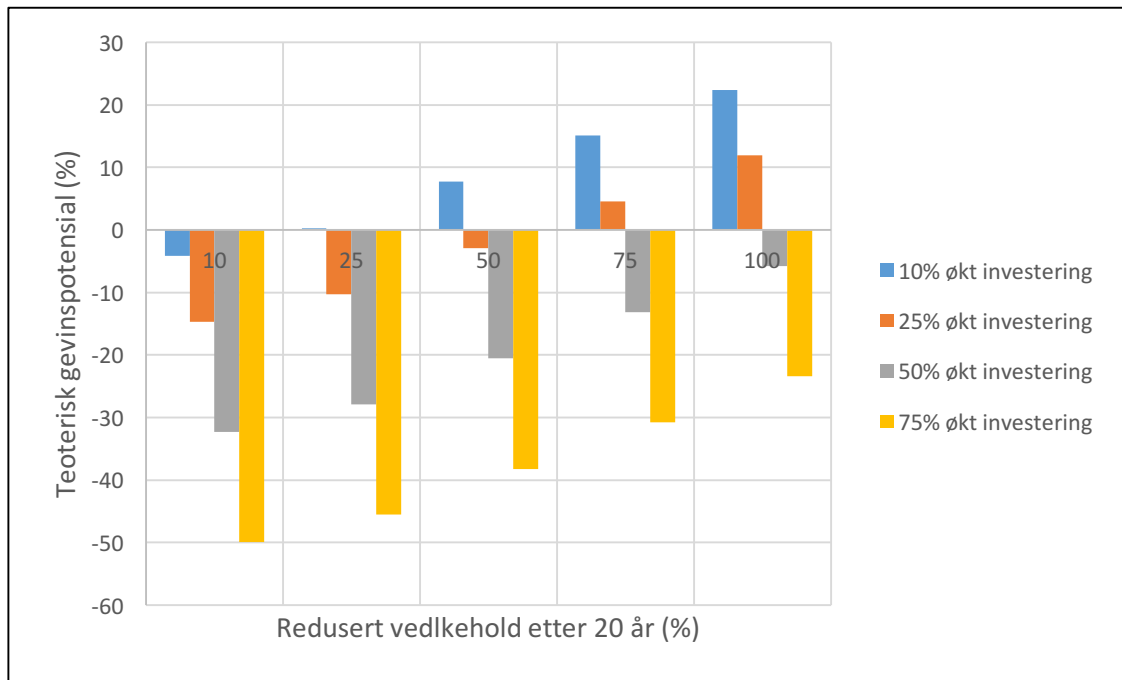
Tabell 15: Gevinstpotensial ved 50 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholdskostnad (NOK)	Reduksjon i vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 500 000	50	450 000	-10	-32,3
1 500 000	50	375 000	-25	-27,9
1 500 000	50	250 000	-50	-20,5
1 500 000	50	125 000	-75	-13,2
1 500 000	50	0	-100	-5,8

Tabell 16: Gevinstpotensial ved 75 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholdskostnad (NOK)	Reduksjon i vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 750 000	75	450 000	-10	-49,9
1 750 000	75	375 000	-25	-45,5
1 750 000	75	250 000	-50	-38,2
1 750 000	75	125 000	-75	-30,8
1 750 000	75	0	-100	-23,4

Resultatene er plottet i figur 12.



Figur 12: Teoretisk gevinstpotensial som funksjon av redusert vedlikehold etter 40 år

Gevinstpotensialet er negativt hvis besparelsen på vedlikeholdet er liten, selv ved lave ekstra investeringer. Figur 12 viser at vedlikeholdet må reduseres med over 25 % selv med en ekstra investering på bare 10 % for å oppnå et positivt gevinstpotensial. Når reduksjonen i vedlikehold beveger seg over 25 % vil gevinstpotensialet være betydelig for en økt investering på 10 %. Det er imidlertid ikke å forvente at en økt investering på kun 10 % vil kunne medføre over 25 % reduksjon i vedlikehold.

I likhet med en 10 % økt investering vil også en 25 % økt investering skape et positivt gevinstpotensial ved høye besparelser i vedlikeholdet. Ifølge figur 12 må besparelsen være på godt over 50 %. Dette anses som vanskelig fordi den økte investeringen kun er på 25 %.

For de økte investeringene på 50 % og 75 % vil gevinstpotensialet være negativt uansett hvor stor besparelsen i vedlikeholdet er.

Som en konsekvens av dette, vil mest sannsynlig ikke RAM- prosess være fordelaktig for en tunnel med 40 års levetid.

For å undersøke om lengre levetid vil øke lønnsomheten, beregnes en tunnel med 60 års levetid. Det er benyttet samme beregninger som over, men med en ønsket levetid på 60 år kontra 40 år. Dette gjør at det er nødvendig med vedlikehold to ganger i løpet av levetiden, etter 20 år og 40 år.

