



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

Teknisk samfunnssikkerhet

Vårsemesteret, 2016

Åpen

Masteroppgave vår 2016

<p>Forfatter:</p> <p>Ole Christian Buchholdt Espedal</p>	<p>.....</p> <p>(signatur forfatter)</p>
<p>Fagansvarlig: Ove Njå</p> <p>Veileder(e): Ove Njå, Arild Petter Sjøvik</p>	
<p>Tittel på masteroppgaven: Tilgjengelighet og sikkerhet i Rogfastprosjektet</p> <p>Engelsk tittel: Accessibility and safety in the Rogfast project</p>	
<p>Studiepoeng: 30</p>	
<p>Emneord:</p> <p>Tunnel, Sikkerhet, Beredskap, Vegplanlegging, Tilgjengelighet, Oppetid, Prosjektering, Statens vegvesen, Trafikkstyring, VTS, Hendelsesdata, Restriksjoner og kontroll</p>	<p>Sidetall: 107</p> <p>+ vedlegg/annet: 122</p> <p>Stavanger, 15.06/2016</p> <p>dato/år</p>

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på mitt to års masterstudie innen Teknisk samfunnsikkerhet ved Universitetet i Stavanger. Prosessen har vært lang og krevende, men samtidig gitt meg nyttig erfaring som jeg håper å ta med meg i arbeidslivet. Jeg startet prosjektet med begrenset kunnskap om tunnelsikkerhet og avslutter prosessen med en nyskapt interesse for fagfeltet og Rogfastprosjektet i seg selv.

Det er mange jeg vil takke i forbindelse med masteroppgaven. Tusen takk til alle på Ryfast-riggen i Stavanger for åpne dører, gode samtaler og utallige liter med kaffe. Takk til alle informanter som tok seg tid til å dele sine erfaringer, rettlede meg og svare på mine spørsmål.

En stor takk rettes til min veileder ved UiS, Ove Njå, for gode veiledninger og konstruktiv kritikk. Avslutningsvis vil jeg også takke prosjektgruppen til Rogfast, bestående av Hans-Ivar Ravn Larsen og Tor Geir Espedal.

Stavanger, 15 Juni 2016

Ole Christian Buchholdt Espedal

Sammendrag

E39 Rogfast er under prosjektering og vil ved ferdigstilling, med sine to 27km lange løp og kobling til Kvitsøy, bli verdens lengste og dypeste undersjøiske tunnel. Rogfast sin utforming krever en sikkerhetsmessig høy standard, og hvor det å ha en høy oppetid på tunnelen er prioritert høyt.

Problemstillingen i masteroppgaven er: «*Hvordan kan Statens Vegvesen på en best mulig måte håndtere hendelser i tunnelen for å begrense nedetid for E39 Rogfast?*». Etterfølgende forskningsspørsmål sikter seg inn på å utforske hvordan hendelser er identifisert og beregnet, med tilhørende usikkerhet. Videre vil kritiske faktorer identifiseres og løsninger utvikles med et mål om å øke tilgjengeligheten til tunnelen.

For å danne et bedre bilde av kritiske faktorer for nedetid og tiltak som er aktuelle i et tunnelsystem som Rogfast, har det vært essensielt å komme i kontakt med personell med relevant erfaring og kunnskap. Informasjon er hentet gjennom arbeidsmøter, intervju av nøkkelpersoner, samtaler med personell innad i etaten og tilgjengelige dokumenter. Utover i prosessen har hendelsesdata fra fem aktuelle norske tunneler blitt tilgjengelige. Dataene er kvalitativt analysert for å identifisere kritiske faktorer samt å gi et bilde av forventede hendelser i Rogfast. Kritiske faktorer relatert til å begrense nedetid i Rogfast er identifisert som repons- og innsatstid til entreprenør og redningsetater. Kritiske faktorer identifisert hos VTS innebærer kostnader, tidsbruk, systemdesign og håndtering av planlagte og uplanlagte avvik.

Studien har vist at operatører hos vegtrafikksentralen har evnen til å håndtere mindre hendelser på en god måte slik at et tunnellop i Rogfast sjeldent vil måtte stenges.

Utfordringer i forhold til trafikkstyring dreier seg om begrensninger i styringssystemet og mangel på opplæring i rapporteringssystem. For å oppnå en optimal oppetid i Rogfast viser studien at betydelige tiltak, blant annet i form av en «first responder» enhet med en utvidet vaktmesterfunksjon, vil være nødvendig.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	iv
Figurliste	vii
Tabelliste	viii
1 Innledning	1
1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
1.2 Struktur	5
2 Rogfast systembeskrivelse	6
2.1 Plansituasjon	10
2.2 Generell trafikksituasjon	11
2.3 Trafikkstyring	13
2.4 Flytnettverk	17
2.5 Risikobilde	22
3 Teoretisk tilnærming	28
3.1 System	28
3.1.1 Hierarki	29
3.1.2 Kommunikasjon og kontroll.....	30
3.1.3 Effektivitet	32
3.2 Pålitelighet.....	33
3.3 Tilgjengelighet	34
3.4 VEGRAMS	36
3.5 Hendelsesdata	37
4 Metode	40
4.1 Forskningsstrategi.....	40
4.2 Datatyper og datakilder	41
4.3 Datainnsamling	42
4.3.1 Gjennomføring av intervju.....	43
4.4 Datareduksjon	44
4.5 Styrker, svakheter og begrensninger	45
5 Resultat	48
5.1 Status i dag	48
5.1.1 Trafikkstyring	50
5.1.2 Erfaringsdata.....	58

5.2 Kritiske forhold og usikkerhet	64
5.2.1 Trafikkstyring	65
5.2.2 Erfaringsdata.....	67
5.2.3 Kostnader.....	74
5.3 Hvor er de viktigste forbedringspotensialene?	75
5.3.1 Trafikkstyring	75
5.3.2 Erfaringsdata.....	77
5.3.3 Vegassistanse, drift og responstid	78
5.4 Hva kan gjøres?.....	85
5.4.1 First responder enhet.....	85
5.4.2 Trafikkstyring	93
5.4.3 Oppsummering	96
6 Diskusjon	98
6.1 VegRAMS.....	98
6.2 Vegtrafikksentral	99
6.2.1 Kommunikasjon og kontroll.....	100
6.3 Tiltak.....	103
7 Konklusjon	106
8 Referanser	108
9 Vedlegg	110
9.1 Intervjuguide VTS.....	110
9.2 Meldingsrapport excelark	113

Figurliste

FIGUR 1: ROGFAST OVERSIKT (STATENS VEGVESEN, 2016)	7
FIGUR 2: TUNNELMUNNING HARESTAD (STATENS VEGVESEN, 2016)	8
FIGUR 3: KVITSØY, DAGSONE (STATENS VEGVESEN, 2016).....	9
FIGUR 4: BOKN (STATENS VEGVESEN, 2016)	10
FIGUR 5 ETABLERING AV TOVEGSTRAFIKK (STATENS VEGVESEN, 2016).....	13
FIGUR 6: MØBLERING AV TO-FELTS RAMPER (NORCONSULT, 2016)	14
FIGUR 7: INNØRING AV TO-VEGS TRAFIKK PÅ HARESTAD I SØRGÅENDE LØP (NORCONSULT, 2016)	15
FIGUR 8 ETABLERING AV TOVEGSTRAFIKK I FØRSTE SEKSJON AV NORDGÅENDE LØP GJENNOM RUTERKRYSS.....	17
FIGUR 9 HELT/HALVT STENGT TUNNELLØP	18
FIGUR 10 STENGT KJØREFELT	19
FIGUR 11 STANDARD KONTROLL SIRKEL (LEVESON, 2011)	31
FIGUR 12 REGION VEST (STATENS VEGVESEN, 2016)	50
FIGUR 13 ETABLERING TOVEGSTRAFIKK (NORCONSULT, 2016).....	54
FIGUR 14 ETABLERING TOVEGSTRAFIKK DAGSONE HARESTAD (NORCONSULT, 2016)	56
FIGUR 15 HENDELSER SAMLET	70
FIGUR 16 HENDELSER SOM FØRTE TIL MIDLERTIDIG STENGT.....	72
FIGUR 17 HENDELSER SOM FØRTE TIL REDUSERT FREMKOMMELIGHET.....	73
FIGUR 18 KRYSSABELL BISTAND/ÅRSÅK (AMUNDSEN & ENGBRETSSEN, 2004).....	79
FIGUR 19 VÅGASSISTANS (KRONBORG, 2014)	81
FIGUR 20 HENDELSER REGISTRERT I TASS (FALCK VÅGASSISTANS, 2016)	83
FIGUR 21 INNSATSPUNKTER	85
FIGUR 22 TUNGBERGER TIL FALCK	90

Tabelliste

TABELL 1 INNSATSTID	21
TABELL 2 ANSVARFORHOLD	22
TABELL 3 HENDELSER	26
TABELL 4 VEDLIKEHOLDSSTRATEGI	35
TABELL 5 TUNNELER FRA MELDINGSRAPPORT.....	61
TABELL 6 OVERSIKT MELDINGSRAPPORTER	62
TABELL 7 KVALITATIV BEREGNING AV TUNNELENE	63
TABELL 8 SAMMENLIGNING MED ROGFAST	64
TABELL 9 ÅRSAKSFORDELING I MELDINGSRAPPORTENE	69
TABELL 10 TID FRA RAPPORTERT SKADE TIL VÄGASSISTANS ER PÅ PLOSS (FALCK VÄGASSISTANS, 2016).....	84
TABELL 11 RESPONSTID TIL «FIRST RESPONDER ENHET» INNE I TUNNEL.	86
TABELL 12 AKSEPTABEL FORSINKELSE (STATENS VEGVESEN REGION VEST, 2016)	88
TABELL 13 BERGERE I STAVANGER-OMRÅDET	90
TABELL 14 OPPSUMMERING TILTAK	97

1 Innledning

E39 Rogfast, som en del av ferjefri E39, er nå under planlegging. Det er blant annet gjennomført ROS-analyse for hele tunnelprosjektet som består av en 26,7 km lang to-løps tunnel med tverrsnitt 2 x T10,5. Tunnelen planlegges i henhold til gjeldende standard i vegvesenet (håndbok N-500), men det er gjort særskilte vurderinger av standardvalget på enkelte områder på grunn av den store lengden. I forhold til tunnelsikkerhet skaper det spesielle utfordringer at tunnelen må driftes og vedlikeholdes. Det vil også oppstå mange hendelser i tunnelen av mer eller mindre alvorlig karakter som gjør at et tunnellop må stenges helt eller delvis. Det er mulig å lede trafikken over i det andre løpet, men i ROS-analysen påpeker man at hendelsesfrekvens og alvorlighetsgrad på hendelsene vil øke ved to-vegs trafikk i et løp. Det er derfor i sikkerhetssammenheng viktig å ha minst mulig tid med to-vegs trafikk i et løp.

Ideen for masteroppgaven ble utviklet sommeren og høsten 2015 gjennom dialog med prosjektleder for E39 Rogfast. Som sommervikar og senere deltidsansatt i Statens Vegvesen har jeg fått forskjellige oppgaver i å grave dypere i utfordringer rundt tunnelsikkerhet og beredskap i tunnelen. Å studere egen organisasjon er verken forbudt eller noe som frarådes, tvert imot bør dette oppmuntres (Jacobsen, 2010). Det er utført en beredskapsanalyse for E39 Rogfast, en analyse med forslag til tiltak hvor risiko er antatt å være kritisk (Hofseth, 2014), men foreløpig ingen beredskapsplan. En beredskapsplan er en oversikt over tiltak for å håndtere eller begrense kriser eller andre uønskede hendelser på en best mulig måte (NOU, 2006:6).

En VegRAMS-analyse, et risikoanalyseverktøy for å generere strategier innen drift og vedlikehold, ble utarbeidet av Norconsult på vegne av SVV. I Analysen ble fire forskjellige tunnelalternativ vurdert med hensyn til utfordringer for drift og vedlikehold for en tunnel av en slik art. Alternativet som innebar to løp dimensjonert til T14,3 med tre felt i hvert tunnellop, hvorav det ene vil fungere som et gjennomgående havarifelt, ble anbefalt. Et

gjennomgående havarifelt vil gjøre at mindre hendelser som fører til at kjøretøy stopper i tunnel ikke krever at operatører stenger felt eventuelt et segment av tunnelloøpet. I tillegg vil 3 felt åpne for vedlikehold av tunnel uten å stenge hele løpet. Et slikt opplegg vil kreve en endring i regelverket eller spesielle tillatelser innen åpning i 2025.

Historisk sett kan vi si at tunneler frem til nå ikke har vært spesielt fremtidsrettet ut i fra alle oppgraderinger som nå finner sted (18 i Region vest ifølge VTS). Rennfast har allerede blitt oppgradert men hvis Rogfast ikke blir realisert må tunnelen utvides med et nytt løp for å følge nye standardkrav. Vegdirektoratet valgte høsten 2015 å avvise anbefalingen på T14,3 og la til grunn at det måtte jobbes videre med utvikling av et beredskaps, drift – og vedlikeholdskonsept for en dimensjon på T10,5.

Stenging av et løp vil etter Norconsult sine analyser føre til minst 30 minutter med nedetid (Norconsult, 2016). Denne tiden innebærer tid fra tunnelen stenges helt, tømmes for alle kjøretøy og kontrolleres manuelt (eventuelt automatisk med sensorer) før trafikken blir dirigert til det andre løpet med toveistrafikk. I tillegg må tunnelen stenges og tømmes før en tilbakeføring til vanlig trafikksituasjon. Dette scenarioet fører til minst 30+30 minutter med nedetid hver gang et løp stenges (Norconsult, 2016). Dette ses på som uakseptabelt av prosjektgruppen til Rogfast og det er startet en prosess i form av et samarbeid mellom SVV og deres konsulent sammen med VTS for å finne en løsning. En annen tilnærming for å optimalisere oppetid er å hindre eller redusere antall mindre hendelser som kan føre til stenging av løp. Dette punktet kommer jeg tilbake til senere i oppgaven.

Arbeid med å sikre norske vegtunneler er vurdert som en høyt prioritert oppgave, men for å finne en rapport som sier noe om antall og fordeling av hendelser må vi helt tilbake til 2004. I rapporten Hendelser i vegtunneler (Engebretsen, Amundsen, 2004) gjennomgås ca. 3150 innrapporterte hendelser i vegtunneler over 3 år. De fleste hendelsene her er innrapportert fra Osloområdet, hvor trafikken i tunnelene også er størst. Halvparten av hendelsene er registrert som teknisk feil, 20% skyldes drivstoffmangel, 11% trafikkulykker og rett under 1% er brann/branntilløp i kjøretøy. Innsamlingen av hendelsesdata foregikk i alle fem

vegtrafikksentralene fra registeret MERKUR. MERKUR er i dag byttet ut med vegloggen, et rapporteringssystem hvor det ikke er gjort noen kvantitativ eller kvalitativ vurdering av hendelsesfordeling.

1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

E39 Rogfast er, på tross av å være et prosjekt med en svært høy kostnad, et lønnsomt prosjekt ifølge samfunnsøkonomiske beregninger. Dette har en sammenheng med stor innsparing av reisetid mellom Haugesund/Bergen og Stavanger –området (40 minutter). Det er lagt mye vekt på at Rogfast skal inneha en sikkerhetsmessig høy standard, hvor stigningen er satt til maksimalt 5% med to parallelle løp. Ferjeforbindelsen over Boknafjorden har kapasitetsproblemer og er sårbar deler av året. Rogfast vil gi en helt annen regularitet og kapasitet i forhold til dagens situasjon. Trafikanter som ferdes over fjorden er hovedinteressentene til prosjektet, hvor en fast forbindelse der man slipper kø og har en stor grad av sikkerhet for å komme seg frem, er målet. Tunnelen blir verdens dypeste og lengste undersjøiske tunnel noe som medfører stor usikkerhet knyttet til risikobildet og forventede hendelser som medfører nedetid. For at prosjektet skal tilfredsstillere trafikanter behov, må tilgjengeligheten til tunnelen være betydelig bedre enn ferjeforbindelsen.

Problemstillingen i denne masteroppgaven lyder derfor som følgende:

Hvordan kan Statens Vegvesen på en best mulig måte håndtere hendelser i tunneler for å begrense nedetid for E39 Rogfast?

For å avgrense og operasjonalisere problemstillingen har jeg utviklet følgende forskningsspørsmål:

1. Hvordan er forventede hendelser identifisert og beregnet? Hvilken usikkerhet er forbundet med disse hendelsene?
2. Hva kan vi lære av andre prosjekt og konsept med hensyn til å håndtere mindre hendelser og optimalisere oppetid? Hva er kritiske faktorer for å begrense nedetid?

3. Hvordan kan tiltak iverksettes for å øke tilgjengeligheten til tunnelen? Hva er den beste strategien?

For å kunne begrense hendelser i tunnelen eller å redusere tiden til normalisering er det viktig med en oversikt over hvilke hendelser som faktisk forekommer og hvor ofte de forekommer. Hendelser i vegtunneler skal registreres i rapporteringsprogrammet vegloggen, hvor man med riktig kjennskap til statistikkmodulen kan hente ut data i form av en hendelseslogg. En utfordring i denne oppgaven blir å vurdere om dette er tilstrekkelig til å generere hendelsesstatistikk som kan brukes i en unik tunnel som Rogfast.

Fokuset rundt antall hendelser og nedetid er ikke et resultat av at man forventer flere uønskede hendelser i denne tunnelen kontra andre, men heller at samfunnet og trafikken er avhengig av en stabil og tilgjengelig forbindelse. En rask normalisering etter hendelser er viktig for å unngå følgehendelser i tunnelen. Tunnelen er plassert et stykke unna Stavanger og enda lengre fra Haugesund, noe som medfører at responstiden for entreprenør, redningstjenester og nødetater kan være lange. Dette problemet blir enda større da tunnelen er 27km lang noe som videre kan forlenge responstiden. Tunnelen er av en slik størrelse at helvask av tunnelen fort kan kreve over 30 netter i året hvor et eller to løp må være stengt. For å redusere nedetid i tunnelen ved planlagt avvik er trafikkplaner for etablering av to-vegs trafikk i motsatt løp nødvendig. Etablering av to-vegs trafikk og reetablering av normalsituasjon er operasjoner som medfører sikkerhetsmessige utfordringer som motgående trafikk og generell mangel på erfaring med denne typen trafikkregulering i store tunneler. Dette problemet blir videre tatt opp i resultatkapitlet.

Statens Vegvesen er en stor etat med mye erfaring. Det er mitt ønske å utnytte kunnskapen til ulike nøkkelpersoner og enheter i SVV for å kunne gi et godt risikobilde av Rogfast. VTS sin kunnskap og erfaring relatert til håndtering av hendelser i tunnelen er spesielt relevant. Det kan blant annet bidra til en bedre forståelse av usikkerheten rundt den fordelingen av hendelser som jeg kommer frem til i kapittel 2, samt i resultatdelen. Forskningsspørsmål 2 vil kunne bidra til å forsterke funn som gjøres i forbindelse med forskningsspørsmål 1. Hva har

de andre prosjektene som Rogfast ikke har og hvordan kan det brukes for å nå de nevnte målene? Hvordan dette skal utføres er nærmere beskrevet i metodedelen av oppgaven. Det siste forskningsspørsmålet blir på sett og vis en oppsummering av de foregående punktene og danner et grunnlag for valg av beste strategi for å redusere antall hendelser eller tiden til normalisering.

1.2 Struktur

Oppgaven begynner med en systembeskrivelse av Rogfasttunnelen for å gi innsikt i status- og plansituasjonen ved oppstart av masteroppgaven. I dette kapitlet er det også tatt med et risikobilde av Rogfast for å kartlegge mer eller mindre kritiske faktorer for tunnelen med hensyn til oppetid. Videre kommer teorikapitlet, som danner det teoretiske grunnlaget for datainnsamlingen. Kapitlet brukes til å knytte relevant teori opp imot problemstilling og forskningsspørsmål, for å bidra til å gi en bedre og bredere forståelse av resultat og analyse. Metodedelen følger etter teorikapitlet med en beskrivelse av fremgangsmetoden for å løse forskningsspørsmål i masteroppgaven. Det innebærer blant annet en beskrivelse for hvordan jeg skal drive datainnsamling, tilnærming til oppgaven, datareduksjon, samt styrker og svakheter ved oppgaven.

I neste del av oppgaven kommer resultater fra datainnsamling samt analyse av resultatene og oppgaven. I Resultatkapitlet blir først dagens status presentert etterfulgt av kritiske forhold og usikkerhet til innsamlet data. Videre presenteres de viktigste forbedringspotensialene samt hva som kan gjøres i Rogfasttunnelen for å oppfylle potensialet.

Til slutt kommer diskusjon av resultatene, funn og egne tanker rundt problemstilling og forskningsspørsmål. Målet med drøftingen er å diskutere oppgaven og tiltak som kan lede til den beste strategien for å opprettholde god oppetid for Rogfasttunnelen. God oppetid oppnås gjennom å begrense hendelser som fører til midlertidig stengt løp eller redusert fremkommelighet i tunnel, samt å begrense tid til normalisering.

2 Rogfast systembeskrivelse

Dette kapittelet beskriver Rogfasttunnelen og dens foreløpige planer for utførelse fra februar 2016. Denne oppgaven tar utgangspunkt i situasjonen i starten av året og vil ikke ta hensyn til endringer som har kommet mot slutten av oppgaveperioden. Systembeskrivelsen bygger på følgende dokumenter:

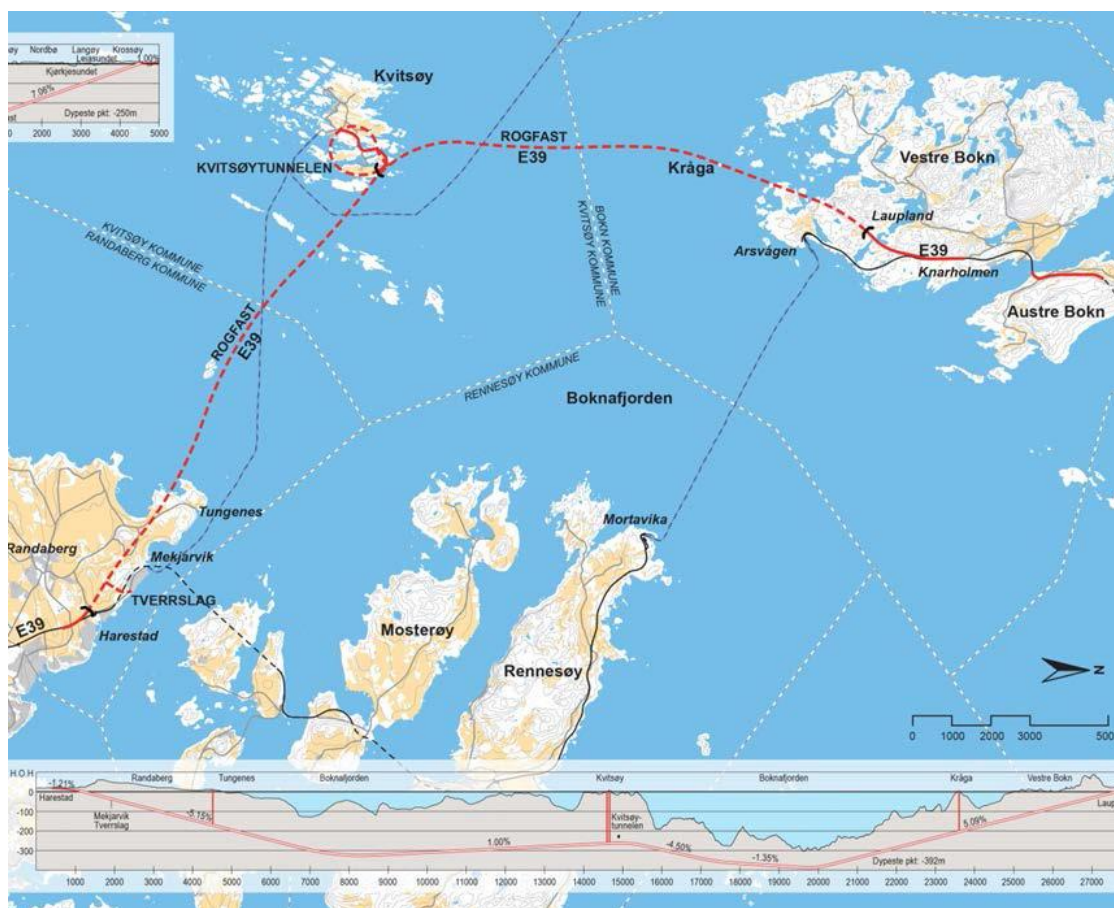
- Beredskapsanalyse av Marius Hofseth (Statens vegvesen, 2014)
- ROS – analyse av Rogfast (2012, 2014)
- Prosjektstyringsplan (Statens vegvesen, 2016)
- VegRAMS (Norconsult, 2015)
- Skiltplananalyse (Norconsult, 2016)

E39 Rogfast er en del av ferjefri E39 langs kysten av Vestlandet. For å kunne krysse Boknafjorden ferjefritt må det bygges en toløps tunnel med tverrsnitt på T10,5 under fjorden. Tunnelen går fra Harestad i Randaberg kommune til Laupland i Bokn kommune, hvor det vil bli bygget ny veg på 2,3km før den kobler seg til E39 ved Knarholmen. Hovedtunnelen er 26,7km lang og vil bli den lengste undersjøiske vegtunnelen i hele verden. I tillegg er det planlagt en «arm» på 4,1km fra hovedtunnelen opp til Kvitsøy med et tverrsnitt på T10,5. På Kvitsøy er det planlagt å bygge ny fylkesveg på 2,0km, mens armen fra Kvitsøy kobles til hovedtunnel i et toplanskryss i fjell. I Norge er det tradisjon for å planlegge tunneler med utgangspunkt i håndbøker. Rogfast representerer imidlertid en særskilt utfordring. Lengden og dybden på tunnelen er langt større enn det man har erfaring fra tidligere og andelen tungtrafikk krever spesielle hensyn. I håndbok N500 står det at ved tunnellengder over 10km skal det gjøres særskilte vurderinger. For Rogfast sin del ble det utført en ROS-analyse i 2012 og en ny versjon i 2014, samt en VegRAMS-analyse i 2015. Dette ble grunnlaget for reguleringsplaner og kostnadsoverslag for prosjektet. Prosjektet er

Masteroppgave vår 2016

budsjettert til 14,4 milliarder kroner(2015-kr), med en usikkerhet på ca. 1 milliard. SVV vil være byggherre for Rogfast prosjektet, og ved ferdigstilling av tunnelen blir anlegget overlevert til SVV sin vegavdeling Rogaland for vedlikehold og drift av anlegget. Tunnelen er antatt å ha en ÅDT på 5850 ved åpning og 13000 etter 20 år.

I dag krysses Boknafjorden ved hjelp av to ferjesamband. Ferjestrekningen Mortavika – Arsvågen er en del av E39 mellom Stavanger og Bergen og hadde i 2015 en ÅDT på 4183. Sambandet har opplevd en stor økning i trafikk i mange år, med en årlig gjennomsnittlig vekst på 6,5% de siste 8 årene. Det andre ferjesambandet er strekningen fra Mekjarvik – Kvitsøy med en ÅDT på 142.



Figur 1: Rogfast oversikt (Statens vegvesen, 2016)

For å krysse fjorden må de fleste av trafikantene kjøre gjennom Rennfast som består av to et løps undersjøiske tunneler. Disse tunnelene vil kreve betydelige utbedringer for å tilfredsstillere dagens standardkrav (nytt løp i hver tunnel). Trafikkmengden i 2014 gjennom tunnelene var nær 10000 kjt./døgn. Ved åpning av Rogfast vil reisetiden til Haugesund reduseres med 40min. Dette fører til at reisetiden mellom Stavanger og Haugesund kan bli sett på som en akseptabel dagpendleravstand. Hovedinteressentene til prosjektet er trafikanter som skal over fjorden. Selv om mye av trafikken er næringslivsorientert er en stor del av trafikken privatreiser. Ferjesambandet har utviklet seg til å bli relativt moderne og velfungerende, men trafikanter forventer et fast samband hvor man slipper å stå i ferjekø og der man har en mye større grad av sikkerhet for å komme fram. Prosjektet vil ha en betydelig virkning på kapasiteten mellom nord- og sør-Rogaland. En fast tunnelforbindelse vil med to løp og to kjørefelt i hver retning tidoble kapasiteten som eksisterer i dag. Dagens forbindelse er preget av sårbarhet som følger av tekniske problemer på ferjene og dårlig vær på fjorden.



Figur 2: Tunnelmunning Harestad (Statens vegvesen, 2016)

I sør starter Rogfast ved tunnelmunning på Harestad i Randaberg kommune. Mellom Harestad og Smiene (Stavanger kommune) skal tofeltsvegen erstattes med en ny firefelts E39. Denne går fra dagsonen hvor Eiganestunnelen avsluttes, frem til tunnelportalen for E39 Rogfast på Harestad. Byggingen av denne strekningen skal dekkes av statlige midler og bompenger fra bypakke Nord-Jæren. I Mekjarvik er det regulert et massedeponi/utfyllingsareal som skal romme 3,5mill m³ med tunnelsmasse. Arealet vil utgjøre 120daa og ha stor verdi som areal til næring.



Figur 3: Kvitsøy, dagsone (statens vegvesen, 2016)

På Kvitsøy bygges forskjæring til Kvitsøy-tunnel og ny fylkesveg i grei avstand fra eksisterende infrastruktur og bebyggelse, slik at konfliktene antas å være relativt små. I Kvitsøy kommune er det regulert et stort massedeponi nord på Krågøy som vil romme ca. 2mill m³ (100daa). Kommunen regner med at areal på Kvitsøy vil bli ettertraktet etter at Rogfast er etablert og ønsker derfor å etablere næring her.

På Laupland i Bokn kommune bygges forskjæring til tunnel og ny E39 i et område med lite eksisterende bebyggelse og infrastruktur. Ny E39 skal tilkobles eksisterende E39 sør for kryss på Knarholmen. Ved nordre utløp av tunnelen vil det være et masseoverskudd på ca. 2

mill.m3. En del vil bli brukt i den nye E39 veglinja mens resterende overskuddsmasse vil bli brukt til å fylle ut Arsvågen til fremtidig næringsområde.



Figur 4: Bokn (Statens vegvesen, 2016)

2.1 Plansituasjon

Det foreligger godkjente reguleringsplaner for prosjektet E39 Rogfast med arm til Kvitsøy i Randaberg, Kvitsøy og Bokn. Det er også godkjente reguleringsplaner for massedeponi i Arsvågen i Bokn kommune, Kråggøy på Kvitsøy og Mekjarvik i Randaberg kommune. Massedeponiene vil på en samfunnsmessig god måte ivareta masseoverskuddet fra Rogfast. Prosjektering av veg- og tunnelprosjektet ble startet opp sommeren 2014 og blir utført av Norconsult. Det er opprettet en samarbeidsgruppe med personer som har kompetanse innen alle fagfelt for prosjektet.

Videre er det laget en strategi basert på eierskap og involvering i prosjektet. Det legges vekt på at byggherren har nok kompetanse til å stille konsulent konstruktive og kritiske spørsmål,

ved hjelp av SVV sitt fagpersonell og innleid ekspertise. Konsulentene skal på sin side ha et eierskap til prosjektet gjennom samarbeid og involvering i valg av løsninger. Kommunen og andre offentlige etater som blir berørt vil også være involvert og konsultert.

2.2 Generell trafiksituasjon

Trafikkavviklingssituasjonen over fjorden vil være sårbar dersom Rogfast stenges. Omkjøring via Ryfast vil gi en økning i reisetid på 3-4 timer til Haugesund og Bergen. Det innebærer at det ikke er noen reelle omkjøringsalternativer mellom Stavanger og Haugalandet. Denne situasjonen viser at høy oppetid er svært viktig for Rogfasttunnelen. Følgende punkter antas å gjelde for fremtidig trafiksituasjon:

- Fergeforbindelsen Mortavika – Arsvågen er nedlagt
- Fergekai i Mortavika fjernes mens Arsvågen blir omklassifisert til Fv-fergekai
- Fergeforbindelsen Mekjarvik – Kvitsøy legges med, men fergeleie opprettholdes av beredskapshensyn siden armen til Kvitsøy bare består av et løp.
- Muligens redusert tilbud for flyforbindelse mellom Stavanger-Bergen
- Rennfast blir lokalveg for Rennesøy og Finnøy, og trafikken vil bli halvert. Ved en halvering av ÅDT vil dagens standard være tilstrekkelig for den nærmeste fremtid. Tunnelen ble åpnet i 1992 og har i 2013-2015 fått en betydelig oppgradering av teknisk utstyr etter dagens sikkerhetsmessige krav til standard i vegtunneler.

Stengealternativene til Rogfast er:

- A) *Hele eller halve løpet stenges. Tovegstrafikk i det andre løpet i tilsvarende seksjon. Bruk av variable fareskilt, kjørefeltsignaler og bommer, samt nedsatt fart.*

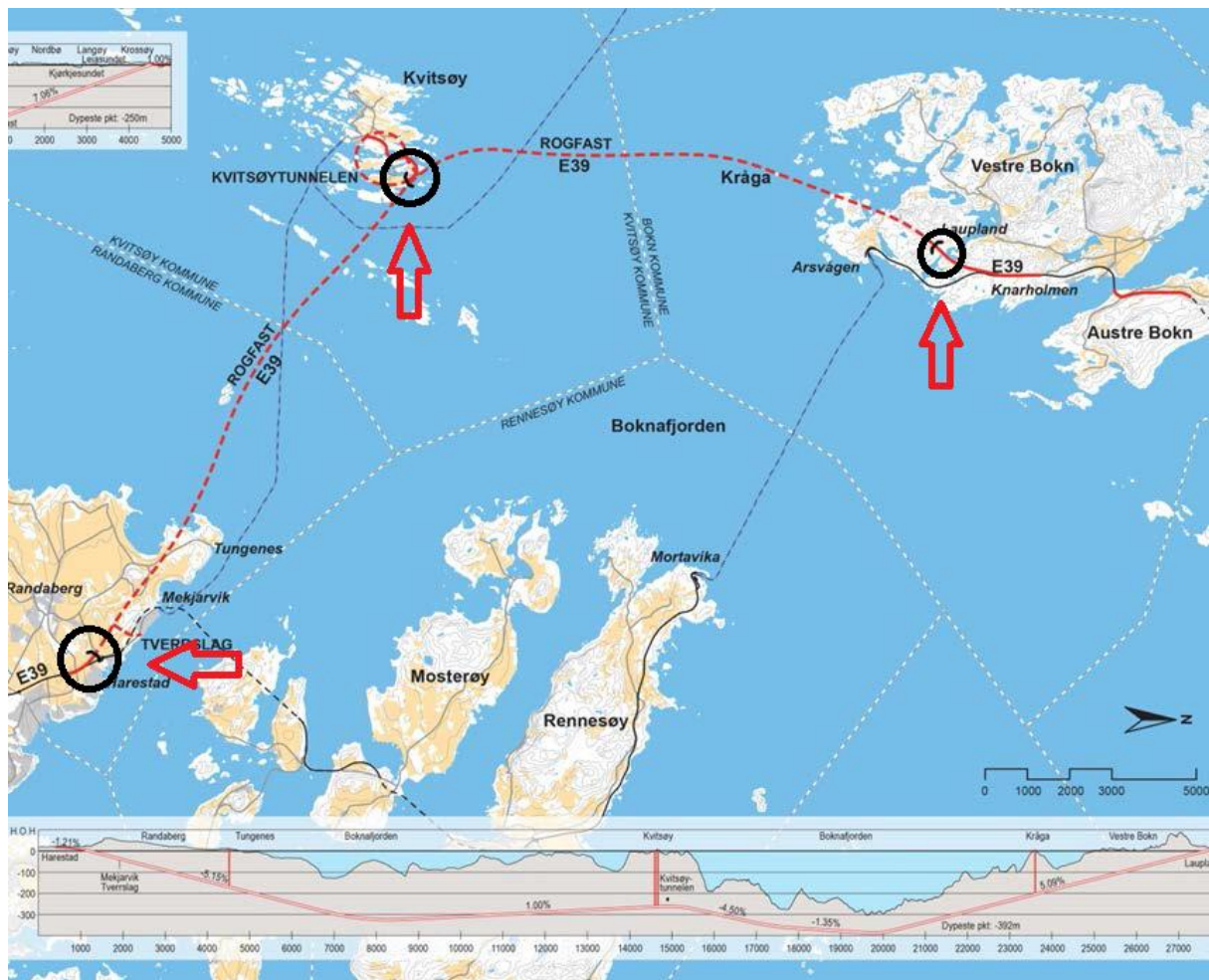
Tunnelen er inndelt i fire seksjoner i tunnelen, to i hvert løp. Siden den eneste kjørbare tverrforbindelsen er ruterkrysset ved Kvitsøy utgjør seksjonene et halvt tunnellop. Ved en stengt seksjon vil to-vegs trafikken altså gå i tilsvarende seksjon i det andre løpet før det tilbakeføres til normal trafiksituasjon gjennom tverrforbindelsen ved Kvitsøy og utfor tunnelportal. Ved uforutsett hendelse som f.eks. en trafikkulykke i alternativ A vil man være nær en situasjon med stengt tunnel. Alternativt kan det etableres skytteltrafikk forbi hendelsesstedet.

B) Ett kjørefelt stenges helt eller delvis (feltstengningssoner) ved arbeids-/hendelsesstedet. Nedtrapping av fartsgrense frem til arbeids-/hendelsesstedet. All trafikk i løpet avvikles i det andre feltet.

Når vi snakker om feltstengningssoner gjelder det strekninger på 2000 meter i et kjørefelt som kan stenges av. Trafikkavvikling på denne strekningen skjer i det andre kjørefeltet før tilbakeføring til normalsituasjonen. Ved uforutsette hendelser i alternativ B vil man måtte stenge flere soner eventuelt gå over til reguleringsalternativ A.

C) Tunnelen totalstenges (bare ekstremhendelser, f.eks. brann eller flom). Stenges fysisk med bomber og røde stoppblinksignaler i portal og siste kryss før tunnelportalene.

Denne situasjonen vil forekomme svært sjeldent, bare ved ekstremhendelser eller ved alvorlige hendelser i reguleringsalternativ A.



Figur 5 Etablering av tovegstrafikk (Statens Vegvesen, 2016)

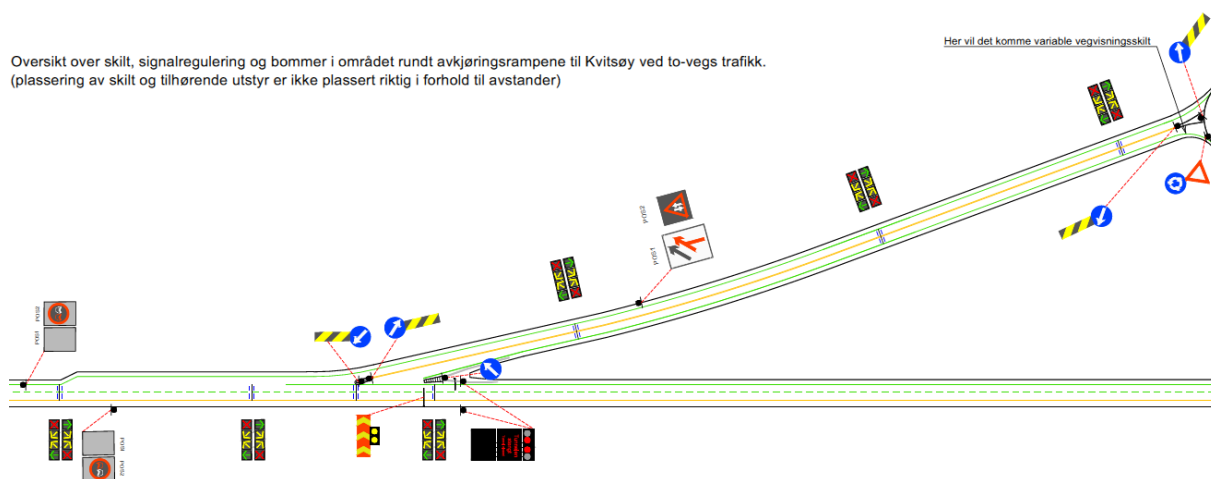
2.3 Trafikkstyring

Norconsult har gjort en analyse av hvordan trafikkstyring kan se ut i 2025 ved åpning av Rogfast. Det er stor usikkerhet knyttet til planlegging av trafikkstyring 9-10 år frem i tid, da teknologi og planverk kan endre og utvikle seg betydelig over tid. Tunnelen vil etter planen ende opp med å ha én trafikal tverrforbindelse og den er i sammenheng med krysset til Kvitvøy. Hvert løp er delt inn i soner på 2km, i hver sone vil man kunne stenge hele venstre eller høyre kjørefelt. Det legges også opp til et gitt antall feltstengningssoner etter

hverandre. Et helt løp skal også kunne stenges, og det kan bli opprettet to-vegs trafikk i det andre løpet.

For å utføre en endring av normal trafikkavvikling må tunnelen ha følgende utrustning:

- Kombinerte røde stoppsignaler, gule blinksignaler sammen med variable skilt (fare/fart). Montert ved trafikal tverrforbindelse og tunnelportal.
- Automatiske bommer påmontert gule blinksignaler
- Kjørefeltssignaler
- Variable fartsgrenseskilt for å innføre og oppheve fartsgrenser
- Variable skilt som varsler om spesifikk fare eller trafikkavvikling
- Variable vegvisningsskilt
- Variable opplysningsskilt ved tovegstrafikk

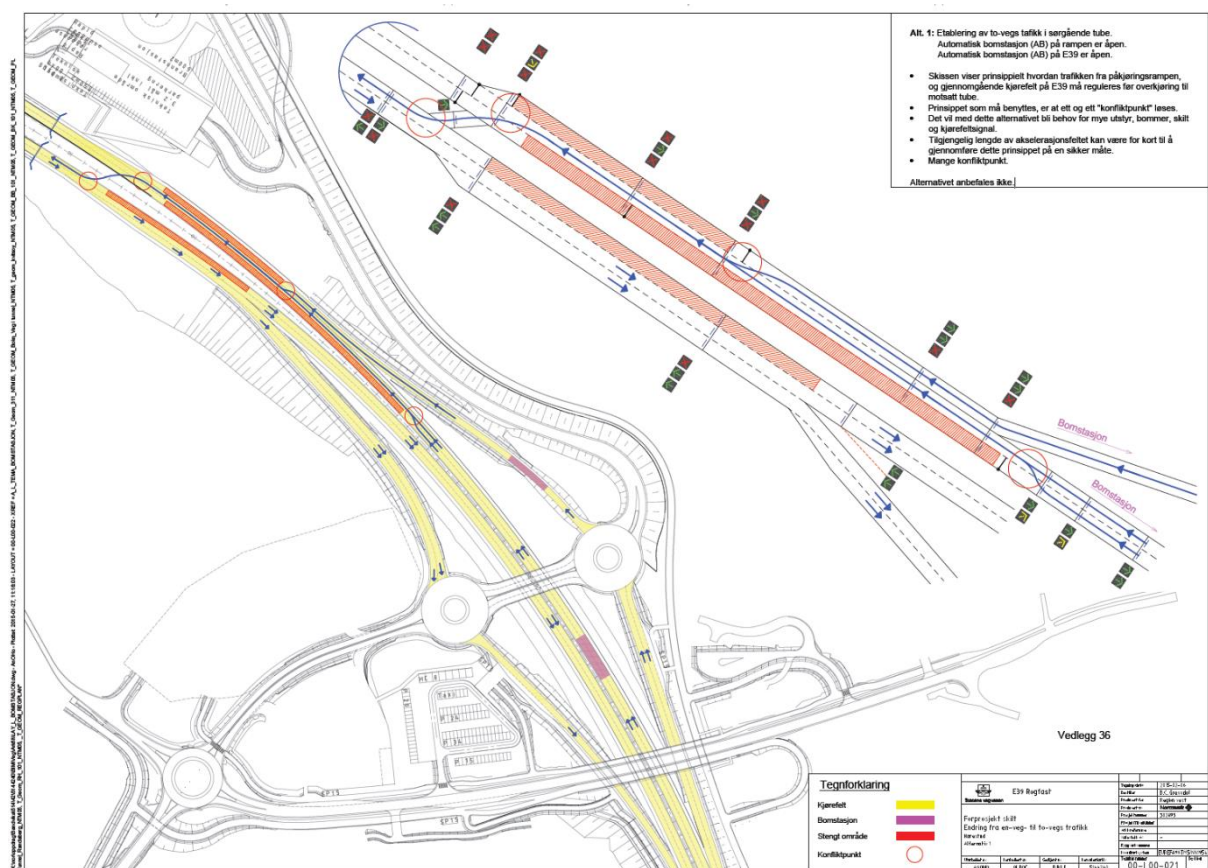


Figur 6: møblering av to-felts ramper (Norconsult, 2016)

Dagens alternativ med en dimensjon på T10,5 gir begrenset tilgjengelighet for drift- og vedlikehold. Avvikssituasjon (endret kjøremønster) må brukes hver gang det er behov for arbeid utenfor havarinisjer. Havarinisjene vil være på 100m med 500meters avstand. Dette vil også kunne inntreffe når kjøretøy stopper av ukjent grunn eller mister last som blir liggende i vegbanen. Disse hendelsene opptrer relativt hyppig og er kostbare hvis tunnelen må stenges. Drift- og vedlikeholdsarbeid vil hovedsakelig finne sted på nattestid når trafikken er lavest.

Masteroppgave vår 2016

Ved etablering av tovegstrafikk i et løp vil hastigheten reduseres til 50km/t i overgangssone i dagen. Hastigheten i tunnelen med to-vegs trafikk vil være 70km/t og forbikjøring vil være forbudt. Det vil være skilting av endret kjøremønster i overgangssoner og tunnel i henhold til skiltplan. Før to-vegs trafikk innføres vil tunneløpet stenges og tømmes. VTS gjennomfører så en visuell sjekk gjennom hvert enkelt overvåkingskamera for å forsikre at det ikke er kjøretøy igjen i tunnelen, samt at signaler og skilt ikke gir feilmeldinger (kvalitetssikres gjennom kontrollspørsmål i vegvokteren). Denne visuelle sjekken er forventet å ta ca. 30 minutter. Ved tilbakeføring til en-vegs trafikk vil samme prosedyre utføres av VTS.



Figur 7: Innføring av to-vegs trafikk på Harestad i sørgående løp (Norconsult, 2016)

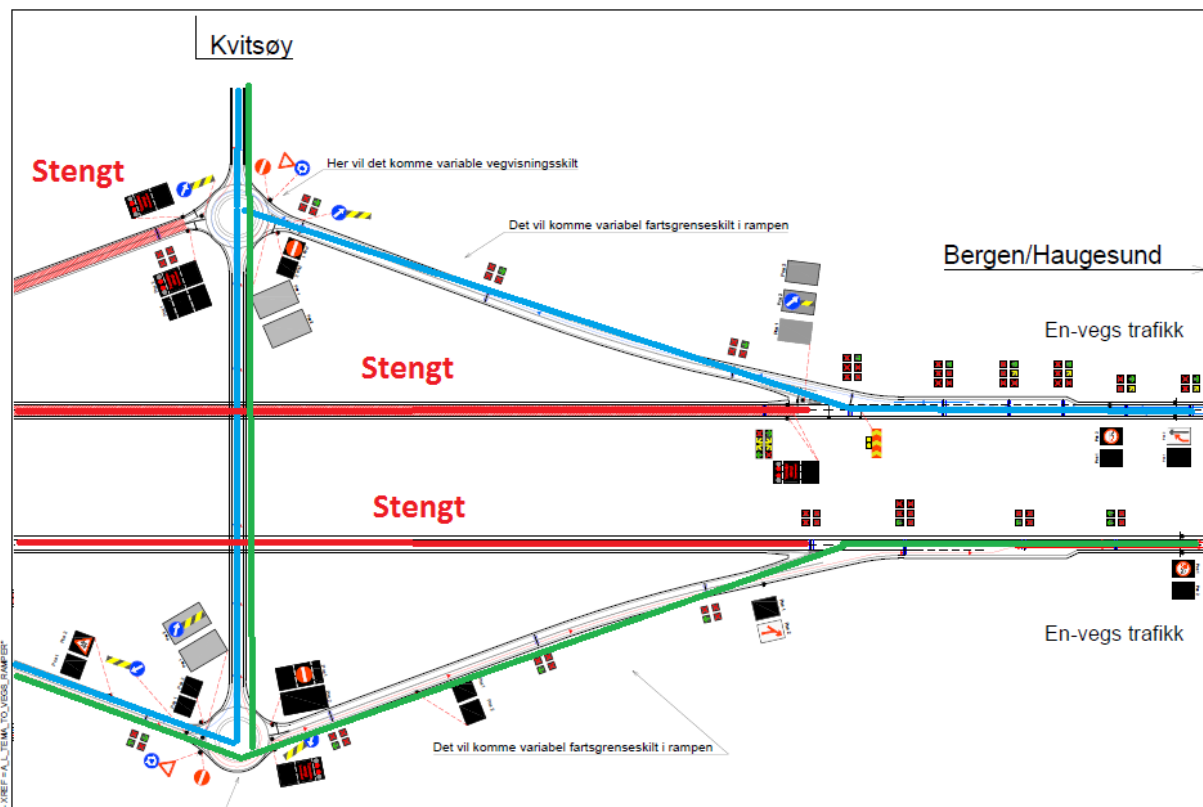
Figur 7 viser hvordan to-vegs trafikk kan etableres på Harestad i sørgående løp. Skissen er basert på prinsippet om at ett og ett konfliktpunkt håndteres og trafikk ledes til et enkelt felt

før det ledes over i motsatt løp (konfliktpunkt markert med sirkel). Dette alternativet vil kreve mye utstyr, bommer, skilt og kjørefeltsignaler for å fungere.