Tabell 17: Opprinnelige kostnader

Investering (NOK)	Vedlikehold etter 20 år (NOK)	Vedlikehold etter 40 år (NOK)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 000 000	500 000	500 000	0

For utregninger benyttes ligning (2) og en utvidet versjon av ligning (1), vist under

$$\text{Netto Nåverdi} = -\text{Investering} - \frac{\text{Vedlikehold etter 20 år}}{1+\text{rente}^{20}} - \frac{\text{Vedlikehold etter 40 år}}{1+\text{rente}^{40}} \quad (3)$$

Beregningene er vist i tabell 18-21.

Tabell 18: Gevinstpotensial ved 10 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholds-kostnad etter 20 år (NOK)	Vedlikeholds-kostnad etter 40 år (NOK)	Redusert vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 100 000	10	450 000	450 000	-10	-1,3
1 100 000	10	375 000	375 000	-25	5,2
1 100 000	10	250 000	250 000	-50	16,1
1 100 000	10	125 000	125 000	-75	26,9
1 100 000	10	0	0	-100	37,8

Tabell 19: Gevinstpotensial ved 25 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholds-kostnad etter 20 år (NOK)	Vedlikeholds-kostnad etter 40 år (NOK)	Redusert vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 250 000	25	450 000	450 000	-10	-9,8
1 250 000	25	375 000	375 000	-25	-3,3
1 250 000	25	250 000	250 000	-50	7,6
1 250 000	25	125 000	125 000	-75	18,4
1 250 000	25	0	0	-100	29,3

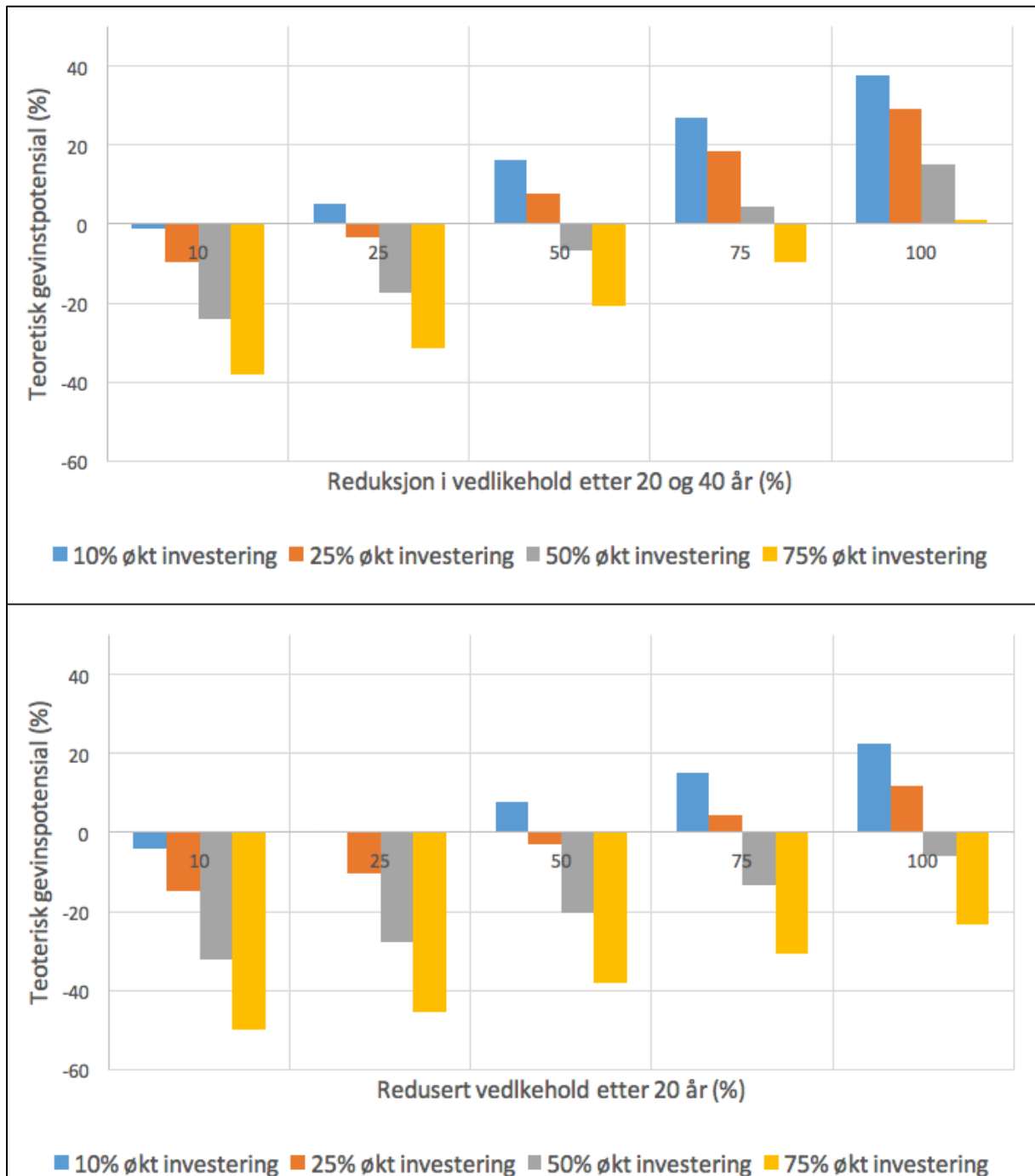
Tabell 20: Gevinstpotensial ved 50 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholds-kostnad etter 20 år (NOK)	Vedlikeholds-kostnad etter 40 år (NOK)	Redusert vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 500 000	50	450 000	450 000	-10	-23,9
1 500 000	50	375 000	375 000	-25	-17,4
1 500 000	50	250 000	250 000	-50	-6,6
1 500 000	50	125 000	125 000	-75	4,3
1 500 000	50	0	0	-100	15,1