Innføring av to-vegs trafikk inne i tunnelen vil skje ved hjelp av av- og påkjøringsrampene til Kvitsøy. Rampene har to felt og vil kunne brukes til to-vegs trafikk i avvikssituasjoner. Dette prinsippet er også vist på figuren nedenfor.

- Hovedtunnelen i begge retninger stenges mellom avkjøringsrampen til Kvitsøy (markert med rød strek og «Stengt»).
- Ved stengning av halve sørgående løp vil trafikken i sørgående løp snevres inn til et felt (blå) og ledes via rampe over i det andre løpet gjennom to rundkjøringer.
- To-vegs trafikk etableres på strekket mellom rundkjøringene (må fortsatt gå an å komme seg til Kvitsøy).
- Trafikk i nordgående løp innsnevres til et felt i dagen og ledes via rampe i tunnelen, gjennom rundkjøring og tilbake til hovedløpet via påkjøringsrampe hvor en-vegsrettet trafikk igjen opprettes (grønn).

Både figur 7 og 8 er videre forklart i Norconsult sitt forslag til etablering av to-vegs trafikk i resultatkapittelet.



Figur 8 Etablering av tovegstrafikk i første seksjon av nordgående løp gjennom ruterkruss

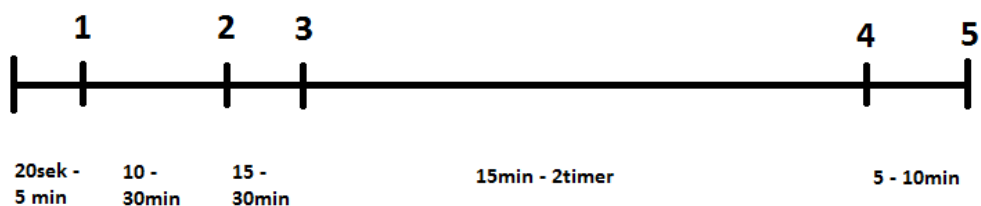
2.4 Flytnettverk

Hvordan VTS håndterer avvikssituasjoner er presentert i et senere kapittel men for å få en liten oversikt er det presentert et flytnettverk i dette delkapittelet, hvor fokuset er på hvordan disse situasjonene ville blitt håndtert i dag. Norconsult sin analyse baserer seg på en trafikkstyring som er visuell og manuell, som vil si at en operatør selv går gjennom videoovervåking fra tunnelen. VTS – vest er nå helt avhengig av automatikk for å kunne fungere optimalt, ettersom de ikke har kapasitet til å manuelt overvåke alle tunneler.

Ved havari i tunnel vil dette bli registrert etter kort tid (sekunder) gjennom alarmer og i vegtrafikksentralen i Bergen vil det komme opp et kamera på skjermen til en operatør med bilde over situasjonen. Hvis operatør observerer og bekrefter at dette er en faktisk hendelse vil operatør stenge felt, styre variable skilt og skilte ned hastighet for å unngå følgeulykker og lette arbeidet på hendelsesstedet. Er bilen i havarilomme vil dette ikke være nødvendig.

Politiet blir varslet ved en slik hendelse, hvor tunnelen åpnes igjen etter beskjed fra politiet. Ved hendelser som fører til stengt felt eller redusert fremkommelighet blir det også sendt ut en melding fra VTS som kommuniseres gjennom radio. Det er flere ulike situasjoner som kan oppstå i tunnelen, men med utgangspunkt i stengealternativ A og B fra kap. 2.2 kan man danne seg et bilde av hendelsesforløpet gjennom en tidslinje.

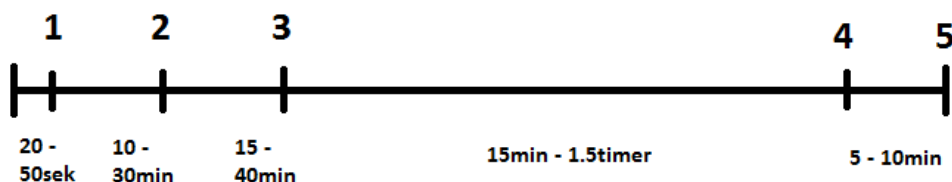
A) Halvt løp



Figur 9 helt/halvt stengt tunneløp

- 1) Tiden fra alarm er mottatt til operatør aktiverer riktig trafikkplan kan være varierende grunnet høy terskel for stenging av helt eller halvt løp. Ved en trafikkulykke hvor kjøretøy dekker begge kjørefelt vil det være mer åpenbart for operatør å stenge løpet kontra et felt. Operatør kontakter politi, entreprenør og redningstjeneste.
- 2) Politiet ankommer hendelsesstedet 10-30 minutter etter kontakt med VTS og sikrer hendelsesstedet.
- 3) Tungberger (berger med kapasitet til å slepe større kjøretøy) eller vanlig bilberger er forventet å ankomme 15-30 minutter etter kontakt med VTS, avhengig av hvor i tunnelen hendelsen forekom og trafikk frem til tunnel.
- 4) Berger flytter/sleper kjøretøy ut av tunnel. Vanlige biler kan lastes på plan, større kjøretøy må trekkes ut. Hvis hjulene er låst kan dette ta lang tid (Videre beskrevet i tabell 3 og resultatkapittel).
- 5) Politiet gir beskjed til VTS at tunnelen er klar for åpning. Operatør velger trafikkplan for normalisering og går gjennom kontrollspørsmål før tunneløp gjenåpnes.

B) Stengt kjørefelt



Figur 10 Stengt kjørefelt

- 1) Operatør oppdager alarm og kan stenge av felt så fort riktig trafikkplan finnes frem. Politiet, entreprenør og redningstjeneste kontaktes avhengig av situasjonen. Berger vil i dagens situasjon ikke tilkalles selv om det er havari.
- 2) Politiet ankommer hendelsesstedet 10-30 minutter etter kontakt med VTS og sikrer hendelsesstedet med blålys da det fortsatt er trafikk i tunnellopet. Ved andre hendelser som gjenstand i vegbanen ankommer også entreprenør etter ca. 30min. I dette tilfellet blir situasjonen normalisert og kjørefelt åpner på et tidligere tidspunkt (ca. 30-50 minutter etter endret kjøremønster).
- 3) Ved havari ankommer berger alt etter når den ble tilkalt. Det foreligger ikke like planer i Stavanger som f.eks. i Bergen hvor operatører kan tilkalle berger hvis det er i rushtiden eller situasjonen tilsier at det haster.
- 4) Dette punktet gjelder hvis berger er kontaktet. Varigheten er på lik måte som i situasjon A avhengig av om det gjelder lett eller tungt kjøretøy, samt statusen på kjøretøyet.
- 5) Politiet gir beskjed til VTS at tunnelen er klar for åpning. Operatør velger trafikkplan for normalisering og går gjennom kontrollspørsmål før kjørefelt gjenåpnes.

Av tidslinjene ser man at det er stor usikkerhet knyttet til forventet tid mellom punktene avhengig av hvilken situasjon som oppstår, samt hvor aktuelle aktører befinner seg i øyeblikket de blir kontaktet. En nærmere beskrivelse av forventet nedetid ved ulike hendelser er oppsummert i tabell 3, til slutt i dette kapittelet.

Ved planlagte avvik blir situasjonen styrt etter hva entreprenør skal gjøre i tunnelen. Som regel innebærer det vegarbeid eller vedlikehold. VTS vil gi beskjed om at arbeid pågår gjennom skilt og informasjon gjennom radio, samt å skilte ned hastighet eventuelt stenge av tunnelen. I dag er dette en lett oppgave som trenger få tastetrykk. I Rogfast vil det være mange kameraer som må deaktiveres for at alarmer ikke skal gå av under arbeid. Disse må deaktiveres en etter en hvis ikke det blir utviklet en form for automatikk som kan skru av alle på en gang. Videre beskrivelse av hvordan VTS løser slike utfordringer er presentert i resultatkapitlet.

Politiet som vil fungere som skadestedsleder, vil fra nordsiden ha en uttrykningstid på rundt 30 minutter fra Haugesund (Hofseth, 2014). Samtidig kan det tas hensyn til at det er patruljer i området og at uttrykningen derfor vil være noe kortere. Responstid fra sørsiden vil være noe kortere. Sunnhordaland og Hordaland består av 9 driftsenheter. Distriktet dekker 14 kommuner og har betjente kontorer alle steder utenom Utsira og Bokn (Hofseth, 2014). Haugesund politistasjon dekker Bokn, men lensmannskontoret i Aksdal er nærmest Bokn. De mest aktuelle ressursene for Rogfast på sørsiden er politistasjonen i Stavanger, samt lensmannskontor på Kvitsøy, Rennesøy og Randaberg.

Uttrykning av ambulanse på nordsiden vil også ta ca. 30 minutter ettersom det ikke er noen ambulanse på Bokn. Bokn er med på en legevaktsordning med blant annet Tysvær og Sveio, som vil si at vaktlege kan være på oppdrag andre steder i distriktet (Hofseth, 2014). Uttrykningstid fra sør vil være ca. 12 minutter fra Stavanger universitetssykehus til tunnelportal. Tiden kan bli påvirket av at ambulansene er i kontinuerlig bruk og ikke i stående i beredskap for Rogfast (Hofseth, 2014).

Tidene beskrevet i tabell under er ifølge beredskapsanalysen brannvesenets egen vurdering av innsatstid etter avstand og stasjoneringssted. Politiet, berger og entreprenør er de mest relevante tjenestene for mindre hendelser, men for oversikten sin skyld er alle redningsetatene tatt med i tabellen. Tidene oppgitt i tabellen er forventet responstid og ikke krav til responstid.

Redningsetat/redningsutstyr	Tid til Innsatspunkt fra melding er mottatt – Ingen parallelle oppdrag
Brannvesen <i>3 brannbiler fordelt på Kvernevik, Kvitsøy og Bokn</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 5-10min til innsatspunkt fra Kvitsøy - 10-12min til innsatspunkt fra Kvernevik (sør) - 15min til innsatspunkt fra Bokn - < 20-30min inn i tunnel og frem til skadested
Ambulanser	<ul style="list-style-type: none"> - 12min til innsatspunkt fra sør - 30min til innsatspunkt fra nord <p>Tid til skadested avhenger av hvor raskt skadestedsleder sikrer skadested.</p>
Politiet	<ul style="list-style-type: none"> - < 30min til innsatspunkt fra nord - < 10min til innsatspunkt fra sør <p>Tid avhenger om det er patruljer ute</p>
Berger <i>5 bergere (tabell 13)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 15-20min til innsatspunkt sør
Entreprenør <i>Stavanger</i>	<ul style="list-style-type: none"> - < 30min til innsatspunkt sør

Tabell 1 innsatstid

Tabellen under lister kort opp ansvarsforholdene til de ulike aktørene involvert i hendelser. Brann- og redningsetater, samt ambulanse blir bare involvert i større hendelser som innebærer personskade. Informasjonen i tabellen er hentet fra beredskapsanalysen og gjennom kontakt med VTS – vest.

Etat	Ansvarsforhold
Statens vegvesen	<ul style="list-style-type: none"> - Eier av tunnelen - Overvåking av tunnel og daglig drift - Inspeksjon av tunnel, teknisk vedlikehold og installasjoner - Rydde skadestedet etter en hendelse - Bistå politiet med trafikkavvikling - Utarbeide innsatsplaner og planlegge og gjennomføre øvelser
Politi	<ul style="list-style-type: none"> - Varsle VTS og de andre nødetatene - Skadestedsledelse - Etterforskning og informasjon til pårørende - Koordinere planleggingsarbeidet og gjennomføring av øvelser med andre etater - Egne innsatsplaner, kjennskap til beredskapsplaner, tunnelen og utstyr - Gi beskjed til VTS når de kan åpne tunnelen/feltet igjen
SVV VTS	<ul style="list-style-type: none"> - Styre tunnelsystemer (lys, vifter, osv.) og trafikkregulering ved hjelp av trafikklys, variable skilt, bommer, mm. - Varsle politi, redningsetater, byggherre/entreprenør og internt i Statens vegvesen (VD, region). - Informere publikum og media via automatiserte tjenester, intervjuer i radio, samt å besvare henvendelser fra publikum.
Entreprenør og bergingsressurser	<ul style="list-style-type: none"> - Klargjøre skadested for andre redningsetater - Rydde skadested etter hendelse - Bistå i berging av havarert kjøretøy - Stanse lekkasjer eller andre skadelige utslipp - Kjenne beredskapsplaner, tunnelen og utstyr - Tilsyn av tunnelen etter regelverk

Tabell 2 Ansvarsforhold

2.5 Risikobilde

Den følgende tabellen er basert på hendelser som er tatt med i ROS- og beredskapsanalysen (SVV, 2014), tidligere analyse av hendelser i tunneler (Amundsen og Engebretsen, 2004) og relevante hendelser tilgjengelige i vegloggen (ref. Resultatkapittel). Beskrivelse og forventet nedetid er basert på tidligere hendelser og kvalitetssikret av operatør fra VTS.

Hendelse	Forventet Nedetid	Beskrivelse
Bensinmangel	30min – 1t	Bil stopper opp pga. drivstoffmangel. Hvis kjøretøyet stopper i kjørefeltet er det fare for følgehendelser, fanges opp av AID (Automatisk hendelses deteksjon) og feltet kan stenges.
Punktering	30min – 1t	Bil stopper opp pga. punktering. Hvis kjøretøyet stopper i kjørefeltet er det fare for følgehendelser, fanges opp av AID og feltet kan stenges.
Svikt i styring- og overvåkingssystem	1t – 4 dager	VTS får raskt melding om delvis eller total svikt. VTS varsler driftsentreprenør og byggherrevakt. Her vil der være mange faktorer som spiller inn. Hvis entreprenør ikke har deler på lageret, må det bestilles. Må i flere tilfeller vente i noen dager på deler og at det da må kjøre brannvakt frem og tilbake i tunnel grunnet krav om manuell tilstedeværelse så lenge tunnelen ikke har overvåkning.
Kommunikasjonssvikt	1t – 4 dager	Siden tunneler styres av automatikk vil tunnelen fungere uavhengig av kommunikasjon med VTS, men VTS vil ikke kunne styre tunnelen manuelt. Ved tunnelportal er det nødstyrepener som kan brukes. For å unngå slike hendelser bygges kommunikasjon med redundans. VTS kontakter byggherrevakt ved kommunikasjonssvikt.
Feilkjøring	10 – 30min	Uønsket hendelse som kan lede til ulykke. Feilkjøring vil fanges opp av AID, tunnellop eller kjørefelt kan stenges. Operatør må se gjennom en del kamera for å være sikker på at feilkjørte biler har snudd eller er borte før åpning. Knappetunnelen har samme system og problem. Den er 8km og operatører må se gjennom alle kamera i den ene retningen før den åpnes. Prosedyrer må komme fra byggherre, men å se

		gjennom 27km med kamera kan ta mye tid.
Gående i tunnel	10min – 1t	<p>Stenger kjørefeltet inntil den vegskulderen personen går på og tilkaller politiet.</p> <p>Her må SVV ha en god dialog med politi og forklare konsekvensen av å stenge tunnelen. I dag er politi ikke alltid like flinke til å prioritere denne typen oppdrag. Hvis vi må stenge så vil det få store konsekvenser. Det er byggherre som må lage prosedyrer for om tunnelen skal stenge eller bare ett felt. Men man må spørre seg hvorfor det går folk i tunnelen. Er det en «forstyrret» person? Eller er det skade på en bil et sted som ikke er oppdaget? VTS vil som regel alltid stenge og så avklare. Hvis ikke politi kommer så snart som mulig kan det fort gå litt tid.</p>
Kollisjon med annet kjøretøy	1 – 2t	Påkjørsel bakfra er mulig ved hastighetsforskjell, spesielt i stigning, men med to felt er det som regel god forbikjøringsmulighet. Det vil være en naturlig separering mellom rask og saktegående trafikk. Ved avvikssituasjoner hvor det er tovegstrafikk i et løp er det en viss fare for møteulykker. Ved to-vegs trafikk er hastigheten redusert til 70km/t.
Kollisjon med objekt i vegbanen	30 - 50min	Objekter i vegen kan fanges opp av AID og kjørefeltet kan stenges.
Kollisjon i kryss	1 – 2t	Ruterkryss med rundkjøring er en relativt trafikksikker krysstype, hendelser er hovedsakelig bare bulkeskader. Fare for følgehendelser hvis ikke skadestedet sikres fort. Mulighet for at veien kan bli stengt pga. at hendelsen skjedde i kryss og at det ikke er passasje.
Kollisjon med tunnelvegg	1 – 5t	Nye utforminger av tunnelvegger i Rogfast og havarinisjer reduserer konsekvensene. Hvis det er lange rette strekninger etterfulgt av en sving kan vi få situasjoner hvor bilister sovner. Dette kan føre til alvorlige trafikkulykker. Veien vil være stengt i flere

		timer pga. oppmåling og kartlegging av ulykkesanalysegruppen til SVV (UAG).
Teknisk havari av kjøretøy	30min – 1t	En uønsket hendelse som kan føre til en ulykke. Stillestående kjøretøy blir fanget opp av AID og felt kan stenges.
Teknisk havari av tyngre kjøretøy	1 - 3t	Hvis det er tyngre kjøretøy så er det få tungbergere tilgjengelig og det tar generelt mye lengre tid å berge større kjøretøy enn personbiler.
Oversvømmelse	1 – 5 dager	Tunnelen bygges med betydelig fjelloverdekning (50m). For å tette hulrom og hindre innlekkasje av vann injiseres fjellet med betong i høyt trykk. Regnvann som kommer inn portalen samles opp og pumpes ut i portalområdet.
Ras	1 – 5 dager	Krav til bergsikring og geologisk kartlegging er som følge av tidligere erfaringer innskjerpet de siste årene. Tunnelen blir fortløpende kontrollert under bygging og vurderinger om bergsikring bestemmes. Bergsikring følges opp av entreprenør og en tredjeparts kontroll.
Strømbrudd	1t – 2 dager	Tunnelen får strømforsyning fra både nord og sør og er redundant. Et utfall av strømforsyning er derfor lite sannsynlig. Overvåkningssystem og sikkerhetsutstyr vil også ha nødstrømforsyning.
Utslipp/Lekkasje av farlige stoffer/gasser	1 – 2 dager	Farlig gods er samlet i en kategori og beskrevet i NUS E (Nød- og ulykkesituasjon) i beredskapsanalysen til Rogfast. VTS stenger begge løp.
Brann i Installasjoner	1 – 5 dager	Forekommer sjeldent i vegtunneler ettersom kabler ligger nedgravd. Alle kritiske kabler som ligger åpent er «brannsikre» og ingen avgir brannfarlige gasser. Tekniske rom har separate brannceller. VTS stenger

		begge løp.
Planlagt arbeid – drift og vedlikehold	1 – 8 timer	Er ikke en hendelse i seg selv men et planlagt avvik. Avhengig av hvilket arbeid entreprenør skal utføre vil felt eller løp stenges (hvor det ikke arbeides i havarifelt). Vegarbeid og vedlikehold vil i hovedsak finne sted på nattestid. Normal varighet er på 1-8 timer.
Ikke planlagt arbeid – drift og vedlikehold	1 – 8 timer	Drift og vedlikehold som må utføres kort tid etter at behovet har oppstått. Kan innebære teknisk svikt i kritiske systemer eller objekter. Normal varighet 1-8 timer. Kan forekomme i og utenfor trafikkrommet. Er svikten i teknisk rom eller i havarifeltområdet vil trafikk kunne fortsette normalt. VTS stenger feltsegment evt. løp avhengig av vedlikeholdsbehov.
Planlagt arbeid - rehabilitering	Dager til år	Gjelder større utskiftninger eller reparasjoner etter utløpt levetid på systemet eller komponenter (15-25år). Varigheten er normalt uker-måneder. Kan kreve utkobling av hele eller deler av system i tunnelen. Stenger helt løp eller felt avhengig av hvilken type rehabilitering.
Brann i personbil (5MW)	3t – 2mnd	Beskrevet og analysert i ROS- og beredskapsanalysen
Brann i Buss (30MW)		VTS stenger begge løp. Det ene løpet blir rømningsvei.
Brann i tungt kjøretøy (100MW)		Gudvangatunnelen har hatt to branner de siste årene, Skatestraum har hatt en med buss, vogntog og tankbil involvert. Begge tunnelene var stengt i flere uker/måneder etter brannene. Her vil skadene være umulig å forutse. En fullastet trailer som dundrer i tunnelveggen og brenner opp vil føre til store skader i tunnelen. Rennfast har åpnet bare noen timer etter en brann i buss/trailer, men det kan også ta mye lenger tid.

Tabell 3 Hendelser

Tabellen viser et tidsintervall av forventet nedetid for tunnelen ved en gitt hendelse. Tabellen kan brukes i oppgaven med å identifisere kritiske faktorer og videre for å vurdere tiltak for å redusere antall uønskede hendelser og tidsbruk. Frekvensen til de ulike hendelsene er ikke beskrevet i denne tabellen men er, i den grad det er mulig, estimert ut fra meldingsrapportene i resultatkapitlet. Vask og renhold av tunnelen er et planlagt avvik og er forventet å ta minst 30 netter i løpet av et år. Det vil si at det går minimum 240 timer med til helvask, halv vask og teknisk vask. Ifølge krav i driftskontrakten vil dette doble seg ved en ÅDT over 12000.

3 Teoretisk tilnærming

I dette kapitlet presenteres relevant teori som knyttes opp mot hvordan Statens Vegvesen på en best mulig måte kan håndtere forventede hendelser med hensyn til å begrense nedetid for E39 Rogfast. Leveson (2011) sin system teori blir den grunnleggende teorien i oppgaven hvor potensielle restriksjoner, kritiske faktorer og kontrollfunksjoner identifiseres i og utenfor prosjektet. Siste forskningsspørsmål har som formål å gi en beskrivelse av beste strategi for Rogfast, hvor implementering av et sett med restriksjoner og kontrollfunksjoner i Rogfast, beskrevet av Leveson(2011), er fremgangsmetoden. Viktige begreper som er sentrale i oppgaven blir også presentert i teorikapitlet. Effektivitet er et sentralt begrep innen alle forskningsspørsmålene som brukes for å vurdere godheten til eksisterende måte å identifisere og håndtere hendelser, samt å vurdere effekten av tiltak. Bruk av erfaringsdata er standard praksis i Statens vegvesen for å beskrive forventede hendelser i ny tunnel og å danne grunnlag for utvikling av tiltak. Med Rogfast som utgangspunkt er det mye usikkerhet knyttet til erfaringsdata, da det ikke finnes tunneler av en slik størrelse og art. Aven (1998) beskriver usikkerhet rundt hendelsesdata og kan bidra til å peke ut kritiske faktorer som har relevans for nedetid i tunnelen.

3.1 System

System teorien er datert tilbake til 1930 og 40-tallet og var en respons til begrensninger i analyse teknikker for å håndtere de stadig mer komplekse systemene som ble utviklet på denne tiden. I den tradisjonelle vitenskapelige metoden ble system delt inn i ulike deler for så å bli undersøkt separat. En annen type system beskrevet av Leveson (2011) kalles *organisert kompleksitet*. Disse systemene er for komplekse for en komplett analyse og for organisert for statistikk. Rogfast med sine to løp og enorme lengde har lange strekninger med stigning og fall, ramper som leder til kryss og er dimensjonert til en hastighet på 110km/t. Denne sammenfatningen av faktorer er det ingen tunneler som kan måle seg med

og vil derfor lede til mye usikkerhet rundt tidligere og nyere generert statistikk. Organisert kompleksitet representerer også er problem med utvikling av komplekse programmer. Det er stor usikkerheten knyttet til forsøk på å analysere eller generere statistikk fra slike programmer.

System teori ble utviklet nettopp for den sistnevnte typen system. Teorien fokuserer på system som en helhet, og ikke på separate deler. Den antar at en del egenskaper ved systemet bare kan bli vurdert i sin helhet, med hensyn til alle faktorer relatert til sosiale og tekniske aspekter. Disse egenskapene kommer fra en relasjon mellom delene av systemet: hvordan delene fungerer og passer sammen. Fundamentet for system teorien ligger på to par med ideer: (1)*emergence and hierarchy* og (2)*communication and control*

I henhold til denne teorien er Rogfast av en slik kompleksitet og art at en analyse bare vil kunne gi et bilde av hvordan systemet kan fungere. Teoretiske risikoberegningsverktøy og generell erfaringsdata er i utgangspunktet ikke tilstrekkelig til å gi et tilfredsstillende risikobilde av Rogfast, ettersom vi ikke har erfaringer med prosjekter på denne størrelsen. Tunnelen blir den dypeste og lengste undersjøiske tunnelen i verden hvor særskilte vurderinger utenom det vanlige må bli gjort. Statistikk kan bli generert spesifikt for Rogfast ved å se på hendelser i et utvalg av relevante vegtunneler, men det vil fortsatt være flere faktorer som vil kreve skjønnsmessige vurderinger.

3.1.1 Hierarki

En generell modell for komplekse system kan bli uttrykt i et hierarki av nivå, den ene mer kompleks enn den under, hvor nivået er karakterisert ved å ha kritiske egenskaper. I Rogfast som et system finnes ulike nivå for organisering og kontroll. VTS har blant annet ansvaret for å styre hele tunnelsystemet, samt fungere som første respons ved en hendelse. Kritiske egenskaper for VTS innebærer å kunne sikre skadestedet og omregulere trafikk på et tidlig tidspunkt, for å unngå følgehendelser. Hierarki teori handler om fundamentale forskjeller

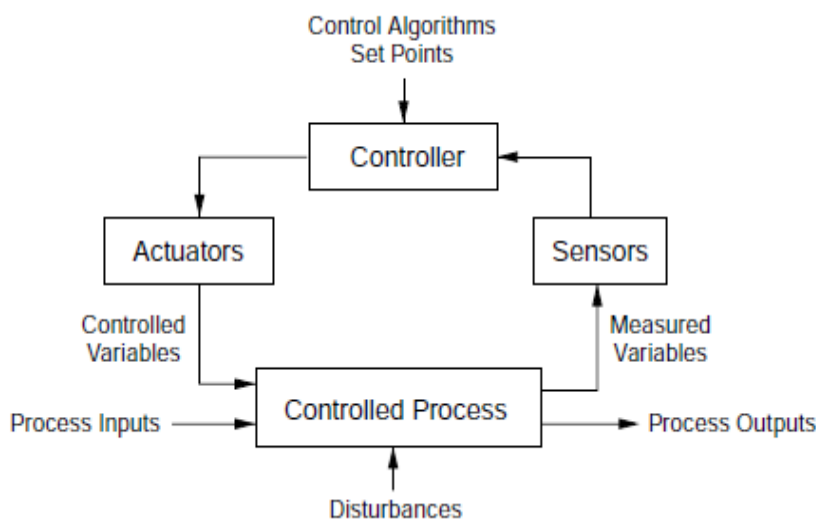
mellom et nivå av kompleksitet og et annet. Målet er å forklare relasjonen mellom de ulike nivåene: hva genererer et nivå, hva skiller dem, og hva linker dem sammen. Politi fungerer som skadestedsleder ved en hendelse i Rogfast og representerer et annet nivå i systemet. Politiet er på et mer operativt nivå og kan fungere som VTS sin forlengede arm i feltet. Alle nivå i systemet er på et vis linket sammen. Politiet, andre redningsetater og VTS må jobbe tett sammen for å effektivt kunne normalisere situasjonen. Kritiske egenskaper assosiert med et sett av komponenter på et nivå i et hierarki er relatert til hvor stor grad av frihet komponentene har. Sikkerhet er en kritisk egenskap for et system. Sikkerhet kan bare bli definert i dens fulle kontekst, ikke ved å se på en enkelt komponent (Leveson, 2011). Rogfast vil bli en høyteknologisk tunnel med omfattende trafikkplaner for trafikkstyring og ca. 13 000 objekter som skal bidra til å opprettholde sikkerheten. For at alt utstyr som blir installert i Rogfast skal ha noen sikkerhetsmessig effekt, må involverte aktører være oppdatert og ha kjennskap til hvordan utstyret skal fungere og styres.

3.1.2 Kommunikasjon og kontroll

Det andre settet med ideer i system teori er kommunikasjon og kontroll. Et eksempel på kontroll er å implementere restriksjoner på en aktivitet på et nivå i et hierarki. Fokuset på å unngå feil i system, som er vanlig i dagens sikkerhetsarbeid, er erstattet med et større konsept for å implementere restriksjoner for å unngå uønskede hendelser (Leveson, 2011). I VegRAMS som er presentert senere i dette kapitlet er blant annet et gjennomgående havarifelt og egne driftsvogner vurdert som et konsept i Rogfast for å unngå uønskede hendelser. Etablering av to-vegs trafikk uten vesentlig stopp i trafikken, er et konsept som også blir presentert i resultatkapitlet. I tillegg kommer det egne forslag til kontroll og restriksjoner som kan redusere nedetid i Rogfast. Kontroll i et åpent system (et system som har "inputs" og "outputs" fra deres miljø) er avhengig av kommunikasjon. Et åpent system er sett på som en mengde koblede komponenter som er holdt stabilt gjennom kommunikasjon av informasjon og kontroll. For å kunne kontrollere et system eller en prosess, er fire krav nevnt:

- Mål: operatør må ha et mål eller et sett av mål (oppretholde kontroll)
- Handling: operatør må kunne være i stand til å påvirke systemet. I Trafikksentralene er disse handlingene ofte implementert gjennom automatikk.
- Oversikt: operatør må ha oversikt over systemet. Kjennskap til tunnelen og planverk med prosedyrer er viktig.
- Observere: Operatør må kunne ha mulighet til å kunne observere statusen til systemet. I Rogfast blir dette gjort gjennom sensorer og kamera.

Fra tabell 2 ser vi at det er vegvesenet som har ansvar for den daglige driften og overvåkning av tunnelen. Styring og overvåkning av tunnelen gjøres gjennom vegtrafikksentraler og i region vest er denne sentralen plassert i Bergen. Overvåkning og styring av Rogfast stiller store krav til vegtrafikksentralen og deres operatører. Rogfast som et system innebærer rundt 13 000 nye objekter å ha kontroll på, nye former for trafikkstyring og høye krav til sikkerhet. Operatører må opparbeide seg kjennskap til systemet, og en stor mengde nye prosedyrer for å styre Rogfast på en forsvarlig og effektiv måte.



Figur 11 Standard kontroll sirkel (Leveson, 2011)

Figuren over viser en typisk kontroll prosess. Operatør tilegner seg informasjon gjennom observasjon eller feedback og bruker dette til å initiere en handling for å manipulere kontrollerte variabler for å holde systemet innen predefinerte mål, selv med hindringer i prosessen. For å opprettholde et åpent system må det være et sett av prosesser der det er

kommunikasjon av informasjon for regulering eller kontroll. Handlinger kan henge litt etter i deres ønskede effekt grunnet forsinkelser i signalet. Dette betyr at automatikken kan være forsinket, omtalt som dødtid. Dette gjelder både ved å motta informasjon og ved å utføre en handling. Derfor er det viktig at operatører kjenner til den nåværende statusen for kontrollsystemet for å kjenne til effekten av de ulike kontrollfunksjonene. Det har forekommet ulykker hvor operatør har trodd at det kontrollerte systemet var i en type situasjon og derfor utført feil/ikke utførte handling.

I et system som Rogfast vil feedback komme fra entreprenør, trafikanter, veginspeksjoner og gjennom sensorer som registrerer uregelmessigheter i tunnelen (kjøretøystopp, feilkjøring, gjenstander i kjørebanelen, mm.). Sistnevnte registreres gjennom software installert i kameraer som er plassert gjennom hele tunnelen. En "actuator" (aktivator) er en mekanisme som en operatør eller systemet bruker til å reagere på en situasjon. Operatør utfører disse kontrollerte variablene etter prosedyrer for å nå predefinerte mål. For en bredere beskrivelse av VTS og operatørene sin rolle henvises det til resultatkapitlet.

3.1.3 Effektivitet

Effektivitet er et begrep som uttrykker ytelsen til en enhet hvis den fungerer. Effektiviteten kan uttrykkes forskjellig med faktorer som blant annet tid og kapasitet, for eksempel:

- Tid til deteksjon
- Tid til situasjon er kontrollert
- Tid til mønstring av nødetater
- Kapasitet til en barriere

Noen indikatorer kan måles i en driftssituasjon, som tid til mønstring av nødetater.

Effektivitet har som hensikt å gi estimerer eller predikasjoner, eventuelt usikkerhetsangivelser i form av sannsynlighet. De vanligste effektivitetsparametrene er kapasitet og tid, hvor kapasitet kan uttrykkes som antall, styrke og trykk o.l.

Effektivitetsbegrepet er viktig i oppgaven for å vurdere hvordan og hvor raskt hendelser identifiseres av operatør, samt tid til situasjon er normalisert av involverte aktører. Dette er

kritiske faktorer som vil danne grunnlag for videre vurdering av forbedringspotensialet og tiltak for å effektivisere prosedyrer og utstyr for å redusere nedetid. Gjennomføringstid er den tiden det tar eller trengs for å utføre en beredskapsfunksjon- eller aktivitet.

Gjennomføringstid kan i noen tilfeller betraktes som et element av kapasitet, men tidsfaktoren vurderes som så viktig at det trekkes ut av kapasitetsbegrepet.

3.2 Pålitelighet

Påliteligheten til en enhet vil si dens evne til å utføre en tiltenkt funksjon. Denne evnen måles ved å se på om den virker eller ikke ved behov eller test i en driftssituasjon. Den målte eller observerte påliteligheten blir basert på hvor mange ganger enheten virker. I en pålitelighetsanalyse av enheten/barrieren uttrykkes påliteligheten kvantitativt med sannsynligheten for at enheten virker (f.eks. 99 av 100 tilfeller). En slik analyse utføres som regel i planleggingsfasen og som grunnlag for kvantifisering av pålitelighet brukes erfaringsdata fra lignende enheter. I driftssituasjon kan man utnytte de tilgjengelige dataene for den aktuelle enhet, hvis denne er tilstrekkelig, til å sammenligne med den målte verdi (Aven et al., 2011).

Hovedformålet med pålitelighetsanalyse er å underbygge valg av tiltak og løsninger. Den kan også brukes for å sammenligne alternativer med hensyn til pålitelighet, identifisere kritiske hendelser, identifisere effekt av tiltak og beskrive pålitelighet til et system. I Rogfast er det aktuelt å se på hvordan tiltak og løsninger for å opprettholde trafikkflyt vil fungere, og hvor det finnes styrker og svakheter. Ved å identifisere kritiske faktorer i Rogfast samt å identifisere effekten av tiltak som er planlagt eller brukt i andre system, kan man videre optimalisere påliteligheten av Rogfast som system gjennom implementering av tiltak.

I årsaksanalyser blir hendelser (kombinasjoner av feil) som fører til systemfeil kartlagt. Ofte vil systemdefinisjonen avdekke enkle og åpenbare årsaker, men ved mer kompliserte årsaksforhold må mer spesielle teknikker benyttes. Hvis formålet med pålitelighetsanalysen er å estimere påliteligheten til et system og det finnes erfaringsdata for det aktuelle systemet (eller lignende), vil årsaksanalysen straks bli mye enklere da systempåliteligheten

estimeres direkte fra statistikk. Beregning av nedetid for Rogfast er basert på erfaringsdata hvor systempåliteligheten blir estimert ut fra statistikk. Siden erfaringsdata likevel ikke blir betraktet som tilstrekkelig kan ikke pålitelighet estimeres direkte fra statistikk uten å gjøre et utvalg av erfaringsdata, samt å gjøre skjønsmessige vurderinger.

For at resultat fra analysen skal danne grunnlag for beslutninger om tiltak, designalternativer, systemmodifikasjoner osv., er det behov for en pålitelighetsvurdering. Vurderingen innebærer sammenligninger av resultat fra analysen med akseptkriterier og andre krav som er satt og har betydning for beslutninger som tas. Eventuelt må man sammenligne pålitelighet/effekten til ulike løsninger som en del av en økonomisk optimalisering. Pålitelighetsvurderingen kan innbefatte en lønnsomhetsanalyse av operasjonelle eller tekniske endringer, samt drøfting av negative og positive effekter av tiltak. I resultatkapitlet blir foreslåtte tiltak oppsummert med en kort vurdering av pålitelighet og effekt på Rogfast som et system. Begge begrepene er viktige i vurdering av tiltak for å identifisere hva som er problemet i dag og hva som er løsningen i fremtiden.

3.3 Tilgjengelighet

En høy vedlikeholdsstandard vil redusere reparasjonstidene betydelig og bedre sikkerheten (Aven, 1998). Tilgangen på personell og reservedeler er andre vedlikeholdsaspekter som påvirker tilgjengeligheten til et system/anlegg. Det finnes også vedlikeholdsstrategier som kan betraktes som en prosedyre for vedlikeholdsarbeid i et system. I tabellen nedenfor er tre vedlikeholdsstrategier kort presentert med tilhørende fordeler og ulemper.

Vedlikeholdsstrategi	Fordeler	Ulemper
<p>Age replacement: Bytter komponenter ved feil eller på et forhåndsbestemt tidspunkt «u», avhengig av hva som kommer først. Hvis vi snakker om f.eks. et lysrør kan det være aktuelt med $u = 1\text{år}$.</p>	Bytter bare ødelagte komponenter	Må holde oversikt over alle feiler samt tidspunkt på bytte
<p>Block replacement: Bytter komponenter ved feil OG på faste tider ($u, 2u, 3u..$ osv)</p>	Trenger ikke å holde oversikt over bytter og feil.	Noen «unge» komponenter blir byttet ut
<p>Minimal repair block replacement: Bytter komponenter ved faste tider ($u, 2u, 3u..$). Feil som forekommer mellom byttene blir reparert med en «minimal repair».</p>	Bare gamle komponenter blir byttet ut, og man trenger ikke holde oversikt over tidspunkt utenom de faste tidene.	Kan være mer lønnsom eller dyrere enn de andre metodene, avhengig av kostnadene på reparasjoner.

Tabell 4 Vedlikeholdsstrategi

Tilgjengelighet kan forklares som den forventede del av tiden et system eller en komponent fungerer (Aven, 1998), altså opptiden til tunnelen eller objekter i tunnelen i dette tilfellet. Riktig vedlikeholdsstrategi kan økte tilgjengeligheten av tunnelen for brukere. Det er mulig å

finne frem til antatt beste vedlikeholdsstrategi hvis man har kontroll på forventet kostnad per bytte av komponent og forventet tid mellom bytte. Rogfast har i prosjekteringsfasen ikke utviklet en foreløpig strategi for vedlikehold foruten det som står beskrevet i «Drift og vedlikehold av tunneler» i driftskontrakt for Stavanger. Ved implementering av tiltak innen drift og vedlikehold kan en form for vedlikeholdsstrategi tas i bruk for å ha kontroll over alle komponentene i tunnelen som videre kan begrense mengden uplanlagte hendelser relatert til drift og vedlikehold som fører til nedetid.

3.4 VEGRAMS

SVV har i løpet av 2014 tatt i bruk en ny metodikk, VegRAMS-analyse, for å vurdere standard på tunnel opp mot vedlikehold, drift, sikkerhet og oppetid. VegRAMS-analyse vil sammen med ROS-analysen gi et bedre grunnlag for valg av standard enn man har hatt tidligere (Norconsult, 2015). RAMS er en forkortelse for: Pålitelighet(R), Tilgjengelighet(A), Vedlikehold(M) og Sikkerhet(S). VegRAMS har anvendelsesområder knyttet til utvikling av nye løsninger og konsepter, endringer som påvirker drift og vedlikehold, sammenligning av virksomheter, endringer i tekniske løsninger og vurdering av risiko (Søvik, 2015).

Ved oppstart av prosjektering av E39 Rogfast fremmet Norconsult forslag til å forbedre oppetid og sikkerhet for tunnelen. Forslagene ble vurdert og videreutviklet i VegRAMS-prosjektet i Rogfast. Vegdirektoratets prosjektgruppe for utvikling av VegRAMS for tunneler deltok i arbeidet. Vurderinger ble gjort for alternative tunnelprofiler (0,1,2,2b), seksjonering med trafikale tverrforbindelser (1-4), samt tilknyttede tekniske løsninger. Vurderingene i VEGRAMS inneholder trafikkavviklingsforhold og trafikkstyring, drift og vedlikehold, kostnader og tunnelens oppetid (Norconsult, 2015).

VegRAMS brukes som et risikoanalyseverktøy for å generere strategier, hvor drift- og vedlikeholdsfunksjoner skal ha en mer sentral rolle i prosjektering, planlegging, bygging og rehabilitering av tunneler. VegRAMS sikrer involvering fra drift- og vedlikeholdsfunksjonen i en tidlig fase og legger, gjennom formell dokumentasjon, grunnlag for oppfølging og avviksbehandling. Oppetid i tunneler innføres som en kvalitetsparameter med mål og

rutiner, informasjon om levetid og effekten av tiltak for å optimalisere driften av tunnelen (Søvik, 2015). Målet er å sikre at nye og rehabiliterte vegtunneler har god pålitelighet, samt høy tilgjengelighet for trafikantene.

For vedlikehold presenteres organisering av et utenom det vanlige driftsopplegg med driftsvogn og egen «mini-VTS». Bakgrunnen for VegRAMS og denne masteroppgaven er utfordringer relatert til oppetid, hvor vedlikehold av tunnelen er en kritisk faktor.

Hovedarbeidsoppgaver for drift og vedlikehold presenteres med vurderinger av hvordan arbeid i trafikkert tunnellopp vil fungere i de ulike alternativene, samt en kort beskrivelse av hvordan arbeidsoppgavene kan utføres. Med hensyn til drift/vedlikehold, rehabilitering og hendelser tar VegRAMS også for seg konsekvenser for oppetid og kostnader for de ulike alternativene. Konsekvenser for oppetid er i VegRAMS hovedsakelig basert på planlagt hendelser.

3.5 Hendelsesdata

Hendelsesstatistikk kan blant annet brukes til å gi grunnlag for prioriteringer og effekten av tiltak, samt å analysere årsaker til ulykker (Aven, 1998). Statistikk over alle ulykker for en aktivitet innen forskjellige kategorier (materielle skader, personskader, tap av liv, brann, m.m.) gir et bilde av omfanget til hendelsesproblemet. Hvis statistikken er knyttet til tidsperioder, vil man kunne se utvikling over tid. Ved å dele inn hendelsesdataene i undergrupper, kan man få mer detaljert informasjon. For å kunne bruke undergrupper må det være en viss størrelse på datamaterialet. Jo mer materiale desto finere inndeling kan man ha (Aven, 1998). Vi har ingen spesielt god nasjonal hendelsesstatistikk relatert til vegtunneler. Relevante og korrekte hendelsesdata er viktig for at analyser skal opprettholde høy kvalitet. Det er derfor viktig å bedrive en kontinuerlig registrering og innsamling av hendelsesdata (Aven, 1998).

Man skal likevel være forsiktig med å trekke slutninger basert på statistisk materiale. Den fremtidige situasjonen kan være veldig forskjellig fra det statistikken bygger på i dag. Direkte bruk av statistikk til å si noe om fremtidens risikobilde kan gi feil konklusjon (Aven, 1998). Å

sammenligne hendelsessfrekvenser mellom ulike aktiviteter eller programmer som ikke bruker samme metode for rapportering, kan være komplisert. Det vil kunne være forskjellige terskler for rapportering av spesielt små hendelser eller skader som kan gi store utslag på totale antall hendelser. I analyse av meldingsrapportene i resultatkapitlet hentet fra vegloggen, sammenlignes noen av kategoriene med hendelsesdata fra det forrige rapporteringssystemet, MERKUR, i et forsøk på å gi et bedre bilde av hendelsesfordelingen og årsakssammenhenger. Statistikk vil dessuten aldri eller sjeldent være helt komplett, enkelte hendelser som skulle vært rapportert vil bli utelatt av en eller annen grunn. Et slikt problem vil avhenge av kvaliteten på rapporteringssystemet som blir brukt.

Tilfeldige variasjoner kan gi store utslag på resultatene dersom man har mindre datagrunnlag. Spesielle metoder innen statistikk kan brukes for å teste om det er tilfeldige variasjoner eller om hendelsessfrekvensen er signifikant. Det er først og fremst store eller sjeldne hendelser som skaper store variasjoner i risikotallen. De siste årene har det vært en betydelig oppgradering av tunneler i regionen. Noen av tiltakene innebærer planlagt arbeid i tunnel som varer helt opp til to år. En slik mengde vedlikehold vil gi store utslag på omfanget av redusert fremkommelighet. Meldingsrapportene som blir brukt i denne oppgaven er betydelig påvirket av dette vedlikeholdsarbeidet og gjør at noe av statistikken ikke vil være anvendbar for nye tunneler som Rogfast. Man bør derfor være forsiktig med å trekke konklusjoner fra data med statistikk fra korte intervaller. Hvis statistikken er over flere år er det større muligheter for at dette kan ha jevnet seg ut (Aven, 1998).

Analyse av utviklingen av hendelser over tid kan gi innsikt i årsakssammenhenger. Ved å innføre endringer i et system, som f.eks. nytt utstyr, nytt kjøremønster eller andre omlegginger, kan man observere om det forekommer endringer i hendelsessfrekvensen over tid etter endring. Ved etablering av to-vegs trafikk uten at tunnelen er tømt, skapes nye risikomoment som må vurderes opp mot reduksjon av nedetid.

Statistisk materiale som mangler kilde og forutsetninger, er av en liten verdi. Det må komme frem hvilke hendelser som er tatt med innenfor de ulike hendelseskategoriene. For å velge

riktige forebyggende tiltak er det nødvendig med innsikt i hendelsesårsakene. Selv med lite datagrunnlag kan det ved hjelp av granskning genereres effektive tiltak. I denne oppgaven er datagrunnlaget relativt lite, men samtidig kategorisert og valgt ut fra relevante tunneler.

Data over nesten-hendelser kan også gi innsikt til forhold som er farlige og videre gi ideer til forebyggende tiltak. Antall nesten-hendelser er som regel en god del større enn faktiske hendelser, og nesten-hendelser vil derfor bidra til et økt informasjonsgrunnlag for uønskede hendelser. Aven (1998) skriver at undersøkelser av slike nesten-hendelser tyder på at slike hendelser kan gi en god oversikt over hvor hendelser kan ventes å inntreffe, men ikke gi et tilstrekkelig bilde av frekvensen på hendelsene. Det er viktig å få belyst hvor stor skaden kunne ha blitt i verste fall. Samtidig kan man få et bilde av hvordan implementerte tiltak eventuelt hindret hendelsen i å utvikle seg til noe mer alvorlig.

4 Metode

I dette kapitlet vil jeg gjøre rede for hvilken tilnærming og metode jeg har benyttet meg av for å besvare oppgavens forskningsspørsmål og problemstilling. Metodekapitlet sin oppbygning er basert på en tidligere prosjektoppgave i faget «Kvalitative metoder» ved UiS. Forskningsspørsmålene i oppgaven er rettet mot å identifisere forventede hendelser, usikkerhet knyttet til hendelsene, håndtering av mindre hendelser og andre kritiske faktorer relatert til å begrense nedetid. Rogfast er i prosjekteringsfasen hvor konsept for drift, vedlikehold og styring av tunnelen bare er under utvikling. Ved å identifisere kritiske faktorer skal jeg presentere et sett med restriksjoner og kontroll basert på Leveson(2011) sin system teori, som kan bidra til å optimalisere oppetiden til Rogfast. Metodekapitlet beskriver i mer detalj min forskningsstrategi, hvordan jeg samler inn data, hvilke data jeg tar i bruk, datareduksjon, samt styrker og svakheter ved studiet. I oppgaven har jeg valgt en kvalitativ tilnærming, altså et erfaringsbasert studie.

4.1 Forskningsstrategi

Forskningsstrategi skal tilføre logikk eller et sett av prosedyrer for å svare på forskningsspørsmålene. For å beskrive fremgangsmetoden i denne oppgaven har jeg utviklet en planleggingsmodell for identifisering av problemer og valg av nye løsninger:

1. *Mål og krav:* Målet med oppgaven er å identifisere forventede hendelser og utvikle løsninger som vil redusere nedetid, i form av redusert fremkommelighet og midlertidig stengt løp i Rogfasttunnelen. For å identifisere kritiske faktorer knyttet til nedetid i Rogfast har jeg vært i kontakt med nøkkelpersoner og aktuelle aktører som sitter med relevant kunnskap. I oppgaven er det ikke satt et definitivt krav om minimum nedetid grunnet stor usikkerhet knyttet til forventet nedetid, men det skal komme tydelig frem i beskrivelsen av tiltaket at løsningen vil ha en positiv effekt på oppetiden i tunnelen.

2. *Analyser:* For å nå målet har jeg analysert de aktuelle aktørene og samhandlingen mellom disse for å finne kritiske faktorer og forbedringspotensialet som kan optimalisere oppetiden. Vegtrafikksentralene i region vest og øst har vært hovedinformasjonskildene mine i forhold til identifisering av forventede hendelser. I tillegg til å grave dypere i deres prosedyrer for trafikkstyring, har hendelsesdata fra meldingsrapporter blitt kvalitativt analysert for å danne et bilde av forventet nedetid.
3. *Løsninger/alternativ:* Alternativer til drift, vedlikehold og generell optimalisering av tilgjengeligheten til tunnelen er presentert i VegRAMS – analysen. Alternativene som utvikles av konsulent er ikke presentert som løsninger, da de ikke er utviklet av meg, men heller som status i dag. Løsninger som presenteres i oppgaven tar utgangspunkt i mine analyser av aktuelle aktører, hendelsesdata og konsept for å opprettholde trafikkflyt i Norge og Stockholm. Løsningene blir redusert til spesifikke operasjonelle funksjoner. Arbeidet med å utvikle løsninger er ikke fritt for begrensninger. Faktorer som ressurser, regelverk, informasjon, tid og kunnskap er tatt med i vurderingen av tiltakene.
4. *Vurdering og implementering:* Løsninger som er identifisert og utviklet må vurderes i forhold til usikkerheten i fremtidig trafikksituasjon i Rogfasttunnelen. Tiltakene må også vurderes opp mot kostnader og sikkerhet, hvor økte kostnader og risiko vurderes opp mot redusert nedetid.