Tabell 21: Gevinstpotensial ved 75 % høyere investering og planlagt vedlikehold etter 20 og 40 år

Investering (NOK)	Økt investering (%)	Vedlikeholds-kostnad etter 20 år (NOK)	Vedlikeholds-kostnad etter 40 år (NOK)	Redusert vedlikehold (%)	Teoretisk gevinstpotensial (%)
1 750 000	75	450 000	450 000	-10	-38,1
1 750 000	75	375 000	375 000	-25	-31,6
1 750 000	75	250 000	250 000	-50	-20,7
1 750 000	75	125 000	125 000	-75	-9,8
1 750 000	75	0	0	-100	1,0

Under er resultatene for 60 års levetid plottet øverst i figur 13. For sammenligning er figur 12 vist til under. For alle tilfellene blir gevinstpotensialet høyere ved 60 års levetid enn ved 40 år.



Figur 13: Teoretisk gevinstpotensial etter 60 år vs. 40 år

Der en 50 % økt investering ga negativt gevinstpotensial ved 40 års levetid, vil gevinstpotensialet være positivt ved 75 % mindre vedlikehold ved 60 års levetid. Dette viser at økt levetid er positivt for RAM- prosessen.

Ofte vil vegtunneler ha så lang levetid som mulig, og i den nye revisjonen av håndbok N500 er det satt krav til 100 års levetid på nye tunneler (Statens vegvesen Vegdirektoratet , 2016).

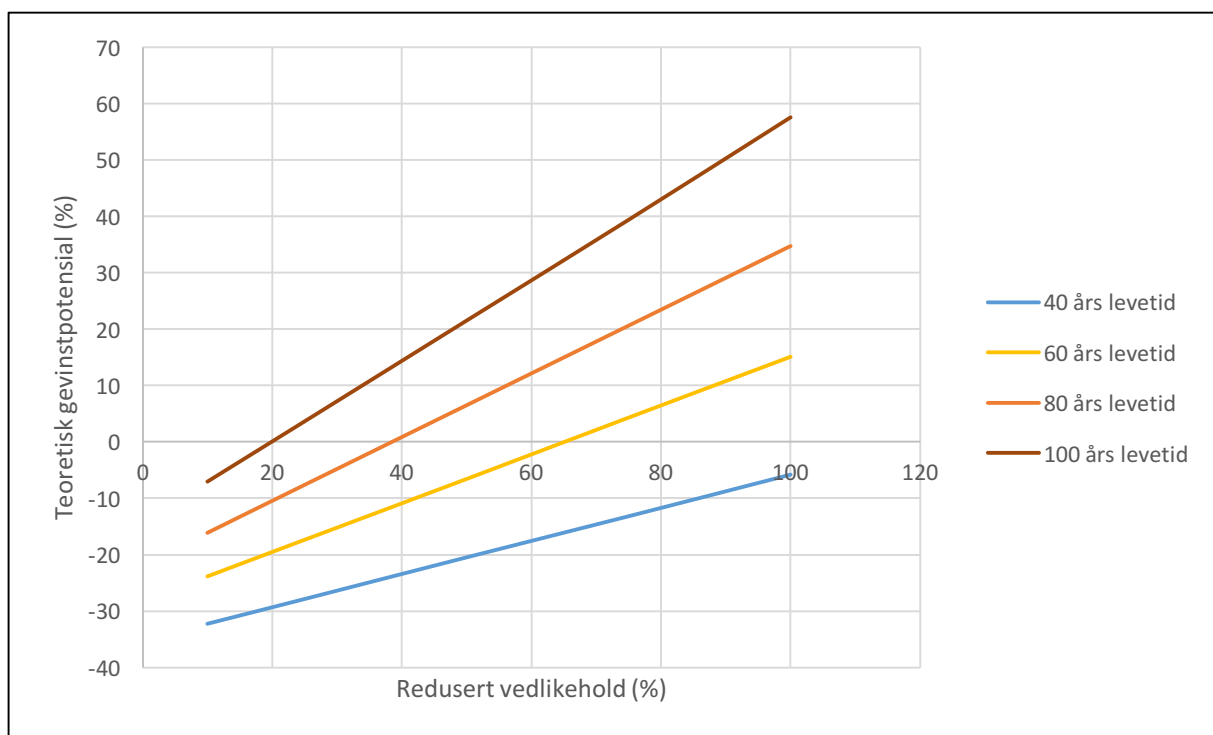
For å vise utviklingen av gevinstpotensialet helt opp til 100 års levetid, er en 50 % økt investering plottet i figur 14 for 40, 60, 80 og 100 års levetid.