4.2 Datatyper og datakilder

Blaikie (2010) skiller mellom tre typer data som kan benyttes i forskning: Primære, sekundære og tertiære data. Primærdata er data samlet av meg selv som videre analyseres og formidles i presentasjon av oppgaven og senere i resultatkapitlet. Styrken med denne formen for data er at jeg selv er involvert, kan vurdere kvaliteten av datamaterialet, og sikre at de er riktige og relevante for oppgaven. Primærdata er hentet inn gjennom intervjuer, samtaler og møter med nøkkelpersoner og relevante aktører. I møtene var jeg observerende deltaker, som vil si at jeg ikke hadde anledning til å stille spørsmål relatert til min oppgave og problemstilling. Gjennom møtene fikk jeg likevel kontakt med nøkkelpersoner som jeg på et

senere tidspunkt kunne kontakte gjennom Lync (Skype). Intervjuene av personer fra Statens vegvesen ble i hovedsak gjort gjennom skypesamtaler, mens andre informanter ble intervjuet på ryfast-riggen etter avtale.

Sekundærdata er statistikk eller lignende råmateriale som har blitt samlet av andre. I denne oppgaven har sekundærdata blitt brukt i form av fem meldingsrapporter fra fem norske tunneler som er betraktet som de mest relevante tunnelene i forhold til Rogfast.

Meldingsrapportene ble hentet ut etter forespørsel fra Norconsult, men er analysert av meg helt uavhengig av konsulenten. Meldingsrapportene ble hentet ut på «Nivå 2» som omfatter ikke planlagte avvik. Rapportene er mitt utgangspunkt for å lage et bilde av forventede hendelser og nedetid i Rogfast.

Tertiærdata er sekundærdata som har blitt analysert av noen andre. Jeg har brukt tertiærdata i form av analyser, rapporter og styringsdokumenter fra Statens vegvesen, samt dokumenter jeg har fått tilsendt av nøkkelpersoner. Hoveddatakilden i denne oppgaven er mine informanter. En kombinasjon av dokumentanalyse, intervju og statistikk gir meg imidlertid et bredere spekter i analyser hvor jeg også kan kvalitetssikre eller sammenligne den informasjonen jeg får med håndfaste data og egengenerert statistikk.

4.3 Datainnsamling

Ifølge Blaikie (2010) bør det vurderes hvilken form datamaterialet skal samles inn og analyseres på. Valget er mellom å benytte et utvalg av en populasjon eller en hel populasjon. Kvalitativ forskning er ressurskrevende men det gir dybde og detaljer til et mindre utvalg. Når det gjelder forskningsspørsmålene mine er kvalitative data mest tilgjengelige og anvendes for å besvare spørsmålene. For å kunne svare på første forskningsspørsmål, hvordan hendelser identifiseres og beregnes samt usikkerhet knyttet til hendelsene, var det nødvendig å opprette kontakt med vegtrafikksentraler. I utgangspunktet kontaktet jeg bare VTS – vest men senere også VTS – øst da det ble klart at sentralene har forskjellige måter å registrere og håndtere hendelser på. Aktuell informasjon ble samlet inn gjennom et møte med VTS – vest, samt gjennom Lync intervju med både VTS – vest og øst. Siden vi jobber for

samme etat er det en fordel å ha kontakter som jeg kan henvende meg til hvis det dukker opp spørsmål i etterkant av intervju. Mine kontakter i VTS ga tydelig beskjed at de kunne kontaktes om det skulle være noe mer som trengtes svar på.

Det andre forskningsspørsmålet er rettet mot å lære av andre, spesielt hvordan de håndterer hendelser for å redusere nedetid. Gjennom kontakt med VTS kom jeg over konsept som trippelvarsling og vaktbilordning som ble tatt videre og vurdert som potensielle løsninger i resultatkapitlet. I Stockholm har vi Södra og den nye Norra länken som er betydelig kortere, men mer trafikkerte tunneler. De har sammen med Stockholm by utviklet et beredskapskonsept som involverer flere «first responder» enheter som skal opprettholde trafikkflyten i tunnelene. I motsetning til andre konsept under utvikling er dette et konsept som allerede er tatt i bruk, og det var derfor lettere å samle inn data. Konseptene har blitt analysert for å identifisere kritiske faktorer som kan begrense nedetiden i Rogfasttunnelen. Det har dannet grunnlag for å videreutvikle et konsept presentert i kapittel 5.4.

Gjennom hele masteroppgaveprosessen og datainnsamlingen har jeg tatt i bruk nettverket i Statens vegvesen. Hver gang jeg har hatt en samtale med en kontakt i SVV har jeg fått 1-2 nye navn, som videre kunne bidra med rettleiding eller informasjon som jeg trengte. Ved å opprettholde dialog med mine kontaktpersoner, supplert med andre nøkkelinformanter i etaten, får jeg dannet meg et mer oversiktlig bilde av prosesser og ansvarsforhold innad i Statens vegvesen og i Rogfastprosjektet. Dette har vært spesielt nyttig i arbeidet med å utvikle løsninger/tiltak hvor de fleste kontaktene har noen tanker om hva som kan gjøres, eventuelt kunnskap om muligheter og utfordringer knyttet til aktuelle tiltak.

4.3.1 Gjennomføring av intervju

For å utnytte kunnskapene og erfaringene til informantene har jeg benyttet meg av en semi-strukturerte intervjuguide. Spørsmålene jeg har stilt har variert og blitt tilpasset etter hvem jeg har intervjuet. Under intervjuene stilte jeg ofte følgespørsmål som passet inn, samtidig som jeg merket at andre spørsmål overlappet. De fleste intervjuene gled ut i en samtale hvor informantene kunne komme med det de hadde av kunnskap og erfaring. Jeg brukte en guide

i intervjuene med VTS og med Falck Vägassistans. De resterende «intervjuene» kan klassifiseres som samtaler.

På intervju med VTS – vest/øst hadde jeg i utgangspunktet samme intervjuguide, men med noen forhåndskunnskaper om forskjeller i daglig drift og operasjoner kunne intervjuguiden tilpasses. Bedre kjennskap til VTS – vest enn VTS - øst gjorde at flere følgespørsmål var nødvendig i intervju med sistnevnte. Siden intervjuene ikke ble foretatt på samme tid har jeg også hatt anledning til å legge til spørsmål som har blitt relevante gjennom det første intervjuet med VTS – vest. I disse intervjuene ble guiden sendt på forhånd slik at representantene fra VTS kunne forberede seg og reflektere litt over spørsmålene, eventuelt bare ha spørsmålene foran seg når vi hadde samtalen.

Før alle intervjuene har informantene blitt informert om min problemstilling i masteroppgaven, min rolle i SVV og min hensikt med dem som informanter. Ved å informere i forkant sparer jeg mye tid ved å slippe å forklare og avklare ting under intervjuet. Jeg mener også at det var etisk riktig at jeg oppgav min hensikt og rolle ettersom jeg sendte forespørsel gjennom min jobbmail. Selv om oppgaven skrives hos SVV, så er det hovedsakelig for min masteroppgave at jeg kontaktet dem.

4.4 Datareduksjon

Noen forventede hendelsene har større konsekvenser enn andre og vil garantert føre til stenging av ett eller begge løp, eksempelvis brann i vogntog/buss/bil. Fokuset i oppgaven vil hovedsakelig ligge rundt de hendelsene som er av en liten til middels alvorlig art, som kan føre til redusert fremkommelighet, eventuelt stenging av løp.

Prosjektet er i planleggingsfasen hvor forventet åpning er i 2025. Hele oppgaven og prosjekteringen i seg selv har mye usikkerhet knyttet til seg, da mye kan endre seg over en periode på 9 år, spesielt på den teknologiske siden. Usikkerhet blir på ingen måte utelukket fra oppgaven, men må gi rom for antagelser slik at oppgaven har et utgangspunkt. Blant

annet tar oppgaven utgangspunkt i trafikkprognosen for Rogfast med en ÅDT på 5850 ved åpning og ÅDT 13000 i 2045.

Det finnes andre store prosjekter som har, eller jobber med å utvikle konsepter for å opprettholde trafikkflyt i tunnel. Ved å se på andre prosjekter har jeg fått innsikt i hvilke faktorer som er mest kritiske for oppetid og som også kan gjelde for Rogfast. Ryfast, som er naboprojektet til Rogfast, er et naturlig prosjekt å sammenligne med. Ryfast må gjennom samme prosess som Rogfast med tanke på samarbeid med VTS – vest og har nesten de samme utfordringene i forhold til lengde på tunnelen. Foreløpig har prosjektet ikke noe utviklet sikkerhetskonsept å vise til.

Fehmarn belt er et meget aktuelt prosjekt å sammenligne med, men på lik linje med Rogfast er det i prosjekteringsfasen. Det er for øyeblikket usikkert om de har fått på plass leverandører av rådgivertjenester innen sikkerhet-/beredskapsplanlegging. Det har på tross av flere forsøk ikke vært mulig å komme i kontakt med personer i prosjektet som kan gi en dypere innsikt i prosessen rundt beredskapsplanlegging eller sikkerhetskonsept utenom det som ligger tilgjengelig på nettsidene. Jeg har blitt tilbudt å møte dem i København for en nærmere samtale, men av økonomiske grunner har ikke dette vært aktuelt.

4.5 Styrker, svakheter og begrensninger

E39 Rogfast er fortsatt i planfasen, noe som kan føre til at spørsmål som er relevante nå ikke nødvendigvis er like relevante om noen måneder. Det ble for eksempel i Høst 2015 bestemt at tunnelprofilen skulle være T10.5 i stedet for T14.3, som vil gi andre forutsetninger for drift- og vedlikeholdsplanlegging. Rogfast nærmer seg slutfasen av prosjekteringen og sjansen er liten for at det kommer noen endringer som har stor nok betydning for å endre problemstilling eller forskningsspørsmålene.

I prosjektoppgaven benytter jeg meg av tertiærdata og Primærdata, supplert med noe sekundærdata. Bruk av bare tertiærdata øker avstanden mellom forsker og den faktiske kilden til dataen. Dette kunne i utgangspunktet betraktes som en svakhet, men gjennom

kontakt med aktuelle nøkkelpersoner har oppgaven fått det som trengs av kvalitetssikring. Samtidig mener Jacobsen (2010) at en «innsider» har lettere for å vurdere kvaliteten på informasjonen fra tertiærdataene.

For å kunne komme frem til antall hendelser og forventet fordeling av hendelser i tunnelen ville det vært optimalt å ha rådata i form av en logg fra VTS. Norconsult fikk tidlig beskjed om at det ikke var tilgjengelige ressurser for å hente ut loggen og at loggen ikke var tilstrekkelig for å lage nødvendig statistikk. Senere har imidlertid VD kommet med data fra vegloggen som gjorde det mulig å hente ut råmateriale i form av meldingsrapporter. Dette er i utgangspunktet ikke nok til å gi et komplett risikobilde for Rogfast og andre lange undersjøiske tunneler, men kan gjennom en kvalitativ analyse gi et bilde på forventede hendelser i Rogfast.

Jacobsen (2010) mener det er både fordeler og ulemper ved å studere egen organisasjon. Fordelene er naturligvis førstehåndskjennskapen man har til det man studerer og som kan deles inn i følgende:

1. Lettere tilgang til informasjon gjennom kjennskap til personer og hvor informasjon befinner seg. En «innsider» vil også møte større tillit og åpenhet enn utenforstående.
2. Kjennskap til uformelle strukturer og språk som benyttes i organisasjonen.
3. Kjennskap til organisasjonens historie. Fortellinger og hendelser kan plasseres i en sammenheng.

Som «innsider» er ulempen at man kan ha utviklet «blinde flekker». Det kan være vanskelig å holde den nødvendige kritiske avstanden til det man studerer. Jacobsen (2010) nevner også at:

- «Innsidere» kan bli møtt med mistenksomhet selv om man prøver å holde en nøytral stilling.
- Man kan sensurere kritiske synspunkter fordi man ønsker å jobbe videre i eller komme tilbake til samme organisasjonen.

- Man oppsøker uformelle strukturer man har kjennskap til og overser informasjon fra deler av organisasjonen man ikke er fullt integrert i.

Så lenge man ikke ønsker å «bevise» at noe er galt eller vet at man vil bli møtt med mistanke, vil det å studere egen organisasjon ha så mange fordeler at det ikke bør avises (Jacobsen, 2010). Jeg er såpass ny i organisasjonen at jeg ikke har noen problemer med å ta et steg tilbake og vurdere organisasjonen kritisk. Samtidig er ikke det å vurdere SVV eller selve prosjektet formålet med studiet. Formålet er å bidra teoretisk til å optimalisere oppetiden i Rogfast med hensyn til tidligere nevnte utfordringer. Med den bakgrunnen var jeg relativt sikker på at jeg slapp å møte etiske utfordringer i forhold til sensurering av informasjon eller kritiske synspunkter. Siden jeg er sønn av prosjektleder og insider i SVV er det likevel, ifølge Jacobsen (2010), viktig at jeg reflekterer over min posisjon som forsker og ansatt og eventuelle problemer jeg har møtt gjennom prosessen.

Jeg mener at valget av problemstilling er en styrke i seg selv. Jeg har fått muligheten til å jobbe deltid hos Statens vegvesen ved siden av studiet og er blitt bedre kjent med prosjekteringsprosessen til E39 Rogfast. Dette gjør det lettere for meg å finne forskningsspørsmål som er relevante og gir en oversikt over hvilke dokumenter som er gjeldende, noe som jeg har tatt med meg når jeg har analysert andre dokumenter. Jeg har opparbeidet meg en interesse for tunnelssikkerhet/beredskapsplanlegging og selve prosjektet Rogfast som gav meg motivasjon til å utvikle arbeidsoppgaver videre til en masteroppgave. Beredskap er, som Perry og Lindell (2003) poengter, en kontinuerlig prosess og må bearbeides fortløpende. Det vil si at funnene jeg har gjort, om de ikke blir direkte gjeldende for Rogfast, kan bidra på en eller annen måte til fremtidig sikkerhets- og beredskapsplanlegging i andre prosjekter.

5 Resultat

Resultatkapitlet summerer opp alt aktuelt innhold fra datainnsamlingen, fordelt i fire forskjellige delkapitler. «Status i dag» beskriver hvordan dagens praksis er for vegtrafikksentralene og hvor langt konsulent sammen med prosjektgruppen er kommet i utviklingen av Rogfastprosjektet. Videre tar «Kritiske faktorer og usikkerhet» for seg faktorer som ha en innvirkning på oppetiden i Rogfasttunnelen. Etter at de kritiske faktorene er identifisert og beskrevet har jeg pekt ut faktorer som har et forbedringspotensial i forhold til redusert nedetid i Rogfast. I det siste delkapitlet presenteres et sett av mulige restriksjoner og kontroll-tiltak som skal kunne bidra til å redusere antall hendelser og begrense nedetid i Rogfasttunnelen.

Forventet mengde nedetid kan beregnes ut fra den informasjonen som er tilgjengelig gjennom analyse av meldingsrapportene. Vask og renhold av tunnel er antatt å kreve minimum 8 timer i 30 netter hvert år med utgangspunkt i en årsdøgntrafikk på 5850. Av tabell 8 ser man at analysen av meldingsrapportene tilsier ca. 100 uønskede hendelser med en gjennomsnittstid på 1,13 timer. Et lavt anslag på timer med nedetid i Rogfast blir da rundt 350. Dette tallet vil være betydelig høyere ved en ÅDT på 13000, da vask og renhold vil kreve dobbelt så mye tid. Samtidig vil også tid til normalisering av trafikkavviklinger være betydelig høyere i en tunnel med en lengde på 27km.

5.1 Status i dag

Dette delkapitlet er en sammenfatning av dokumenter og intervju/møter som beskriver dagens status for prosjektet, prosedyrer for trafikkstyring og tilgjengelig hendelsesdata som danner grunnlaget for videre arbeid med tiltak og løsninger.

VegRAMS vurderingen ble utført for 2 alternative tunnelprofiler i forhold til nullalternativet fra reguleringsplanen (supplert med et ytterligere alternativ mot slutten av prosessen). Den

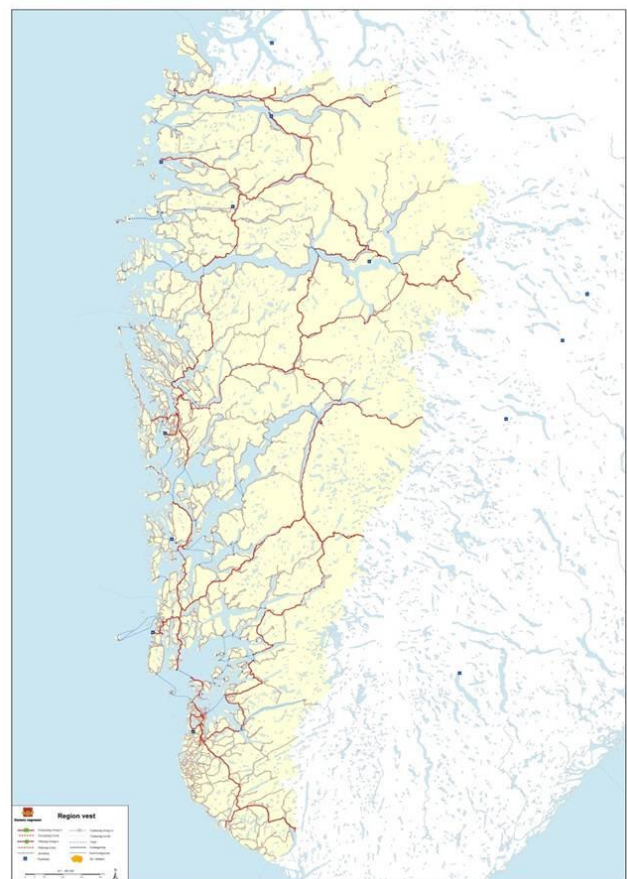
inneholdt i tillegg en vurdering av seksjonering av tunnelen med trafikale tverrforbindelser. Oppetid, trafikkavvikling, trafikkstyring, kostnad, sikkerhet, drift og vedlikehold er nøkkelford i denne vurderingen som er utført av Norconsult og SVV sin driftsseksjon.

Vurderingen starter med en kort beskrivelse av detaljene rundt de ulike alternativene og seksjoneringen av tunnelen med trafikale tverrforbindelser. Vurderingen av antall trafikale tverrforbindelser ble gjort uavhengig av tunnelprofil. Tegninger som viser utformingen av de trafikale tverrforbindelsene for de ulike alternativ ligger vedlagt til slutt i vurderingen. De gir et tydelig bilde på hvordan de forskjellige løsningene er tenkt utformet. En utfordring ved å ha flere trafikale tverrforbindelser, er antallet brannplaner som må utarbeides. I tillegg vil enkelte tverrforbindelser havne i stigninger, noe som er ugunstig for tunge kjøretøy. Det å ha slike forbindelser i en tunnel med dimensjonert hastighet på opptil 110km/t er også en risiko som man ikke har erfaringer med. ROS analysen nevner noen tiltak, men ikke fysiske tiltak som hindrer hendelser i normalsituasjon. Erfaringer fra VTS tilsier at det er en utfordring å få kjørbare tverrforbindelser til å fungere. Mange tverrforbindelser i Region øst har blitt murt igjen grunnet manglende sikkerhetseffekt i forhold til risiko ved hendelser som brann. VTS – vest har ingen erfaring med kjørbare tverrforbindelser og legger ansvaret for en slik vurdering til konsulenten. Den dagen automatikken svikter må alt dette styres manuelt. Flere tverrforbindelser vil også kreve mer i forhold til programmering og trafikkstyring. VegRAMS vurderingen av trafikale tverrforbindelser førte til at det ble gjennomført en egen analyse av trafikale tverrforbindelser i Rogfast. Konklusjonen i analysen var at tidsbesparelsene ikke veier opp for den økte kostnaden, risikoen ved oppheving/iverksettelse av tovegs trafikk og økt antall brannplaner. Resultatet ble at videre planlegging av drift, vedlikehold og beredskap skjer med utgangspunkt i at ruterkrysset ved Kvitsøy blir den eneste tverrforbindelsen mellom tunneløpene.

I VegRAMS er det fire delutredninger som går på trafikkavvikling, ventilasjon, tekniske løsninger og driftsopplegg. Av delutredningene er analyse av driftsopplegget mest omfattende. I utredningen vurderes behovet for etablering av egen driftsorganisasjon og «mini-VTS» for Rogfast. Vedlikehold innebærer inspeksjoner, planlagt vedlikehold, ikke planlagt vedlikehold samt rehabilitering (ref. tabell 3). Det store arbeidsomfanget kan ifølge VegRAMS-rapporten gjøre det aktuelt med spesialdesignede drift- og vedlikeholdsenheter. Et slikt konsept ble vurdert for de ulike alternativene med beskrivelser og tegninger for hvordan arbeidet skulle utføres med trafikk i tunnel. Arbeid i trafikkert tunnel er i utgangspunktet ikke tillatt (håndbok R512 HMS). Spesielle tillatelser eller en regelverksendring er nødvendig for at en slik løsning skal kunne øke opptiden i Rogfast. Driftsopplegget presentert i VegRAMS er basert på at alternativ 2 eller 2b med gjennomgående havarifelt blir gjeldende for prosjektet. Da dette ikke var tilfelle utgår denne løsningen, men konseptet kan bli tatt videre og bearbeidet dersom nye forutsetninger kan gjøres gjeldende.

5.1.1 Trafikkstyring

Arbeidsoppgavene til Vegtrafikksentraler er å ha oversikt over risiko-, trussel- og sårbarhetsbildet for vegnettet, samt å koordinere på tvers av sektorer med beredskapsplanlegging. Oppgavene innebærer å forebygge uønskede hendelser, redusere konsekvensene av disse hvis de oppstår og sikre samfunnets transport- og kommunikasjonsbehov. Målet er å opprettholde god framkommelighet og høy



Figur 12 Region vest (Statens vegvesen, 2016)

trafikksikkerhet på vegnettet.

VTS – vest opererer 24/7 med 3 skift med totalt 24 operatørers. Totalt er det 33 ansatte på i VTS. Bemanningsbehovet varierer etter planlagte avvik eller hendelser (kriser, uvær). Det er aldri mer enn 8 personer på jobb samtidig. På dagtid kan faggruppetledere steppe inn i avvikssituasjoner, siden de har erfaring. Operatører som skal kunne jobbe for VTS – vest må gjennom 10 måneder med opplæring som operatør, hvor de får opplæring i geografi, tekniske systemer, prosedyrer og planverk. En operatør vil ikke være helt «trygg» før etter 2 år med opplæring og erfaring. Hos VTS – øst er det et særkrav at når en ny tunnel åpnes, skal operatører ha vært der og sett hvordan tunnelen ser ut. Deretter skal operatør dra tilbake til VTS og teste tunnelen med simulator. En UAT (User Acceptance test) må være gjennomført før tunnelen åpnes. Kravet er å få testet simulator i tunnelen 14 dager før åpning (24 operatører må gjennom simulatortesten).

VTS vest er den trafikksentralen med størst hendelsesvolum og er en av Norges største automasjonsentraler. VTS – vest har ansvar for ca. 240 tunneler og ca. hvert halve minutt går det en alarm. Dette er en alarm som trafikkoperatør må vurdere. Ofte at disse alarmene er kommunikasjonsfeil (feilmeldinger). Av ukjente grunner stopper mange bilister for så å kjøre videre og dette trigger alarmen. Statistisk har VTS - vest en oversikt over årlige tall for alarmer eller hendelser (2013):

- Hendelser: 15543 loggførte meldinger
- Telefon: 62461 besvarte hendelser
- Nødtelefoner: 5543 (330 bilberging / 26 brann eller ulykke)
- Trafikkalarmer: 253903 kvitterte alarmer

Gjennom systemet vegvokteren, overvåkes ca. 500km med tunnel i Norge. Vegvokteren bygger på at trafikkalarmer går til operatører og driftsalarmer til byggherre. Systemet er basert på en sort skjerm filosofi hvor kamera aktiveres på skjerm kun ved hendelse. Ved avvik som havari i kjørefelt, blir kjøretøyene registrert av AID (automatic incident detection).

Kameraene er koblet opp til software som følger med på trafikken. Ved et havari blir hendelsen registrert 5-10 sekunder etter hendelsen. Mindre enn 5 sekunder gir for mange feilmeldinger. Når hendelsen er detektert blir den overført til en alarmmonitor på skjerm hos en operatør, som iverksetter tiltak etter prosedyre. Operatøren tar i bruk aktuell trafikkplan, som medfører at det settes i gang en prosess hvor resten går på automatikk. Alle mulige situasjoner som kan oppstå er lagt inn i en signalplan. Bakgrunnen for dette er å utelukke menneskelige feil i trafikkstyringen. Operatør observerer og bekrefter underveis gjennom kontrollspørsmål at prosessen går som planlagt.

Systemet registrerer en unormal situasjon etter noen få sekunder. I enkelte tunneler kan det være kø, og et større tidsintervall for alarmer er nødvendig for å unngå for mange alarmer. Det er mulig for VTS å justere på parametere som dette på hvert enkelt kamera i tunnelen. I tunneler uten kamera eller noen form for deteksjonssystem er VTS avhengige av at publikum eller at redningsetater kontakter VTS.

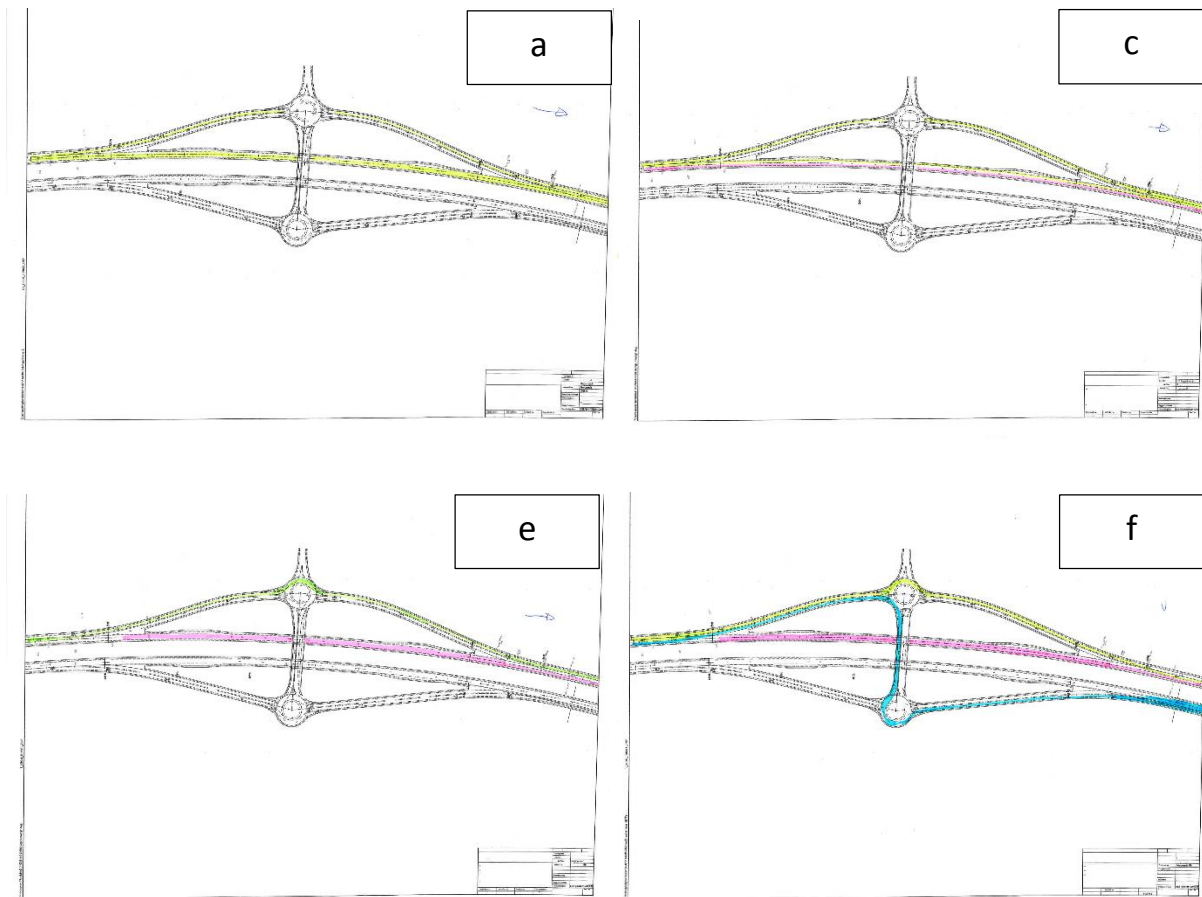
Ved avvikssituasjoner handler operatører etter prosedyrer og skal selv være i stand til å ta avgjørelser. Operatør kan ha en dialog med byggherre eller politi hvis det er tid til det, for å ta en beslutning (hovedsakelig om åpning av tunnelen igjen). Det forventes at operatører kan ta egne valg og håndtere situasjoner utenom det vanlige. Hvis det er et dramatisk tilfelle, kan operatør stenge hele tunnelen og informere byggherre. Politiet blir varslet og redningstjenestene kan bli tilkalt. At redningstjenestene blir tilkalt med en såkalt trippelvarsling gjelder bare i Bergen som følge av et avtalt samarbeid. Det vil si at operatør tilkaller redningstjenesten hvor den nærmeste bergingsbilen tar oppdraget. Dette er et samarbeid for å hindre for lange stopp i trafikken.

I utgangspunktet styres alle variable skilter (fartsgrense, feltsignaler, trafikklys, osv.) av automatikk. En typisk aktivering vil være seriekoblet til alle skilter i et felt for å stenge av feltet gjennom hele tunnelen. I tillegg til at feltet stenges vil også fartsgrensen senkes automatisk. Variable skilt kan styres manuelt ved spesielle tilfeller eller hvis noe i automatikken ikke skulle fungere som planlagt.

Ved et planlagt avvik som vegarbeid, styres situasjonen etter hva entreprenør ønsker å gjøre i tunnelen. Informasjon blir gitt ut flere dager i forveien og registrert gjennom vedtak om trafikkregulering. Informasjonen legges inn i systemet og deles på nettet. For operatøren starter prosessen tidlig på dagvakt selv om selve vegarbeidet ikke er før kl.2 på natten. Operatør går gjennom tunnelen som skal reguleres, og sjekker at signalplanen er tilfredsstillende. Den som starter reguleringen sender en forespørsel til systemet at en slik regulering er ønsket, hvor systemet svarer om dette er i orden. Operatør setter så i gang reguleringen hvis det er forsvarlig, og svarer på kontrollspørsmål underveis. VTS vil sørge for arbeidsvarsling og skilte ned hastighet, eventuelt stenge tunnelen alt etter hva som skal gjøres. Dette er oppgaver som ikke krever mye tid. I noen tilfeller vil dette bare være et tastetrykk unna. I arbeid med mer høyteknologiske tunneler som Rogfast, vil det være nødvendig å slå av deteksjon for å unngå alarmer. Å skru av ett og ett kamera er tidkrevende, så VTS er avhengige av en automatikk i det fremtidige systemet som utvikles i Rogfast.

Tidlig i mai måned presenterte Norconsult sitt konsept for innføring av to-vegs trafikk i Rogfast uten stans av trafikk ved planlagte avvik. Det ble presentert 3 scenarier. Det var stenging av et helt tunnellopp, stengt søndre tunnellopp og stengt nordre tunnellopp. Tunnellopp nordover fra Harestad er benevnt tunnellopp 1 og sørgående løp som tunnellopp 2. Med hensyn til at det som oftest bare vil være halve tunnellopp som blir stengt, tas det utgangspunkt i etablering av to-vegs trafikk i halve tunnellopp 2, søndre del. Da er halve tunnellopp 1 (søndre del) stengt.

To-vegs trafikk kan etableres ved å først endre kjøremønsteret i den del av tunnelloppet hvor det skal etableres to-vegs trafikk, endre kjøremønster i ruterkrysset og etablere riktig kjøremønster i dagsonen på Harestad.



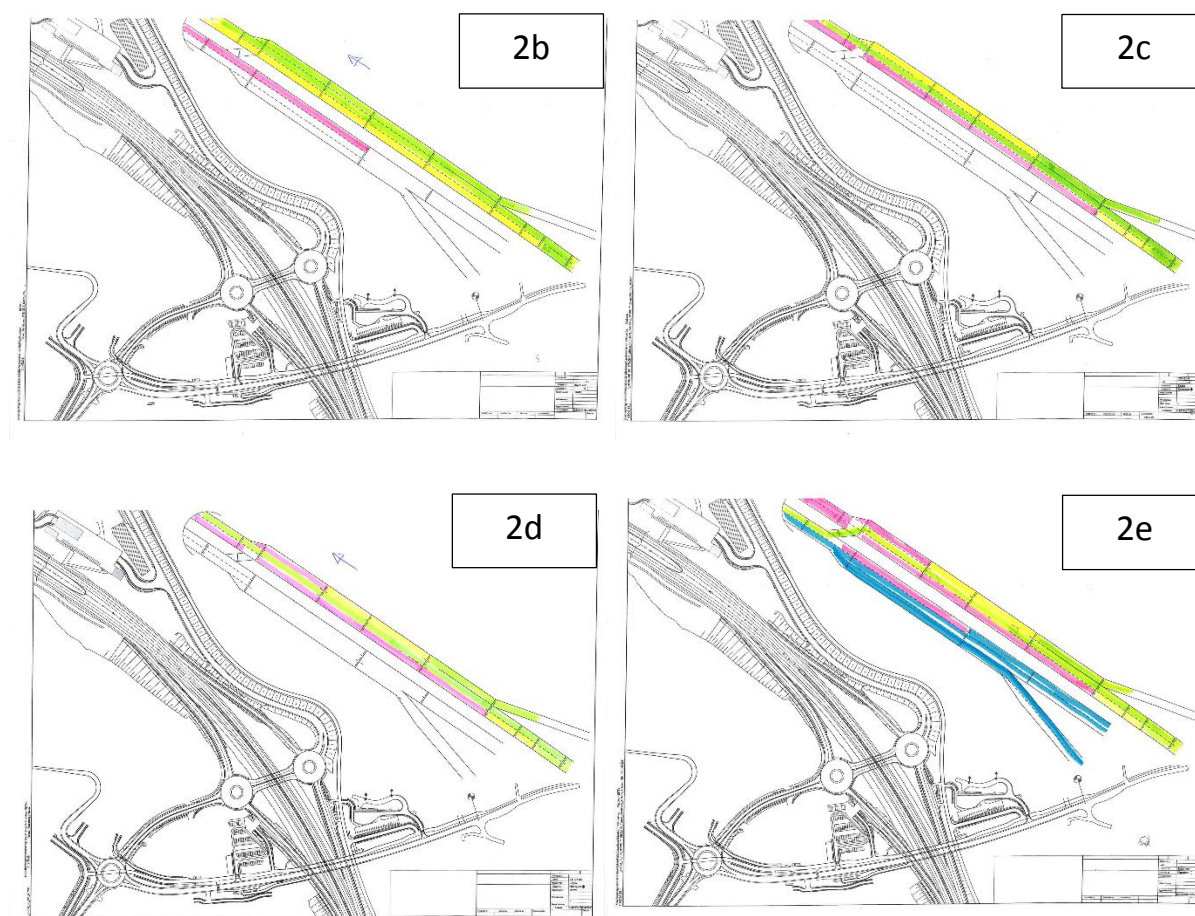
Figur 13 Etablering tovegstrafikk (Norconsult, 2016)

For tunnellop 2 søndre del er følgende prosedyre satt opp:

- a) Kjørefeltsignaler før avkjøring til Kvitsøy tennes simultant, grønt i normal kjøreretning og rødt i motsatt. (15 sek)
- b) Redusere fartsgrensen i tunnelen. Reduseres ytterligere i sonene før planlagt tovegstrafikk.
- c) Kjørefeltsignaler i sørgående felt får gul skråpil i venstre felt. Etter 15 sekunder tennes rødt kryss over venstre felt. Kjørefeltsignal i nordgående felt i samme tunnellop tennes på samme måte, rødt over venstre felt og grønt over høyre felt. Fareskilt 148 møtende trafikk aktiveres samt forbud mot forbikjøring.

- d) Endret veivisning til avkjøring mot Kvitsøy. Viser kun avkjøringsmulighet til høyre og opp rampen til Kvitsøykrysset. I motsatt kjøreretning blir skiltet tent med skilting opp på rampen til Kvitsøykrysset. (10 sek)
- e) Stenge tunnelen mellom av- og påkjøring i begge retninger ved Kvitsøykrysset med røde stoppblinksignaler og bommer. Dette tvinger trafikanter opp til Kvitsøykrysset og hindrer at trafikanter får møtende trafikk.
- f) I krysset blir veivisningen lagt om til å lede trafikk fra tunnellop 2 sørgående opp i krysset og ned igjen i løpet.

Oppsummert vil to-vegs trafikk kunne iverksettes i løpet av 50 sekunder dersom ingen kritiske feil oppstår. Det er en viss risiko for at noen trafikanter ikke oppfattet kjøremønsteret. Det vil ikke være visuell kontroll, men trafikken kan kontrolleres med aid-system og radardetektering.



Figur 14 Etablering tovegstrafikk dagsone Harestad (Norconsult, 2016)

I dagsonen på Harestad må omleggingen starte når det er klargjort for to-vegs trafikk i tunnel. Følgende prosedyre gjelder for dagsone Harestad:

2a) Kjørefeltsignal tennes simultant. Grønt i normal kjøreretning og røde kryss i motsatt. Reduserer fartsgrense (15 sek).

2b) Kjørefeltsignal i venstre kjørefelt med gul skråpil. Bommer for å kjøre over i motsatt tunnellop åpnes (15 sek).

2c) Rødt kryss over venstre kjørefelt, automatiske bommer i venstre felt aktiveres (10 sek).

2d) Rødt kryss i enden av avkjøringsrampen, automatiske bommer aktiveres (10 sek, eventuelt samtidig som 2c).

2e) Tunnelen stenges. Røde stoppblinksignal, automatiske bommer, kjørefeltsignal til tunnel går til rødt kryss og trafikk ledes over til motsatt tunnelmunning (10 sek).

Oppsummert vil denne fasen ta ca. 50-60 sekunder avhengig av 2d. Total tid til etablering av to-vegs trafikk er på ca. 110 sekunder.

For nye prosjekter er det viktig at VTS blir inkludert tidlig i planleggingsfasen. Det må settes av god tid til sikkerhetsgodkjenning, stabilitetstest av systemet og opplæring av VTS. Spesielt i store tunneler som Ryfast og Rogfast er det nødvendig med en simulator som er på plass ca. 1-2 år før ferdigstilling av prosjekt. En simulator for en tunnel vil si at all planlagt elektronikk (kamera, skilt, bom, ventilasjon, lys, osv.) for den gitte tunnel er lagt inn i vegvokteren slik at operatører kan gjennomføre øvelser og gjøre seg kjent med systemet. Det skal foreligge bekreftelser på at slik opplæring er gjennomført (skjermsystem, kjennskap til tunnel og beredskapsplan). Det skal også gjennomføres opplæring av redningsetater i regi av prosjektet.

Høyteknologiske tunneler kan trigge flere feil av operatører hos VTS. Jo mer komplekst system desto flere koblinger og derfor blir det muligheter for feil. Disse feilene skal lukes vekk under testing. Rogfast vil være betydelig mer sikker enn det Rennfast er. Det er gjort store forbedringer innen teknologi, og en simulator vil gi muligheten til å øve på hendelser i Rogfast. Overgangen til tovegstrafikk er den største risikoen i tunnelen. Fordelen med høyteknologiske tunneler er at de er mye sikrere, ulempen er at det blir mange alarmer. Et mest mulig robust system er bra for operatørene og for VTS er det essensielt at ting fungerer på automatikk. VTS – vest er avhengig av automatikk, for i motsetning til VTS-øst har ikke VTS - vest fiberkobling og kamera i alle tunneller. Hvis det skjer noe med strømforsyningen og kommunikasjonen med omverden forsvinner, tar automatikken over i VTS - vest. Hvis for eksempel et brannapparat blir tatt ut, skjer det en automatisk branntilpasning (Stenger tunnelen, starter vifter og endrer skilting).

Med hensyn til disse utfordringene og en voksende kompleksitet er det satt i gang et utviklingsprosjekt for VTS. SVV har fått utført analyser av VTS-ene i Norge med hensyn til beredskap, styring, samfunnssikkerhet, samhandling og organisasjon. Rapportene konkluderer med at VTS-ene i SVV isolert sett drives bra og er godt styrt (Statens vegvesen, 2016). Vegtrafikksentralene er drevet ulikt i forhold til faglige prosesser ved trafikkhendelser, bemanning og styringssystem. Disse ulikhetene gjør at VTS'ene ikke kan ta over for andre ved behov. Det er et behov for et brukergrensesnitt i styringssystemene som er likt for å gjøre overtakelse av andre VTS'er mulig. Det er et behov for økt samordning mellom VTS-ene mens VD fortsatt skal ha den overordnede samordningen og styringen.

Veg- og transportavdelingen har fått i oppdrag av etatsledermøte å gjennomføre et samordningsprosjekt knyttet til VTS. For å videreutvikle VTS enhetenes evne til å utføre oppdrag i fremtiden, skal det være fokus på samordning slik at enhetene fremstår som en nasjonal tjeneste med regional organisering. Arbeidet skal resultere i redusert sårbarhet, økt kvalitet og effektivitet på tjenesten. Det skal etableres nasjonale prosedyrer, spesifikasjoner og et felles system som støtter operatørens håndtering av hendelser i hele verdikjeden. Målet er å styrke samfunnssikkerhet og beredskap lokalt, regionalt og på et nasjonalt nivå. Med felles hovedfunksjoner er VTS mindre sårbare hvis de blir satt ut av funksjon. Samtidig vil opplæring av operatører være mer standardisert. Det vil gi bedre kvalitet på datagrunnlag og tjenester og forberede VTS for fremtidig utvikling innen ITS.

5.1.2 Erfaringsdata

VTS sin loggføring av hendelser skjer gjennom rapporteringsprogrammet vegloggen. Meldinger om avvik i trafikken blir alltid loggført med detaljer som innsatstid, kategori og involverte aktører. Norconsult har siden høsten 2015 forespurt VTS - vest om tilgang til en hendelseslogg for aktuelle tunneler. Statistikken har ikke vært tilgjengelig for SVV og konsulent grunnet problemer med statistikkmodul for vegloggen. Samtidig har VTS flyttet inn i nye lokaler. I tillegg har fire nye operatører vært på opplæring. Det har også vært en del oppgraderinger av tunneler i regionen i det siste. Installasjon av kamera i eldre tunneller vil

gjøre at det i fremtiden vil bli et bedre grunnlag for lage statistikk. Tidligere har VTS vært helt avhengig av at bilister tar kontakt med sentralen for å kunne agere og samtidig logge hendelsen. En representant for VD tok omsider på seg ansvaret for å hente ut hendelseslogg for fem valgte tunneler. VTS – øst betrakter vegloggen som dårlig og lite egnet for å generere statistikk. Det jobbes med et nytt system som skal være klart til rundt 2020. Det presiseres likevel at det er viktig at nye operatører læres opp til å vite hva de skal skrive for å kunne generere nyttig statistikk ut fra vegloggen.

Hendelser i vegloggen fordeles i 9 kategorier med tilhørende underkategorier:

- 1. Vegarbeid**
 - Dekkelegging
 - Sprengningsarbeid
 - Teknisk vedlikehold
 - Vedlikeholdsarbeid
 - Annet
- 2. Trafikkuhell**
 - Buss
 - Farlig gods
 - Fotgjenger
 - Motorsykkel
 - Personbil
 - Personbil/motorsykkel
 - Personbil/vogntog
 - Sykkel
 - Utenlandsk vogntog
 - Annet
- 3. Hindring**
 - Arrangement
 - Bilberging
 - Brann
 - Brann i kjøretøy
 - Dyr
 - Fare for ras
 - Transport av farlig gods
 - Flom/oversvømmelse
 - Gjenstand(er)
 - Olje-/bensin-/dieselsøl
 - Oppryddingsarbeid
- 4. Teknisk utstyr**
 - Snø-/rasfare
 - Stein-/jordras
 - Tre/trær/busker
 - Utenlandsk vogntog
 - Vogntog
 - Øvelse
 - Annet
- 5. Ferge**
 - Fergekai
 - Innstilt fergesamband
 - Redusert kapasitet
 - Annet
- 6. Stengt /kolonnekjøring**
 - Kolonnekjøring
 - Midlertidig stengt
 - Nattestengt
 - Vinterstengt
- 7. Vedlikeholdsbehov**
 - Bomstasjon
- 8. Interne beskjeder**
 - Dyr
 - Gjenstand
 - Hull i vegen
 - Innbrudd
 - Klager på brøyting
 - Klager på strøing
 - Klager på vedlikehold
 - Kum/sluk
 - Olje-/bensin-/dieselsøl
 - Skade på vegnett
 - Skade på installasjoner
 - Stikkrenne
 - Telehiv
 - Annet
- 9. Kategorier melding ut**
 - Avvik
 - IT/telefoni
 - Prioritet i kolonne
 - Stedfestningsendring
 - Vaktskifter

Tabellen nedenfor viser hvilke tunneler det er hentet meldingsrapport fra. Uttrekkene er gjort etter hva som er mulig i Vegloggen. Oppdraget er utført av en representant fra vegdirektoratet hvor det presiseres at det er viktig å forstå hva som ligger i tallene for å tolke dem riktig.

Tunnel	Lengde	Tunneltype	Lokasjon	ÅDT
E16/39 Fløyfjellstunnelen	3 500m	4-felts tunnel med 2 løp	Bergen	45 000
E16 Lærdalstunnelen	24 500m	2-felts tunnel med to-vegs trafikk	Sogn	2 000
E39 Byfjordtunnelen	5 900m	2-felts undersjøisk tunnel med to-vegs trafikk og krabbefelt.	Rogaland	9 700
E39 Mastrafjordtunnelen	4 400m	2-felts undersjøisk tunnel med to-vegs trafikk og krabbefelt.	Rogaland	7 400
E39 Bømlafjordtunnelen	7 900m	2-felts undersjøisk tunnel med to-vegs trafikk og krabbefelt.	Hordaland	4 900

Tabell 5 Tunneler fra meldingsrapport

Loggen er hentet ut på «nivå 2» for meldingstypene «midlertidig stengt» og « redusert fremkommelighet» for hver tunnel som har blitt etterspurt. «Nivå 2» vil si at man får statistikk innenfor de årsaker man velger å ta med for hver enkelt meldingstype. Loggen som er hentet ut er fra 01.01.2010 frem til og med 31.12.2015. Vegloggen har data tilbake til 2008, men på grunn av feil er kvaliteten varierende de første årene.

Tabellen nedenfor er en sammenfatning av meldingsrapportene hentet ut fra vegloggen. Nivå 1 er alle meldinger som er registrert, mens nivå 2 bare tar for seg avvikssituasjoner

(midlertidig stengt/reduisert fremkommelighet). Den store forskjellen på nivå 1 og nivå 2 skyldes oppgraderinger i tunnelene i region vest. Tunnelene fornyes med blant annet nødkommunikasjon, belysning, kabler, ventilasjon og overvåkning for de som ikke har det. Enkelte oppgraderinger er meget omfattende, som f.eks. arbeidet i Bømlafjordtunnelen som tar hele 2 år. Dette gjør at enkelte tunneler ikke er generaliserbare for nivå 1. Så lenge det planlagte arbeidet ikke påvirker avvikssituasjoner, vil nivå 2 likevel kunne brukes som utgangspunkt for å gi et bilde av forventede hendelser i Rogfast.

Tunnel – hendelseslogg over 6 år	Midlertidig stengt (Nivå 1)	Redusert fremkommelighet (Nivå 1)	Midlertidig stengt (Nivå 2)	Redusert fremkommelighet (Nivå 2)
E16/39 Fløyfjellstunnelen	429 hendelser (4056,5t)	199 hendelser (3510,5t)	82 hendelser (77,5t)	172 hendelser (124,1t)
E16 Lærdalstunnelen	33 hendelser (122,8t)	103 hendelser (3498,6t)	29 hendelser (32,4t)	9 hendelser (24,1t)
E39 Byfjordtunnelen	93 hendelser (95,9 t)	114 hendelser (3642,5t)	82 hendelser (52,5t)	21 hendelser (67,3 t)
E39 Mastrafjordtunnelen	49 hendelser (60,1t)	89 hendelser (2986,7t)	40 hendelser (30t)	13 hendelser (27,4t)
E39 Bømlafjordtunnelen	44 hendelser (60,3 t)	87 hendelser (4694,4 t)	37 hendelser (29t)	17 hendelser (32t)

Tabell 6 Oversikt meldingsrapporter

Tabellen nedenfor viser de 5 utvalgte tunnelene sammenlignet med Rogfast, med armen til Kvitsøy, 20 år etter åpning. Lengde og ÅDT forholdet mellom Rogfast og de utvalgte tunnelene er ganget sammen til en faktor som brukes til å gi et bilde av forventet antall hendelser for hver tunnel med lik lengde og ÅDT som Rogfast.