For utregning er det benyttet ligning (2) og en videre utvidelse av ligning (1), vist under:

$$Netto\ Nåverdi = -Investering - \frac{Vedlikehold\ etter\ 20\ år}{(1+rente)^{20}} - \frac{Vedlikehold\ etter\ 40\ år}{(1+rente)^{40}} - \dots \quad (4)$$

Som nevnt i kapittel 4.1.1 endrer risikoleddet i kalkulasjonsrenten seg etter 40 og 75 år.

Kalkulasjonsrenten for vedlikeholdet etter 60 år vil derav være én prosent lavere, denne vil da settes til -0,1 %. For 80 år vil den være ytterligere én prosent lavere og settes til -1,1 %.



Figur 14: Teoretisk gevinstpotensial med 50 % økt investering for ulik levetid

Stigningstallet er høyere for lengre levetid, som fører til at differansen mellom gevinstpotensialene blir større jo mindre vedlikehold som kreves. Dette vises klart i figur 14, hvor differansen i teoretisk gevinstpotensial for 10 % reduksjon i vedlikeholdet mellom 40 og 100 års levetid er 25,2 %, sammenlignet med 52,6 % for 75 % reduksjon. Resultatene viser tydelig at lønnsomheten ved en RAM- prosess øker ved lenger levetid, noe som taler for RAM- prosessen da 100 års levetid er ønsket for fremtidens tunneler (Statens vegvesen Vegdirektoratet , 2016).

4.1.2.2 Samfunnsmessig gevinstpotensial

I tillegg til den økonomiske gevinsten, vil mindre vedlikehold også føre til samfunnsmessige goder. Når vedlikehold pågår, må ofte tunnelen stenges, som fører til omkjøring eller lang ventetid. Det vil være positivt for samfunnet å unngå dette i så stor grad som mulig.

Samfunnsmessig vil alltid RAM være gunstig, fordi det fører til mindre vedlikehold som øker opptiden til tunnelen. Den samfunnsmessige nytten er vanskelig å kvantifisere, og det vil være vanskelig å få gjennomslag for økte investeringer kun basert på samfunnsmessig nytte.

Avhengigheten av den økonomiske gevinsten er derav helt avgjørende for å kunne realisere RAM- prosessen. Det er allikevel viktig å være klar over at den samfunnsmessig nytten finnes i tillegg til det økonomiske gevinstpotensialet ved en RAM- prosess. Samfunnsmessig nytte vil derfor fungere som et tilleggsargument for innføringen av RAM- prosesser i vegtunneler.

4.1.3 Standarder

Når en RAM- prosess skal gjennomføres i praksis for en vegtunnel, finnes det ingen direkte retningslinjer for hvordan denne skal utføres. Dette fordi det ikke finnes noen nasjonale eller europeiske standarder for bruken av RAM i vegtunnel. Grunnlaget for RAM- prosessen blir derfor de fire eksisterende standardene for RAMS på jernbane (Norsk Elektroteknisk Komite, 1999; Norsk Elektroteknisk Komite 2007; Norsk Elektroteknisk Komite, 2008; Norsk Elektroteknisk Komite, 2016)

For å anvende de eksisterende standardene må de konverteres for å kunne brukes i vegtunneler. I utgangspunkt er det mange aspekter som ikke er like ved veg og jernbane. På grunnlag av ulikhetene er en slik konvertering kompleks og avhengigheten av folk med sterke fagkunnskaper er stor. Det er derfor viktig å sette krav til personell som skal opptre sentralt i en slik prosess. Dette er gjort gjennom en rekke krav til opplæring, samt erfaring for at personen skal bli godkjent RAM- prosessleder i Statens vegvesen (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015)

En av de største forskjellene mellom vegtunnel og jernbanetunnel er at i de aller fleste tilfeller vil finnes en alternativ rute for vegtunnel som kan benyttes ved stenging. Stenging av en jernbanetunnel vil føre til at togene ikke kan kjøre gjennom og avgangene vil bli innstilt. Stenging av jernbanetunnel anses derfor å ha større konsekvenser.

De potensielle omkjøringene ved stengt vegtunnel står som et stort usikkerhetsmoment når det kommer til bruken av RAM- prosess. Grunnlaget for dette baserer seg hovedsakelig på usikkerheten rundt det samfunnsmessige gevinstpotensialet. Omkjøringsmulighetene gjør at det er vanskelig å redegjøre for hva som faktisk er mulig å oppnå når det kommer til samfunnsmessige gevinster.

Siden jernbanen opererer med enkelt målbare parametere, som antall innstilte avganger og forsinkelser har det blitt etablert et godt statistisk grunnlag. Den enkle målbareheten gjør at det er lite usikkerhet i tallene og de kan enkelt benyttes til utregninger uten forbehold om feil. På grunnlag av jernbanens enkle målbarehet, har det derfor i større grad blitt satset på utvikling av standarder og metoder for jernbane kontra veg.

At det ikke finnes standarder som direkte retter seg mot vegtunnel i dag er problematisk når en RAM- prosess skal utføres. Dette da det ikke er etablert noe optimalisert fremgangsmåte og prosessen baserer seg mye på prøving og feiling. I en slik situasjon vil det være problematisk å forsvare tids- og pengebruken en slik metode krever. Hovedsakelig vil dette komme av at ressursene som burde vært brukt til å utvikle felles standardiserte metoder og løsninger i forkant, må komme ut at det enkelte prosjektets budsjett.

Det ble i 2015 vedtatt å utvikle en foreløpig veileder i form av innsamling av de erfaringer som har vært gjort i forbindelse med bruken av RAM- prosess i vegtunnel. Etter ferdigstilling av denne innsamlingen ble det bestemt at veilederen skulle oppdateres fortløpende etterhvert som et større antall prosesser var blitt gjennomført. Den skal fortsatt bare basere seg på ressurser i de enkelte prosjektene for fremdrift (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Slik situasjonen er i dag, koster det mye å sette i gang en RAM-prosess for et prosjekt. Konsekvensen av en slik kostnad er at terskelen for bruk er høy og at RAM-prosesser i mange tilfeller velges bort, selv om det finnes indikasjoner på at den totale kostnaden ville kunne bli redusert og oppetiden økt.

4.1.4 Regelverk

Når det gjelder bruken av RAM- prosess i vegtunneler er det ikke bare standardene som trenger tilpassing. Ved gjennomføring av pilotprosjektet for den undersjøiske tunnelen Rogfast (Statens vegvesen, 2015) ble det også avdekket et problem ved regelverket for utforming av tunnelen (Statens vegvesen, 2015). Det viste seg at de løsninger som RAM-prosessen mente var foretrukket ikke kunne realiseres uten at en søknad om fravik ble godkjent av Vegdirektoratet (Statens vegvesen, 2015)

Det ble sendt en særskilt søknad til Vegdirektoratet (Espedal, 2015) om en vurdering av de løsninger som var fortrukket gjennom RAM- prosessen. Dette for å kunne utnytte de gevinstene som de utarbeidede løsningene representerte. Selv om det var tydelig at løsningene var fordelaktige ble søknaden avslått (Henning, 2015).

Avslaget fra Vegdirektoratet viser at prosjektgruppen som utarbeidet løsningene for Rogfast mest sannsynlig ikke hadde klare rammer å forholde seg til, i form av aksepterte fravik fra regelverket. Dette gjør at det ble benyttet store mengder ressurser på utviklingen av urealiserbare løsninger og RAM-prosessen vil kunne ses på som mislykket. I et slikt tilfelle vil det være enkelt å gi RAM-prosessen skylden for en unødvendig pengebruk, mens det egentlig er det strenge regelverket uten klare rammer for fleksibilitet som må ta på seg mye av ansvaret.

Vegtunneler reguleres i dag gjennom bruken av håndbok N500 (Statens vegvesen Vegdirektoratet , 2016), og det er kravene i denne som må tilfredsstilles for at en løsning fritt kan benyttes ved bygging av vegtunneler. N500 har de seneste årene vært under en omfattende revisjon for å gjøre kravene mer tilpasningsdyktige i henhold til målene om lenger levetid og oppetid for vegtunneler (Statens Vegvesen, 2015). Likevel er det et stykke igjen for at håndboken skal kunne takle de forslagene som en RAM- prosess i mange tilfeller foretrekker.

Slik praksisen er i dag er altså regelverket et problem for RAM- prosessen. Dette da løsningene som RAM- prosessen finner mest fordelaktige ofte er mer utradisjonelle enn det som vanligvis har vært benyttet i Norge. Et eksempel på dette er den nevnte utredningen av Rogfasttunnelen, hvor en ekstra bred høyre vegskulder som skulle benyttes som kjørefelt ved vedlikehold og avvikssituasjoner, ble avslått. Selv med revideringen av håndbok N500 i 2016 vil det være vanskelig å utnytte det potensialet som ligger i RAM- prosessen ved slike løsninger. Det vil derfor ofte i en RAM- prosess føles som at mye penger går inn i utviklingen av løsninger som aldri vil kunne godkjennes.

4.1.5 Datatilbakeføring

Kontroll av gjennomføringen for en RAM- prosess, nevnt i kapittel 3.5, spiller ikke bare en sentral rolle for å sikre den pågående prosessen. Informasjonen som samles inn gjennom kontrollene er også viktig for fremtidens RAM- prosesser i form av et erfaringsgrunnlag.

Dagens situasjon når det gjelder tidligere erfaringer med RAM- prosess på vegtunnel er begrenset. Viktigheten av det å kunne ta vare på, og benytte de erfaringer som gjøres fortløpende er derfor avgjørende for at implementeringen skal kunne gå raskere.

Mye av problematikken i henhold til datainnsamlingen er at det i dag ikke finnes noe standardisert system for å ta vare på erfaringene. Dette gjør at det også er vanskelig å forholde seg til hva som har vært gjort før, noe som ofte ender opp med at den samme feilen gjøres flere ganger.

Det er oppgitt som krav i den foreløpige RAM- standarden (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015) at det skal foreligge en rapport fra drifts- og vedlikeholdsrevisjonen to uker etter revisjonen er utført. Allikevel gis det kun uttrykk for at den skal fungere som videre planlegging for retting i den aktuelle tunnelen, og ikke hvordan disse erfaringene skal ivaretas for bruk i fremtiden.