Tunnel	Forhold mellom lengder	Tunneltype	ÅDT20-faktor	Faktor
E16/39 Fløyfjellstunnelen	$31\ 000m/3\ 500m = 8,86$	4-felts og 2-tubers tunnel	$13\ 000 / 45\ 000 = 0,29$	*2,57
E16 Lærdalstunnelen	$31\ 000m/24\ 500m = 1,3$	2-felts tunnel med tovegstrafikk	$13\ 000 / 2\ 000 = 6,5$	*8,45
E39 Byfjordtunnelen	$31\ 000m/5\ 900m = 5,25$	2-felts (med krabbefelt) tovegstrafikk undersjøisk tunnel.	$13\ 000 / 9\ 000 = 1,44$	*7,56
E39 Mastrafjordtunnelen	$31\ 000m/4\ 400m = 7$	2-felts (med krabbefelt) tovegstrafikk undersjøisk tunnel.	$13\ 000 / 7\ 400 = 1,76$	*12,32
E39 Bømlafjordtunnelen	$31\ 000m/7\ 900m = 3,9$	2-felts (med krabbefelt) tovegstrafikk undersjøisk tunnel.	$13\ 000 / 4\ 900 = 2,65$	*10,34

Tabell 7 Kvalitativ beregning av tunnelene

Tabellen nedenfor viser det ovennevnte forholdet for gitte tunneler med samme lengde og ÅDT som Rogfast, samt gjennomsnittstiden for varigheten av hendelser i de fem tunnelene. Antall hendelser er forholdsvis like når de blir tilpasset Rogfast sin størrelse med unntak av Lærdalstunnelen. Det er noen faktorer som sannsynligvis spiller inn i denne tunnelen som gjør at den skiller seg ut. Lærdalstunnelen er en flat lang tunnel uten stigning med lav ÅDT sammenlignet med de andre tunnelene. Den kan likevel være representativ som grunnlag for statistikk til Rogfast grunnet sin lengde. Ingen av de andre utvalgte tunnelene er i nærheten av lengden til Lærdalstunnelen, og det gir grunnlag for å tro at lengden ikke nødvendigvis øker antallet hendelser betydelig. I tillegg gir tallene fra denne tunnelen et bilde på varigheten av hendelser i tunneler med en slik lengde. Det er naturlig å anta at innsats- og responstiden i lengre tunneler er større.

Tunnel	Hendelser Nivå 2 (pr. år)	Faktor	Sum hendelser – Rogfast (pr. år)	Sum gjennomsnittstid pr. hendelse
E16/39 Fløyfjellstunnelen	42,3	*2,57	108,7	0,8t
E16 Lærdalstunnelen	6,3	*8,45	53,24	1,5t
E39 Byfjordtunnelen	17,2	*7,56	130	1,16t
E39 Mastrafjordtunnelen	8,8	*12,32	108,4	1,08t
E39 Bømlafjordtunnelen	9	*10,34	93,06	1,13t
Gjennomsnitt	-	-	98,68	1,134t

Tabell 8 Sammenligning med Rogfast

Hendelsene som er med i rapporten er hendelser som krever at operatør fysisk har utført en handling som å stenge tunnel, løp eller kjørefelt. Det er derfor grunn til å anta at tilnærmet alle slike hendelser er rapportert og inkludert i meldingsrapporten fra vegloggen. Tall for antall hendelser og tid per hendelse er oppsummert i vedlagt excelark. Tabell 8 viser en kvalitativ sammenfatning av forventede hendelser i Rogfasttunnelen som vil føre til redusert fremkommelighet samt, i noen få tilfeller, midlertidig stengning.

5.2 Kritiske forhold og usikkerhet

I dette delkapitlet er kritiske faktorer som kan ha en innvirkning på ytelsen av håndtering av nedetid i Rogfast presentert. Med hensyn til at Rogfast er et unik prosjekt som man ikke tidligere har erfaringer med, vil det i tillegg presenteres usikkerhet knyttet til prosjekteringen.

5.2.1 Trafikkstyring

Et trafikkstyringssystem har teknisk redundans, men fra det øyeblikket signalet går fra sentralen kan ting skje (strømbrudd). Erfaringer tilsier at moderne RGB led skilt i farger er stabile skilt som aldri går i stykker. Faren med skiltingen er hvis det blir en feil i kjørefeltssignaler, hastighetsskilter og vegvisningsskilter (for folk som ikke er kjente). Det er også kritisk hvis bommene ikke virker. Det betraktes som en «A-feil» som må utbedres umiddelbart. Ved strømbrudd, får VTS melding om det og kan stenge tunnelen manuelt, samt varsle entreprenør. Har tunnelen flere strøm og bare en del av tunnelen blir mørk, kan hastigheten settes ned. Det finnes prosedyrer for utfall hvor VTS mister kontroll. I stedet for å stenge, settes det da inn patrulje for å kontrollere tunnelen.

Prosedyrene som VTS bruker er levende dokumenter som må oppdateres hele tiden. Hver gang det har vært en alvorlig hendelse, møtes nødetater og VTS for å se på hvordan hendelsen ble løst, om prosedyrer ble fulgt og om de bør endres. N500 tunnelhåndboka blir skrevet med den erfaringen som er tilstede når den blir utarbeidet. Vi får erfaringer hele tiden og håndboka burde derfor bli oppdatert oftere. Når VTS blir involvert i ROS-analyser skal man alltid stille spørsmål om VTS har kapasitet til å registrere alle hendelsene. Erfaringer med mange tunneler er at det kan forekomme mange samtidige hendelser, spesielt hvis den ene hendelsen er stor (brann krever gjerne 3 operatører). Nok bemanning er viktig, samt tidlig rekruttering når folk skal gå av med pensjon. Nye operatører må ha tilstrekkelig med opplæring og ha tilegnet seg mest mulig erfaring fra de erfarne operatørene.

Når en hendelse først oppstår er det viktigste for VTS å sikre hendelsesområdet tidlig. Hvis en tunnel stenges får kanskje ikke alle bilister med seg dette, noe som fører til at de kan kjøre inn i bommen. Det er altså en viss fare for følgehendelser under trafikkregulering hvor bilister er uoppmerksomme. Til vanlig er det ikke normalt med følgehendelser siden AID slår inn etter 5-10 sekunder og hvor operatører så bruker 5-40 sekunder på å finne frem riktig trafikkplan. Etter at prosessen er satt i gang skifter lyset til gult og etter 20 sekunder blir det rødt (stengt med bom). Dette gjøres flere ganger daglig. Operatører er opplært til å sikre

hendelsesstedet for så å gi informasjon eller spørre om råd. Politiet kan f.eks. sendes ut for å blinke med blått lys for å sikre et hendelsessted. Bilbergings-kjøretøy har også blitt brukt som sikring samtidig som fartsgrensen automatisk går ned til 50km/t.

Effektivitet er som Aven(1998) beskriver, et begrep som uttrykker ytelsen til en enhet. Blant faktorene finner vi «tid til deteksjon» som i hovedsak skjer gjennom AID og tar mellom 5-10sekunder avhengig av hvilke parametere VTS har stilt inn sensorene med. «Tid til situasjonen er kontrollert» kan tolkes på flere måter. Enten gjelder det tiden til hendelsesstedet er stengt av gjennom trafikkregulering, tiden til politiet er på stedet eller tiden til redningstjeneste/entreprenør har ryddet hendelsesstedet. Hvis vi tar utgangspunkt i at trafikanter respekterer skilting og lysregulering, kan VTS sikre skadestedet på mellom 30-50 sekunder ifølge VTS – øst. VTS – vest har ikke et nøyaktig tall for sikring av skadestedet grunnet et større utvalg av tunneler og trafikksituasjoner. Aven (1998) nevner også «tid til mønstring av nødetater» som en faktor. Dette er avhengig av hvor tunnelen ligger geografisk og hvor nødetater og redningstjenester ligger i forhold til tunnelen. I Osloområdet vil innsatstiden være relativt kort sammenlignet med tunneler utenfor byområdet. Mønstring av nødetater eller redningstjenester til Rogfast er, ifølge tabell 1, betydelig større på nordsiden enn sørsiden.

En annen utfordring er tungtrafikkandelen i tunnelen, som er forventet å være over 15%. Ifølge erfaringer fra VTS trenger man en spesiell tungberger for å håndtere havarerte lastebiler/vogntog. Disse er ikke like tilgjengelige som andre bilbergere og fører derfor til lengre nedetid enn vanlig. Mindre kjøretøy kan raskt kjøres ut av bilbergere og tar generelt ganske liten tid. Problemene er ofte mer komplekse med tunge kjøretøy, hvor aksling kan være låst. Busser og lastebiler kan måtte bli slept ut av tunnelen i en fart på 5km/t, noe som er tidkrevende i en lang tunnel som Rogfast.

Ved etablering av to-vegs trafikk i tunnellop 2 er det en risiko for at ikke all trafikk i normal kjøreretning får med seg at dette er etablert, og at det vil komme kjøretøy i motsatt kjøreretning i samme felt. Simultantenning av røde kryss kan føre til uønskede hendelser da

det vil inntreffe samtidig i et helt felt. Generelt kan nedsatt hastighet og god visualisering av kjøremønster ved hjelp av kjørefeltsignaler betraktes som et risikoreduserende tiltak. Ved tilbakeføring fra to-vegs trafikk til normaltrafikk, kan tunnelløp 2 etter åpning av løp 1 fremdeles ha trafikk i nordgående retning. Tunge kjøretøy vil kunne henge etter i tid, og uttømming vil trekke ut ekstra tid som kan medføre en risiko ved tilbakeføring til en-vegs rettet trafikk i løp 2. Omregulering til to-vegs trafikk er i hovedsak for planlagte avvik som drift- og vedlikehold. Ved akutt hendelse vil det være en stopptid og denne er det bare VTS som kan styre. VTS antar at det tar ca. 90 sekunder etter alarm til de utfører prosess som igjen har en 20 sekunders forsinkelse fra gult til rødt. Det største problemet til VTS er at det er mange falske alarmer, hvor de ikke kan ta en avgjørelse på regulering før det er undersøkt. To-vegs trafikk grunnet akutt hendelse vil bare forekomme et par ganger i året, ifølge deltakere på arbeidsmøtet med Norconsult. VTS bør derfor ta seg tid til å sjekke ut alarmen, spesielt hvis de kan tilbakeføre til normalsituasjon bare få minutter etter hendelsen. Hvis de starter prosess for to-vegs trafikk etter akutt hendelse som tidlig kan normaliseres, kompliseres situasjonen ytterligere.

Norconsult er bekymret for den menneskelige faktoren i bildet, «den tekniske delen klarer vi». De som kjører mot rødt lys, hvorfor skal de reagere på flere røde lys? Sikten og kurvaturen er god i Rogfast og kjøretøy som kjører i feil felt vil på god avstand kunne se kjøretøy som står stille lengre fremme i tunnelen ved en slik avvikssituasjon. VTS nevner at bare i april i år har det blitt registrert et tosifret antall hendelser i Knappetunnelen hvor folk kjører inn i havarinisjer og snur for å kjøre ut i feil kjøreretning.

5.2.2 Erfaringsdata

Meldingsrapportene er hentet ut på nivå 2 som innebærer «midlertidig stengt» og «reduert fremkommelighet» som følger av en ikke planlagt hendelse. Det vil si at planlagte hendelser ikke vil vises i statistikken. Hvilke årsaker som er med fremgår av første side i hver rapport. Det er en rapport per tunnel som oppsummerer midlertidig stengt og redusert fremkommelighet både i antall hendelser og tid per måned over 6 år.

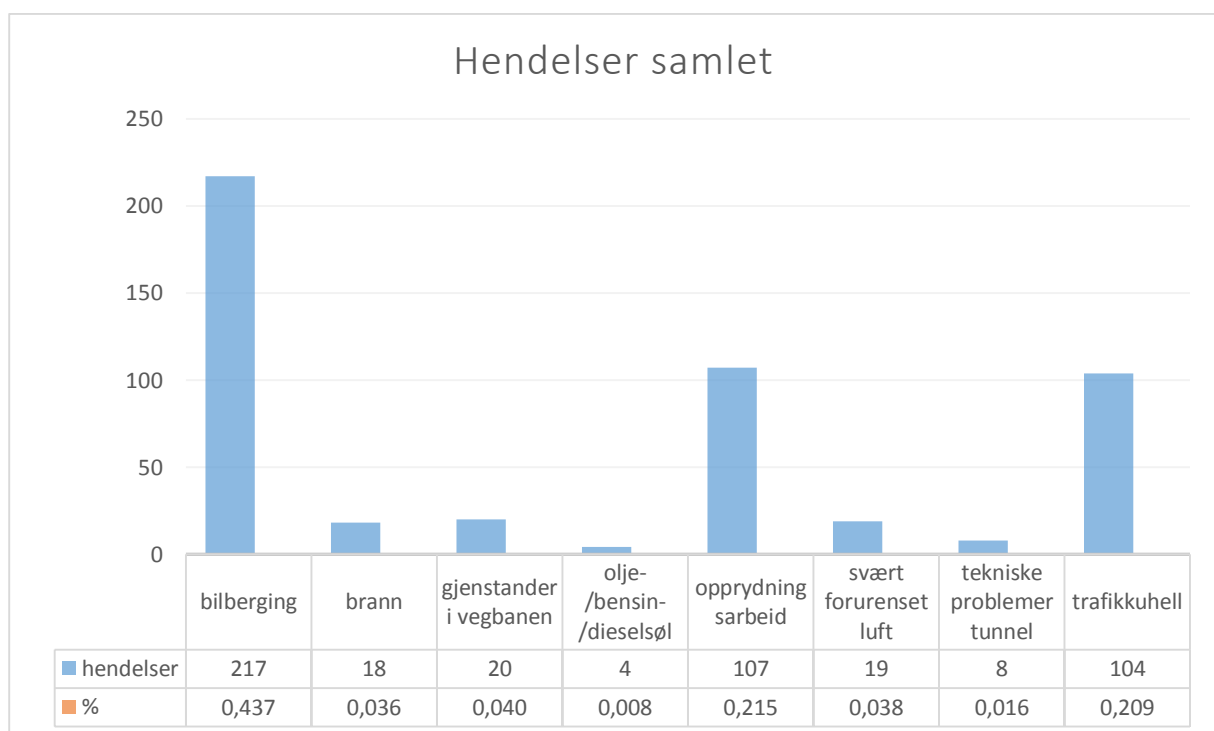
Først i hver rapport kommer det tall for «nivå 1», altså det totale antall meldinger av typen «midlertidig stengt» uavhengig av årsaken til meldingen. Deretter kommer tall for hver enkelt årsak basert på ikke planlagte hendelser (nivå 2). Så kommer tilsvarende tall for « redusert fremkommelighet», først på «nivå 1» uavhengig av årsak, og deretter for hver enkelt årsak av ikke planlagte avvik (nivå 2). Årsaksfordeling i de forskjellige tunnelene ligger vedlagt med meldingstyper som er vist i tabell under.

Midlertidig stengt	Redusert framkommelighet
1: Midlertidig stengt bilberging	16: Redusert framkommelighet bilberging
2: Midlertidig stengt brann	17: Redusert framkommelighet brann
3: Midlertidig stengt dyr i vegbanen	18: Redusert framkommelighet dyr i vegbanen
4: Midlertidig stengt fare for ras	19: Redusert framkommelighet flom
5: Midlertidig stengt flom	20: Redusert framkommelighet gjenstander i vegbanen
6: Midlertidig stengt gjenstander i vegbanen	21: Redusert framkommelighet jordras
7: Midlertidig stengt jordras	22: Redusert framkommelighet olje-/bensin-/dieselsøl
8: Midlertidig stengt olje-/bensin-/dieselsøl	23: Redusert framkommelighet opprydningsarbeid
9: Midlertidig stengt opprydningsarbeid	24: Redusert framkommelighet oversvømmelse
10: Midlertidig stengt oversvømmelse	25: Redusert framkommelighet snøras
11: Midlertidig stengt svært forurenset luft	26: Redusert framkommelighet steinras
12: Midlertidig stengt tekniske problemer	27: Redusert framkommelighet sterk vind
13: Midlertidig stengt trafikkuhell	28: Redusert framkommelighet svært forurenset luft
14: Midlertidig stengt uvær	29: Redusert framkommelighet tekniske problemer
15: Midlertidig stengt vanskelige kjøreforhold	30: Redusert framkommelighet trafikkuhell

Tabell 9 Årsaksfordeling i meldingsrapportene.

Aven (1998) skriver at vi bør være forsiktige med å trekke slutninger basert på statistisk materiale, siden den fremtidige situasjonen kan være forskjellig fra det statistikken bygger på nå. Ta for eksempel erfaringsdata som tunnelen baserer seg på i ROS-analyser, som er

datert tilbake til senest 2007. Når dette er grunnlaget for Rogfast ÅDT20 (20 år etter åpning, 2045) vil dette være et gap på hele 38år. Med bruk av nyere data som ligger tilgjengelig i vegloggen (2010-2015) er det fortsatt et gap på 30år mellom statistisk grunnlag og faktisk hendelse. Det er derfor viktig, som Aven (1998) nevner, å bedrive en kontinuerlig registrering og innsamling av hendelsesdata. Hendelsene i tabellen ovenfor er bare «ikke planlagte hendelser» som har ført til redusert fremkommelighet eller midlertidig stengt løp. I virkeligheten er det mange flere hendelser, nesten-hendelser og planlagte avvik som inngår i hendelsestallet for tunnelen.



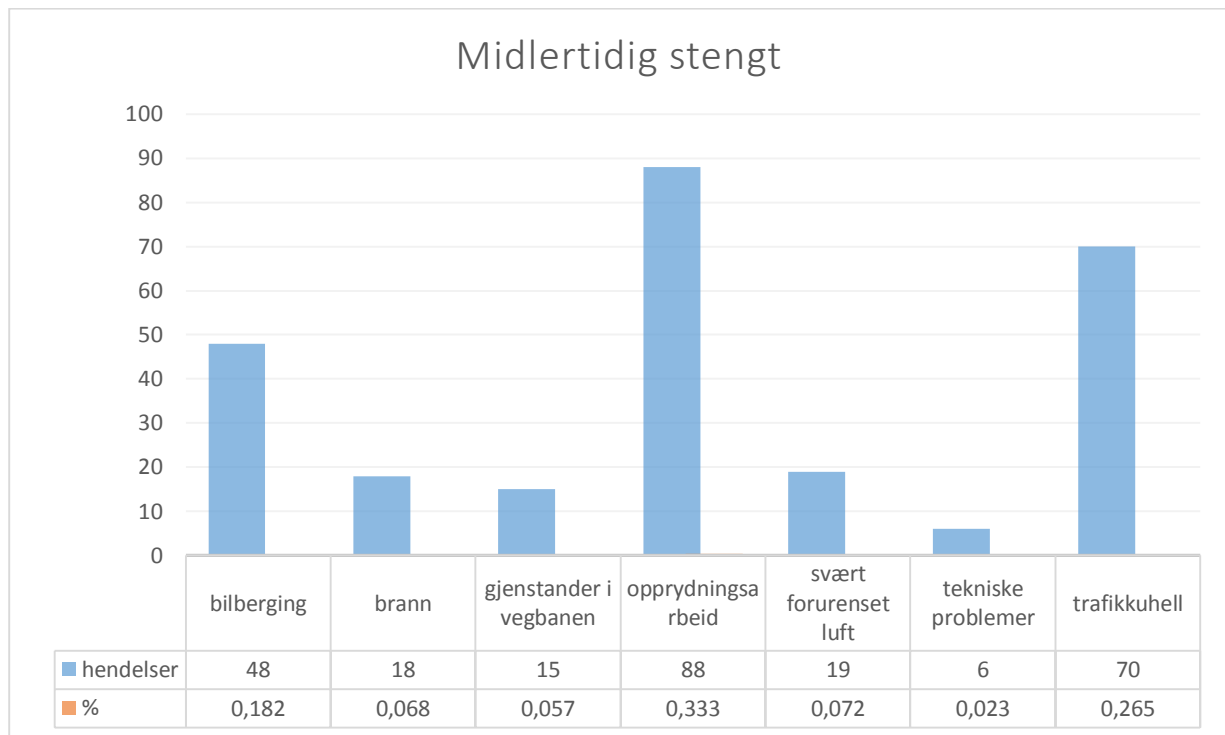
Figur 15 Hendelser samlet

Figuren over viser fordelingen av alle hendelser på «nivå 2» fra tunnelene som har ført til redusert fremkommelighet eller midlertidig stengt løp. Av 502 hendelser er 497 representert i figuren ovenfor, de resterende hendelseskategoriene har ingen eller veldig få hendelser. Kategoriene mangler som tidligere nevnt underkategorier for å videre kunne beskrive detaljer rundt hendelsene som forårsaket stopp i- eller redusert trafikkflyt. Ifølge figuren er den mest fremtredende hendelsen bilberging. Med hensyn til at det allerede er kategorier

for opprydningsarbeid og trafikkuhell kan man likevel anta, basert på tidligere studier, at underkategorier for bilberging hovedsakelig innebærer punktering (6,5%), drivstoffmangel (26%) og teknisk havari (67,5%). Fordelingen til disse underkategoriene tar utgangspunkt i Engebretsen og Amundsen (2004) sin rapport av 3150 hendelser i tunneler.

Rapporteringsystemet i 2004 (Merkur) er ikke det samme systemet som brukes i dag (vegloggen). Å sammenligne hendelsesfrekvenser som ikke bruker samme metode for rapportering kan være komplisert (Aven, 1998). Hovedkategoriene kan ha samme underkategorier og er avhengig av hvordan prosedyren og terskelen er for rapportering, men i utgangspunktet er det ikke noen endringer i kategoriene som gjør at sammenligningen blir uaktuell.

Drivstoffmangel trenger ikke være en mer utbredt hendelse selv om tunnelen er mye lengre enn andre. Tankegangen her er at i bytunneler ferdes trafikanter på korte strekninger hvor de gjerne tenker at drivstoffet holder, eventuelt at de har dårlig tid på vei til jobb, skole m.m. Turer gjennom Rogfast er mest sannsynlig planlagte reiser hvor bilister er forberedt på en reise over en time. Dette kan sammenlignes med folk som reiser på hyttetur, hvor det er normalt å fylle tanken før turen.

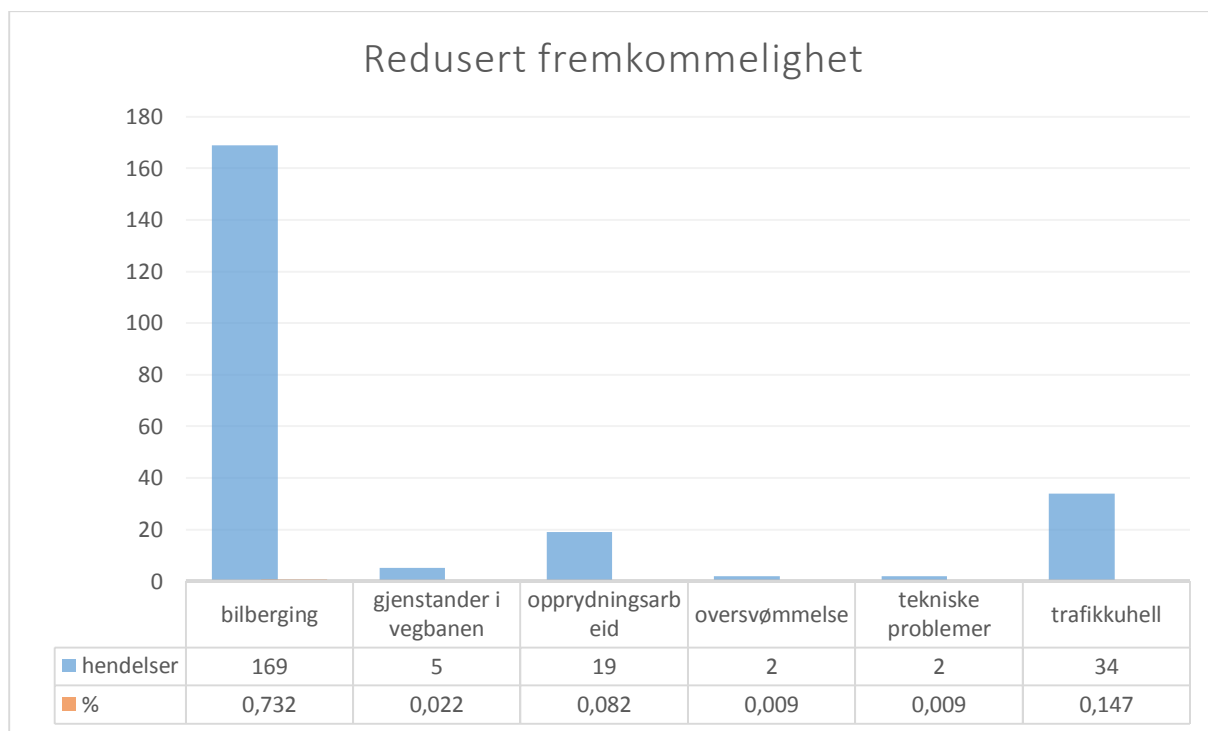


Figur 16 Hendelser som førte til midlertidig stengt

Figuren over viser hendelsesfordelingen for hendelser som førte til at en tunnel eller et løp ble midlertidig stengt. Av figuren ser vi at trafikkuhell og opprydningsarbeid er fremtredende årsaker til midlertidig stengt løp eller tunnel. Som tidligere nevnt av Aven (1998) er statistikk aldri, eller sjeldent helt komplett. Opprydningsarbeid er en kategori som i utgangspunktet kan gjelde gjenstand i vegbanen, trafikkuhell, ras, flom og eventuelt det arbeidet som forekommer etter disse hendelsene. Det er helt avhengig av hvem som loggfører hendelsen, hvordan de oppfatter situasjonen og prosedyrer de har. Det er ikke usannsynlig at mistet last og trafikkuhell etter en tid er registrert som opprydningsarbeid. En trafikkmelding kan i en versjon lyde «stengt grunnet trafikkuhell». I versjon 2 kan dette bli til «opprydningssarbeid». Hvorvidt dette faktisk fører til feil i loggingen er meget usikkert. VTS har ikke full kontroll over hva operatører loggfører, men er av den oppfatning at det tas hensyn til dette i fordelingen av hendelser mellom de ulike kategoriene.