Det er viktig at kontrollene ikke bare ses på som kvalitetssikring av det gitte prosjektet, men som en del av et større bilde for å kvalitetssikre RAM- prosessen generelt. Dette for bruk både i utdannelsen av fagpersoner som skal ha ansvaret for RAM- prosesser, samt for å unngå at de samme feilene gjentas.

4.2 Anbefalinger

Etter etableringen av faktorene som er problematiske for RAM- prosessen har denne delen som hensikt å komme med noen anbefalinger på hvordan disse potensielt kan håndteres.

4.2.1 Kalkulasjonsrente

Kalkulasjonsrenten er en viktig faktor når gevinstpotensialet skal beregnes. Hvis implementeringen av RAM- prosesser i vegtunnel ønskes forenklet er det avgjørende å iverksette tiltak som bedrer dagens situasjon.

Som nevnt i kapittel 4.1.1 vil benyttelse av kalkulasjonsrenten som er fastsatt gjennom loven, estimere et mindre gevinstpotensial enn det som faktisk er tilfellet ved dagens reelle situasjon. Det er derfor viktig at det vies stor oppmerksomhet til denne faktoren og at det etableres gode rutiner for å kartlegge påvirkningen kalkulasjonsrenten har i det gitte prosjektet.

Et viktig tiltak vil være økt fokus på kompetanseheving av personer som innehar sentrale roller i RAM- prosessen. Det enkleste vil være å etablere et kompetansekrav i henhold til kalkulasjonsrente gjennom kravene satt til RAM-prosessledere gitt i Vegdirektoratets foreløpige veileder (Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2015).

Det mest effektive tiltaket for enklere implementering av RAM- prosess vil være å sette ned kalkulasjonsrenten til det reelle nivået. RAM- prosessen vil da fremstå mye mer attraktiv ved bruk av lovgitte verdier da de faktiske utregningen vil samsvare bedre med virkeligheten. Teoretiske gevinstpotensial vil da bli estimert til et reelt nivå og det vil i mye mindre grad kreve ekstra argumenter for gjennomføring av en RAM- prosess.

4.2.2 Teoretisk gevinstpotensial

Kapittel 4.1.2 viser at RAM- prosessen er godt tilpasset en tunnelbransje med fokus på økt levetid. Likevel er skepsisen stor til usikkerhetsmomentene rundt det teoretiske gevinstpotensialet. Implementeringsprosessen bremses av denne skepsisen og det vil være fordelaktig å iverksette tiltak som fremmer den faktiske gevinsten rundt RAM- prosessen.

Usikkerheten gjør at det vil være fordelaktig å begynne i det små, ved hjelp av enkle kvantifiserbare løsninger med sikre kilder for kostnad og vedlikehold. Det beregnede gevinstpotensialet vil da enkelt kunne utnyttes og tilliten til RAM- prosessen vil øke. Det vil være fordelaktig at enkle beregninger utføres på alle prosjektene i regi av Statens vegvesen, for å skape et moment i henhold til implementeringen.

Når tillitsgrunnlaget for de enkle beregningen er opparbeidet vil det være nødvendig å øke kompleksiteten, ved å utføre beregninger med løsninger som innehar et større antall faktorer.

Etter den økonomiske delen av beregningene har fått fotfeste og tillitt i planleggingen, er det viktig at det tas enda lenger. Det er essensielt at også de samfunnsmessige gevinstene etter hvert blir tallfestet, for å til slutt oppnå en fullverdig RAM- prosess.

Fordelaktig bør kompleksiteten økes gradvis da det ikke ønskes en svekkelse i det opparbeidede tillitsgrunnlaget.

4.2.3 Standarder

Situasjonen i henhold til utviklingen av standarder for RAM- prosess i vegtunnel er problematisk. Problematikken i forhold til mangelen på standarder er en av de viktigste faktorene å ta tak i, for å oppnå en effektiv implementering.

Ved vedtak om utførelse av RAM- prosess i dag ligger det en usikkerhet i kostnadsøkningen dette medfører i tidligfasen. For å skape sikrere rammer for hva en RAM- prosess innebærer av kostnader og arbeid, vil det være fordelaktig at utviklingen av en standard ikke lenger skal basere seg alene på erfaringer fra utførte prosjekter.

For å senke terskelen for bruk av RAM- prosess i prosjekter er det ønskelig at det etableres en prosjektgruppe med gode og tverrfaglige kunnskaper som skal ha ansvaret for utviklingen av standarden. I tillegg er det viktig at det bevilges tilstrekkelig med ressurser, slik at den kan utvikles uavhengig av prosjektenes økonomi.

Verdien av en slik standard vil være stor, da den fjerner mye av usikkerhetsmomentet rundt dages praksis hvor mye baserer seg på prøving og feiling. Med den økte andelen av standardiserte metoder vil det være enklere å kartlegge hva som faktisk kreves ved utførelse av en RAM- prosess, noe som vil gjøre det enklere for prosjektenes ledelse å godta en gjennomføring.

4.2.4 Regelverk

Regelverket er en utfordring for RAM- prosessen, da det ofte setter en stopper for de løsningene som foretrekkes. Viktigheten av tiltak som gjør det mulig å utnytte løsninger med gevinstpotensial er derav stor.

Det viktigste vil være enkle tiltak som å etablere klarhet i regelverket. Dette for å etablere klare rammer i henhold til hvor det finnes fleksibilitet, slik at ressursene i RAM- prosessen ikke går til løsninger som aldri vil kunne godkjennes.

Et viktig tiltak for at RAM- prosessen skal kunne etablere seg, er at det ved revidering av regelverket, benyttes en tankegang som baserer seg mer på "hva som ønskes oppnådd" enn "hvordan det ønskes oppnådd". Et regelverket som fokuserer mer på kravgitte rammebetingelser med større fleksibilitet i utførelse og utforming vil være optimalt for RAM- prosessen.

Et regelverk med denne utformingen vil gi større muligheter for utnyttelse av gevinstpotensialet, samtidig som det vil være enkelt å avgjøre i en tidlig fase om en løsning vil være verdt utviklingskostnadene.

4.2.5 Datatilbakeføring

For å bedre dagens situasjon i henhold til datatilbakeføring og etablering av et viktig erfaringsgrunnlag, vil det være fordelaktig at det bevilges ressurser til etableringen av standardiserte metoder for både innmelding og ivaretagelse.

Innmeldingen bør foregå gjennom digitaliserte plattformer som kategoriserer innmeldingsdataen, slik at den settes i sammenheng med tidligere prosjekter. Dette vil gjøre

at dataene enkelt kan sammenlignes med lignende prosjekter og de feil som tidligere har blitt gjort kan lett unngås.

For å kunne innføre en slik praksis er det viktig at det legges vekt på utarbeidelsen av en brukervennlig digital løsning som gjør at innmeldingen er enkel. For å få til dette vil det være viktig at denne løsningen utvikles av erfarne fagpersoner og at det bevilges tilstrekkelig med ressurser slik at løsningen kan optimaliseres.

Det bør også rettes fokus mot søkbarheten til det etablerte erfaringsgrunnlaget, for å gjøre det enkelt å sjekke nye løsninger opp mot tidligere erfaringer. Dette vil potensielt kunne bidra til store kostnadsbesparelser i RAM- prosessen, ved at det enklere kan fastslås om løsningene er realiserbare.

6. Oppsummering

Det overordnede målet med oppgaven var å besvare problemstillingen:

Hvordan kan RAM- prosess implementeres for vegtunnel?

Dette ble gjort ved besvarelse av de fire forskningsspørsmålene etablert i kapittel 2.2. Det ble gjennom disse funnet hovedsakelig fem faktorer som har stor påvirkning på implementeringen av RAM- prosess i vegtunnel. Disse faktorene er kalkulasjonsrente, teoretisk gevinstpotensial, standarder, regelverk og datatilbakeføring.

Dagens høye kalkulasjonsrente estimerer et lavere teoretisk gevinstpotensial enn det som i realiteten finnes og er derav problematisk i henhold til implementeringen av RAM- prosess. Kompetansen rundt kalkulasjonsrenten må derav heves for å sikre at kalkulasjonsrentens påvirkning er under kontroll når beregningene som legges til grunn for en RAM- prosess utføres. Det alle beste tiltaket vil være å senke kalkulasjonsrenten til dagens reelle nivå, da utregningene vil samsvare med realiteten.

Det teoretiske gevinstpotensialet av en RAM- prosess øker ved bruk på tunneler med lenger levetid, som gjør RAM- prosessen fordelaktig når målet i håndbok N500 er tunneler med levetid på 100 år. For utregning av teoretisk gevinstpotensial vil det være viktig å begynne med enkle løsninger med sikre faktorer for utregning, slik at det teoretiske gevinstpotensialet enkelt kan realiseres. Kompleksiteten bør økes gradvis med mål om å til slutt tilfredsstillende kravene til en fullverdig RAM- prosess.

Standarder, regelverk og datatilbakeføring bygger alle på den samme problematikken. De har alle behov for ressurser samt kompetente fagfolk for å få et moment i henhold til utviklingen og tilpassingen.

Det kan derav sies at det i oppgaven er funnet årsaker og tiltak som potensielt vil spille en viktig rolle for den videre implementeringen av RAM- prosess i vegtunnel.

6.1 Videre arbeid

I oppgaven har det kun blitt benyttet erfaringer fra sentrale personer i Statens vegvesen og Bane NOR.

Ved fortsettelse av arbeidet vil det neste naturlige steget være å få innpass i Statens vegvesen som godkjent prosjektdeltaker i en reell RAM- prosess. Dette ville gitt en ny dimensjon i henhold til kartlegging av de faktiske utfordringene som oppstår. I tillegg ville det også kunne gi et bedre innblikk i hvordan de ulike utfordringene blir løst og derav danne et større grunnlag for å komme med anbefalinger.

Det vil også være interessant se hvordan prosjektgruppen arbeider. Dette ville gitt muligheten til å observere deltakerne i en RAM- prosess, med mål om å kartlegge eventuelle kunnskapshull. Dette for å bedre kunne komme med anbefalinger i henhold til kompetansemål for utdanningen av RAM- prosessledere.

Bibliografi

- Aakre, A. (2009). *Tunnel*. Hentet fra <https://snl.no/tunnel>
- Askeland, L. (2016). *Derfor stenger tunnelen*. Hentet Mai 11, 2017 fra <http://www.agderposten.no/nyheter/derfor-stenger-tunnelen-1.1524711>
- Bane NOR. (2017). *FOLLOBANENPROSJEKTET RAMS-aktivitetsplan*.
- Buvik, H. (2002). *Intern rapport nr. 2222*. Statens vegvesen.
- Buvik, H. (2014). *Drifts- og vedlikeholdsrevisjoner i tunnelplanlegging*.
- Dr. Ing A. Aas- Jakobsen AS, Norconsult AS, Asplan- Viak AS, & Atkins Danmark . (2011). *Nytt dobbeltspor Oslo- Ski Follobanen*.
- Dr. Ing A. Aas-Jakobsen AS. (2008). *Konseptvurderinger tunnelalternativer Sikkerhet og RAM vurderinger*.
- Espedal, T. G. (2015). *150409- Notat til Vegdirektoratet om tunnelprofil Rogfast*.
- Finansdepartementet . (2014). *Statsbudsjettet kap. 9*.
- Finansdepartementet. (2012). *NOU 2012: 16 Samfunnsøkonomiske analyser*. Hentet Mai 31, 2017 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2012-16/id700821/sec6>
- Henning, J. E. (2015). *150707- Svar fra Vegdirektoretat om tunnelprofil Rogfast*.
- Johansen, J. M. (2016). *Fremtidens tunneler - Hva styrer oppetiden?*
- Melvær, K. (2014). *Holgebergprisen*. Hentet Februar 9, 2017 fra Holgebergprisen: <http://metode.holbergprisen.no/content/kap4/kap-4-1.html>
- NHO. (2017). *Det store gjennombruddet for vei og bane*. Hentet Mai 1, 2017 fra <https://www.nho.no/Politikk-og-analyse/Samferdsel/Nyhetsarkiv/det-store-gjennombruddet-for-vei-og-bane/>
- Norconsult AS. (2012). *Etatsprogrammet Moderne vegtunneler*. Statens Vegvesen.
- Norsk Elektroteknisk Komite. (1999). *NEK EN 50126-1:1999*.

Norsk Elektroteknisk Komite. (2007). *NEK CLC/TER 50126-2:2007*.

Norsk Elektroteknisk Komite. (2008). *NEK CLC/TR 50126-3:2008*.

Norsk Elektroteknisk Komite. (2016). *NEK IEC TR 62278-4:2016*.

NTNU universitetsbibloteket. (2017). *Finn kilder*. Hentet Mars 29, 2017 fra

<https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder#section-Finne+kilder-Hvordan+være+kildekritisk?>

Samset, K. (2014). *Prosjekt i tidligfasen*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.

Søvik, A. (2015). *Etterpåklokkap på forhånd - utfordringer i driftsfase løses med VEGRAMS*.

Statens vegvesen.

Smarte penger. (2016). *Realrente*. Hentet Mars 12, 2017 fra

<http://www.smartepenger.no/faktabank/lan/299-realrente>

Statens vegvesen. (2015). *E39 Rogfast. VegRAM*.

Statens Vegvesen. (2015). *N500 Vegtunneler*. Hentet Mai 18, 2017 fra

<http://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/Handboker/om-handbokene/vegnormalene/n500>

Statens vegvesen. (2017). *E39 Rogfast*. Hentet Mai 26, 2017 fra

<http://www.vegvesen.no/Europaveg/e39rogfast>

Statens vegvesen Vegdirektoratet . (2016). *N500 Vegtunneler*.

Statens vegvesen Vegdirektoratet. (2014). *Resultater Oppetidsberegning Lyshorntunnelen*

(E39 Svegatjørn-Rådal). Statens vegvesen.

Statens vegvesen Vegdirektoratet. (2014). *V712 Konsekvensanalyser*.

Statens vegvesen Vegdirektoratet. (2015). *VEG-RAMS*.

Statistisk sentralbyrå. (2001). *Fra kjerre- til motorvei*. Hentet Mai 15, 2017 fra

<https://ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/fra-kjerre-til-motorvei>

- Sund, E. (2012). *Hva vil det koste å fjerne forfall knyttet til bru, ferjekai og tunnel på fylkesveger?* Statens vegvesen.
- Tranøy, K. E. (2014). *Metode*. Store Norske leksikon.
- Tuven, R. (2016a). *RAMS- introduksjon og oversikt EN50126, med RAMS begrepsordbok*. Jernbaneverket.
- Tuven, R. (2016b). *RAMS- politikk og strategi i Jernbaneverket*. Jernbaneverket.
- Tuven, R. (2016c). *Håndbok for RAMS*. Jernbaneverket.
- Tuven, R. (2016d). *RAMS- styring i Jernbaneverket*. Jernbaneverket.
- Tuven, R. (2016e). *Veiledning for gjennomføring av RAM- analyse*. Jernbaneverket.
- Vianova. (2012). *Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008- 2011*. Statens Vegvesen.
- Wandhal, S. (2004). *Visual Value Clarification- A Method for an effective Brief*. Aalborg Universitet .