Vi kan ta Bømlafjordtunnelen som et eksempel. Siden tunnelen ikke har så mange hendelser, er det lettere å identifisere om hendelsene overlapper eller ikke. Det er bare registrert én

hendelse med gjenstand i vegbanen som har ført til midlertidig stengt over de siste 6 årene. Gjenstand i vegbanen førte ifølge loggen til 1t,31 min med midlertidig stengt. I akkurat samme måned er det registrert en hendelse med opprydningsarbeid på 1t,29 min. Dette er mistenkelig likt, men siden det ikke er helt likt kan det være en tilfeldighet. Av de 10 (+2 fra redusert fremkommelighet) trafikkuhellene registrert i Bømlafjordtunnelen overlapper ingen med de 12 registrerte opprydningsarbeidene i samme tunnel. Ingen av de andre tunnelene viste heller noen sammenheng mellom gjenstand i vegbanen og opprydningsarbeid. I det store bildet kan vi derfor anta at det ikke er en sammenheng mellom kategoriene, og at hver enkelt hendelse havner i den ene eller den andre kategorien og ikke i begge.



Figur 17 Hendelser som førte til redusert fremkommelighet

Figuren ovenfor viser fordeling av hendelser som førte til redusert fremkommelighet. Av figuren ser vi at bilberging står for nesten $\frac{3}{4}$ av alle hendelser som førte til redusert fremkommelighet. Av de 34 trafikkuhellene som førte til redusert fremkommelighet var 27 av dem registrert i Fløyfjellstunnelen (ref. vedlegg 1). I de undersjøiske tunnelene førte trafikkuhell som regel til midlertidig stengning. Det kan lede oss til å tro at terskelen for å

stenge Fløyfjelltunnelen er mye høyere enn i de undersjøiske tunnelene. Samtidig har Fløyfjellstunnelen to løp med to felt hver, noe som gir muligheten for trafikk i det andre kjørefeltet. Dette i motsetning til de undersjøiske ett løps tunnelene som i tilfellet måtte ha drevet kolonnekjøring forbi hendelsesstedet.

VTS – øst forventer at man i Rogfast veldig sjelden vil stenge et helt løp og at på samme måte som Fløyfjellstunnelen vil trafikkuhell kunne bli kontrollert med stenging av et felt. Rogfast er utstyrt med 100m lange havarilommer hver 500m, som også åpner for at bilister som havarerer kan komme seg vekk fra kjørefelt. Figur «hendelser samlet» kan likevel være en pekepinn på fordelingen av hendelser, men at de fleste hendelser heller fører til redusert fremkommelighet enn midlertidig stengt tunnellop.

5.2.3 Kostnader

Utfordringene hos VTS - vest er stort sett de samme som for de andre VTS'ene. Volumet og kompleksiteten av objektene (skilt, lys, ventilasjon, kamera, osv.) som skal overvåkes øker betraktelig når nye prosjekter åpnes. Håndtering av hendelsene blir stadig mer komplekse, hvor sannsynligheten for at flere hendelser inntreffer samtidig er økende. Slik som Ryfast og Rogfast prosjekteres vil teknologiene i ulike tunneler være av ulike generasjoner, og VTS må tilpasse seg fremtidige ITS-løsninger som vil komme. VTS/SVV sine kostnader vil grunnet ovennevnte årsaker øke betydelig. Det er satt av 50 millioner kroner for VTS i Rogfast sitt budsjett. Oppgraderingene her vil mest sannsynlig innebære utvikling av vegvokteren, som er selve styringssystemet til VTS. Usikkerheten rundt hvilke kostnader som vil komme ved oppstart av Rogfast er stor da prosjektet fortsatt er under prosjektering. VTS har enda ikke et klart bilde av hva som kreves av dem ved åpning av tunnelen, samtidig som en rekke andre prosjekter pågår samtidig. VTS – vest har et nytt lokale hvor det er muligheter for å utvide virksomheten, men de antar selv at kostnadene i hovedsak vil være knyttet til utvikling av vegvokteren og simulatorer.

VegRAMS anbefalte en løsning med T14,3 med gjennomgående havarifelt med en forventet kostnadsøkning på 190 mill kr. Løsningen var riktignok med en rimeligere løsning for vann-

og frostsikring som ville gitt en besparelse på 400 mill kr. Alternativ 2b ville derfor i teorien gitt en kostnadsøkning på minimum 590 mill kr. Behandling i fraviksnemda i Region vest så positivt på endringene i standard da det virker inn på trafiksikkerhet, oppetid og gjør drift og vedlikehold enklere. Slike beregninger har alltid mye usikkerhet knyttet til seg, men endringene tyder på et visst positivt samfunnsøkonomisk bidrag. Vegdirektoratet så ikke på den rimeligere løsningen inne vann- og frostsikring som en besparelse da den kan utføres i basisalternativet. Den samfunnsøkonomiske nytten ble derfor mye lavere enn hva Regionen tok utgangspunkt i. En stor usikkerhet knyttet til disse vurderingene er hvor fremtidsrettet de er. På lik måte som med Rennfast er det mulig at nytten av et større tunneltversnitt i Rogfast ikke vil vise seg før 20-30 år etter åpning, når ÅDT er tredoblet og Rogfast må gjennom en komplett rehabilitering.

5.3 Hvor er de viktigste forbedringspotensialene?

I dette delkapittelet skal de viktigste forbedringspotensialene presenteres, supplert med hvordan andre konsepter har løst lignende utfordringer. Forbedringspotensialene er basert på kritiske faktorer som er identifisert i foregående delkapittel. Det er mye som kan forbedres, men fokuset skal være en størst mulig tilgjengelighet i Rogfast for trafikantene.

5.3.1 Trafikkstyring

VTS – vest har nylig flyttet til et nytt bygg som allerede er tilrettelagt for å kunne utvides. Mange store anlegg er under prosjektering og VTS er avhengige av hva disse anleggene planlegger av styring for å vite hva de kan gjøre for å tilpasse seg. To-vegs trafikk i en tunnel som egentlig er to-løps med en-vegs trafikk, må utvikles i vegvokteren for å kunne ha tilstrekkelig styring av tunnelen. Dette er helt nytt for VTS – vest, samtidig som nye anlegg som Ryfast og Rogfast tilfører henholdsvis 11 000 og 13 000 nye objekter. Alle disse endringene krever at vegvokteren utvikles, samt at det lages simulatorer for disse anleggene slik at operatører har muligheten til å få opplæring i to-vegs trafikk, trafikkplaner, stenging, brannplaner osv.

VTS – øst/vest har mellom 3-5 operatører på jobb i skift. Operatøren som oppdager en hendelse, eller «får» en hendelse, har ansvaret for hva som skal gjøres. Hvis operatøren er ny kan han spørre om råd fra en mer erfaren operatør. Hvis det er uenighet om avgjørelsen kan det hende at den med sterkeste personlighet får gjennomslag. Dette kan være uheldig, og det bør være en vaktleder på hvert skift i form av en erfaren operatør. Beredskapsplan beskriver hvordan operatør, politi og andre etater skal forholde seg til ulike situasjoner. Operatørene baserer sine handlinger på et planverk hvor de setter i gang en prosess og videre observerer reguleringen, uten mange manuelle handlinger. Operatører kan utføre handlinger uten å konferere med andre. Det handler om å være kjent med planverket og har fått riktig opplæring. VTS – øst skiller seg ut fordi operatørene er mer selvstendige. Hvis operatør er i tvil og ringer for å be om råd havner man på hælene i forhold til å sikre skadestedet. Andre VTS'er kan være mer avventende, noe som handler om noe ulik arbeidskultur. VTS - øst er midt i storby hvor innsatstiden er mye kortere enn mange av tunnelene som VTS – vest opererer.

Innføring av to-vegs trafikk krever klare og tydelige prosedyrer og signalplaner med tilhørende variabel skilting, lys og bommer gjennom hele tunnelen. Det kan være grunn til å være bekymret over mengden objekter i tunnelen, fordi kompleksiteten blir stor. Riktig plassering av objekter er nødvendig for å unngå uønskede hendelser. Variable skilter og lyssignaler i kombinasjon med innsnakk er vurdert som løsninger på å overføre informasjon til trafikanter om regulering av trafikken. Ved to-vegs trafikk vil faren for trafikk i feil kjøreretning/felt alltid være tilstede, i tillegg til kjøretøy som velger å snu i et tunnellopp. I en så lang tunnel med dimensjonert hastighet på 110km/t vil sikkerhetsmessige tiltak for å hindre møteulykker være helt nødvendige. Hvis ikke fører reagerer på rødt lys må tiltak for å stoppe trafikk i riktig retning være neste løsning. Kurvaturen i Rogfast kan virke som et sikkerhetsmessig tiltak i seg selv, hvor trafikanter som kjører feil vil kunne se biler i motsatt kjøreretning i god tid.

Den menneskelige faktoren er vanskelig å gjøre noe med direkte, men det går an å påvirke den. Ikke tilstrekkelig skilting kan f.eks. føre til problemer relatert til bomstasjon 700-1500

meter inn i tunnelen. Prisen for å kjøre gjennom en tunnel som Rogfast vil være såpass høy (200-300kr) at feilkjøring vil svi ganske godt for de fleste. Hvis bomstasjonen er synlig kan folk finne på å snu i tunnelen og kjøre mot kjøreretning ut av tunnel. Skilting av bomstasjon og priser bør derfor være utenfor tunnelen slik at de som ønsker å snu, kan gjøre det uten fare for uønskede hendelser.

5.3.2 Erfaringsdata

Aven (1998) skriver at ulykkesstatistikk kan brukes til å analysere årsaker til hendelser og at hendelser for en aktivitet innen flere kategorier gir et bilde av hendelsesomfanget.

Hendelsesdata fordelt i undergrupper gir mer detaljert informasjon, men dette krever en viss størrelse på datamaterialet. Hendelsesmaterialet er begrenset til fem tunneler over en tidsperiode på 6 år. I tillegg til dette er ikke meldingstypene fra rapportene videre fordelt i underkategorier. For eksempel er den mest fremtredende hendelsen redusert fremkommelighet grunnet bilberging, men hva var årsaken til at kjøretøyet trengte berging? Det finnes et sett av hendelser som kan føre til bilberging men rapporten sier ikke noe om hvordan denne fordelingen er. Det finnes likevel erfaringsdata som kan gi et bilde på fordelingen av slike hendelser i tunneler. Som nevnt i innledningen har Engebretsen og Amundsen (2004) analysert 3150 rapporterte hendelser fra 2001 – 2003 hvor de blant annet kom frem til en fordeling av hendelser i norske tunneler. Krav til sikkerhetsstandard i tunneler har siden den gang blitt høyere, men det er ikke unaturlig å anta at fordelingen av hendelser fremdeles er relativt lik. Dette betyr at beredskap, selvredning og overvåking er forbedret, men at biler fortsatt havarerer grunnet punktering, tekniske problemer, drivstoffmangel og trafikkuhell på tilnærmet lik måte som på starten av 2000-tallet. Dette bekrefter Aven (1998) sin uttalelse om at vi ikke har noen god nasjonal ulykkes- eller hendelsesstatistikk.

Vi kan bruke disse erfaringene sammen med skjønnsmessige vurderinger for å danne oss et bilde av forventede hendelser i Rogfast. Erfaringene er fra et annet program og på det meste 15 år gamle. En videreutvikling av vegloggen som program og måten for loggføring kan

betraktes som et potensielt forbedringstiltak. Dette er en gjennomgående oppfatning fra vegtrafikksentralene, involverte i Rogfast prosjektet og Engebretsen som selv utførte rapporten fra 2004. I rapporten er årsakene ikke samlet i en overordnet kategori som havari, men som direkte hendelser som punktering, drivstoffmangel, teknisk havari, osv. Hvorfor skal det foregående rapporteringsprogrammet være bedre, eventuelt mer brukervennlig enn det nåværende? VTS – øst representanter mener det nåværende programmet ikke er egnet til å danne statistikk. Representanter fra VTS – vest har heller ikke tilstrekkelig opplæring i programmet. Hvis rapporteringsprogrammet ikke har noen god funksjon gir det begrenset mening for operatør å loggføre hendelser. Loggføring av hendelser bør derfor være sterkt implementert i planverk og prosedyrer for å sikre bruken av et nyttig verktøy.

5.3.3 Vegassistanse, drift og responstid

Ved en hendelse i Rogfasttunnelen vil responstiden til politi og redningstjenester i noen tilfeller være veldig lange grunnet lengden på tunnelen og avstand fra Stavanger og Haugesund. Ifølge tabell 1 kan responstid være opp til 30min og enda lengre avhengig av hvor langt inn i tunnelen hendelsen forekommer.

Vaktbilen hos VTS – øst opererer 24 timer i døgnet hele året i samarbeid med vegtrafikksentralen. Vaktbilen rykker ut ved hendelser på vegnettet, ved faste tilsynsrunder, og ved kontroll av trafikktekniske installasjoner og sperringer. Arbeidsoppgavene innebærer: å assistere utrykningsetater, utføre trafikkdirigering og sette nødsperring, opprydningsarbeid etter trafikkuhell eller lignende hendelser, følge opp drift- og vedlikeholdsoppgaver, inspeksjon av trafikkinstallasjoner og tekniske rom, entreprenørkontrakter og byggherrekontroll, samt behandling og dokumentasjon av skadesaker.

Det er lite dokumentasjon på effekten av dette tiltaket men i rapporten av Engebretsen og Amundsen (2004) har de satt sammen en krystabell som viser sammenheng mellom bistand som er brukt og årsak til hendelse. Av tabellen kan vi se at Vaktbilen har bistått med 1247 av ca. 3150 hendelser. Spesielt mindre hendelser som drivstoffmangel og gjenstand i vegbanen

Masteroppgave vår 2016

blir i hovedsak håndtert av vaktbilen. De fleste «uoppgitte» eller «annet» årsakene er også plassert på vaktbil/vegvesen.

ÅRSAK	BISTAND							Uoppgitt	SUM ÅRSAK
	Ambulanse	Brannvesen	Medtrafikant	Politi	Redningsselskap	Selvhjelp	Vaktbil/vegvesen		
Annet	4	14	34	72	105	99	142	213	683
Bensinmangel	2	-	46	51	112	68	300	12	591
Brann/branntilløp i kjøretøy	11	16	1	16	11	3	12	2	72
Gjenstand i kjørebane	1	1	3	24	4	5	151	24	213
Gående i tunnel	1	-	2	36	-	8	4	2	53
Kollisjon med annen gjenstand	2	1	1	17	10	1	21	2	55
Kollisjon med annet kjøretøy	67	55	10	107	90	16	66	5	416
Kollisjon med tunnelvegg	49	42	13	72	62	4	58	3	303
Last falt av	3	3	2	20	5	6	35	2	76
Lekkasje	3	4	2	4	5	2	8	1	29
Punktering	2	1	4	28	69	34	30	5	173
Teknisk feil på kjøretøy	5	7	106	211	780	186	361	40	1 696
Uoppgitt	5	5	6	40	34	25	59	75	249
Sum BISTAND	155	149	230	698	1 287	457	1 247	386	4 609

Figur 18 Krysstabell bistand/årsak (Amundsen & Engebretsen, 2004)

Falck VägAssistans opererer på Stockholms vegnett og i tunneler (Södra og Norra länken) for å minske forstyrrelser i Stockholmstrafikken. Det store tunnelsystemet medfører et økende krav på Vägassistans (Kronborg, 2014). Vägassistans inngår som en viktig del av sikkerhetskonseptet for Södra länken og fungerer som en vaktmester som er på plass før entreprenører. Det gule 12 tonn tunge kjøretøyet er blant annet utstyrt med TMA-påkjørings skjold som skal beskytte hendelsesstedet. «Truck mounted attenuator» skal kunne brukes i trafikk for hastigheter opp til 90km/t hvor påkjørsel ikke vil forårsaker alvorlige personskader. Kjøretøyet dirigeres av Trafikk Stockholm som overvåker Stockholmstrafikken via flere kamera (Kronborg, 2014).

VägAssistansbilene i Stockholm er utrustet med følgende (Kronborg, 2014):

- TMA – påkjørings skjold
- Takskilt med pil som kan foldes
- Skiltskap med «rullegardinsskilt»
- Advarselslys
- Blålys og sirene (brukes bare ved hendelser i eller rundt Södra länken).
- Dobbelhytte for å kunne ta inn ett antall personer
- Dieseldrevet varmesystem
- Frontmonterte videokamera med sending til «Trafik Stockholm»
- 3 brannslukkere på 5-6 kg

Masteroppgave vår 2016

- Defibrillator og medisinsk utstyr
- Rakel (samband), mobiltelefon og skannere
- GPS
- Takskjold for å kunne stå på taket
- Slepekrok
- Veiskilt
- Varselsklær, støvler, hjelm, osv.
- Sopekost, sand, salt, mm.
- Verktøy
- 25 liter bensin, 25 liter diesel, glykol
- Startkabel, jekk, skiftenøkkel, strøm
- Tau
- Kamera, markeringsfarge
- Stige, fyllingsmasse, kum løft, kapp maskin (bolter), motorsag
- Dokumentasjon over vegnett, trafikksignaler, planer, regler og andre myndigheter

Det har blitt gjennomført to vurderinger av Vägassistans, samt en rapport om videreutvikling av tjenesten i

- VägAssistans, Utvärdering av hittillsvarande verksamhet, Transek 1999
Handla om Stockholm.
- VägAssistans i Göteborg, Utvärdering av hittillsvarande verksamhet, Transek 2002
- Vägassistans rapport (Kronborg, 2014). Rapporten er basert på hvordan konseptet kan forbedres, ikke en direkte vurdering av effekten.

Begge vurderingene peker mot ekstremt høy samfunnsøkonomisk lønnsomhet (4,9 og 6). En nettonytteverdi på ca. 5 er en ekstremt høy verdi (Kronborg, 2014). Alt over null er ifølge vurderingen lønnsomt, mens bare 1 allerede anses som veldig lønnsomt. Disse vurderingene er relativt gamle og det er planlagt en ny slik vurdering i nærmere tid. Falck Vägassistans tror

nytteverdien vil være enda høyere nå enn i de tidligere vurderingene.



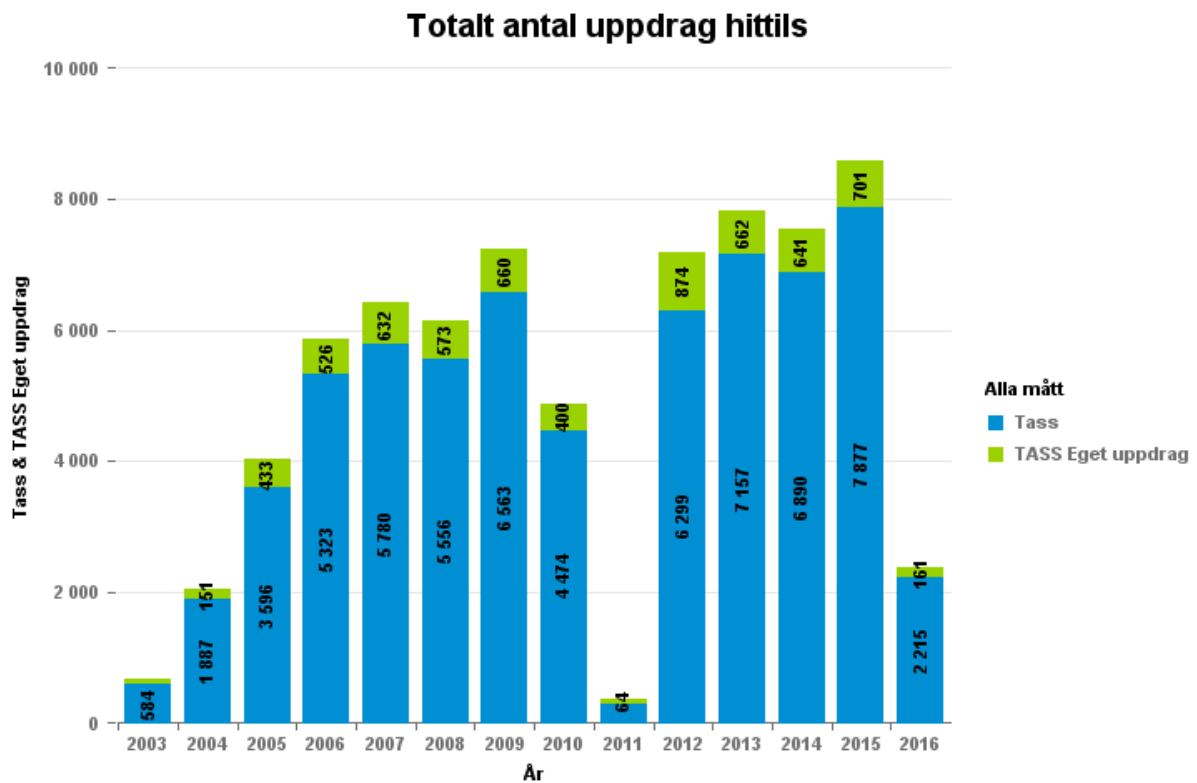
Figur 19 VägAssistans (Kronborg, 2014)

Vägassistans er et oppdrag som ble lagt ut på konkurranse i Stockholm. Oppdraget har en kontraktperiode på 6 år og er finansiert av Trafikkverket Stockholm. Falck har fått oppdraget og blir betalt med en fast sum og er ikke basert på antall oppdrag. Betaling for antall oppdrag vil gi et feil bilde av hensikten til Vägassistans. Samtidig må oppdragene loggføres for å vise effekten av konseptet. Bakgrunnen for et slikt konsept hvor trafikantene får «gratis» hjelp, er at dette gir en større nytte i det lange løp. F.eks. vil nytten være større ved å flytte bort en lastebil fra veien enn at denne personen står der og venter. Grunnet store kostnader for å ringe bilbergere venter ofte trafikanter på hjelp fra kjente, eventuelt bruker de mye tid på å skrive skademelding før de gjør noe med kjøretøyet i vegkanten.

Vägassistans har i dag 21 fulltids ansatte og 15 deltidsansatte som jobber på skift. 7 av kjøretøyene patruljerer eller er stasjonert i Stockholmstrafikken og to kjøretøy er fordelt på Södra og Norra länken. Hvis utgangspunktet er Stockholm sentrum, opererer VägAssistans i en omkrets på 2,5 mil fra utgangspunktet, hvor oppgaven i hovedsak er å forhindre stopp i

trafikken. De ansatte må delta på et 3 måneders kurs innen førstehjelp, brann og navigering for å nevne det viktigste. Mange av de ansatte, spesielt deltidsansatte, har erfaring fra nødetater (ambulanse, brann - og politifolk) og sitter med erfaring og kunnskap som er nødvendig for å drifte en effektiv first responder enhet. Med denne erfaringen kan førerne lettere ta kalkulerede beslutninger om å tilkalle andre etater når det trengs. Det ligger et grensesnitt for når en slik avgjørelse skal tas, men til slutt er det en skjønsmessig vurdering som må til. Trafikksentralen tar første vurdering så skal VägAssistans, som er første innsats på stedet, videre vurdere om andre etater bør tilkalles. For VägAssistans er det veldig viktig med et bra samarbeid mellom andre etater og VägAssistans om konseptet skal fungere optimalt.

Vanligvis kommer en stor del av oppdragene via trafikksentralen. På trafikksentralen får man automatisk varsel via SOS, AID og telefonsamtaler etc. Telefon er fortsatt et viktig informasjonsredskap. Trafikk Stockholm har gjennom GPS et overblikk over tilgjengelige kjøretøy og gir ut oppdrag via radio (Rakel) og digitalt gjennom alarmeringssystemet TASS. TASS genererer også statistikk over oppdragene. Mottaker av oppdraget rapporterer tilbake via TASS at oppdraget er utført og legger til nødvendig informasjon relatert til hendelsen slik at disse kan loggføres, analyseres og brukes som statistikk. Det kan til tider være et problem da hendelser som tilløp til brann blir håndtert og rapportert som stillestående kjøretøy og ikke branntilløp. Slike eksempler viser at det kan være vanskelig å vurdere effekten av konseptet, og at effekten derfor gjerne er bedre enn det analyse og statistikk viser.



Figur 20 Hendelser registrert i TASS (Falck Vägassistans, 2016)

Kjøretøyene opererer i egne områder og har forskjellig responstid. I gjennomsnitt har de, ifølge statistikk, en responstid på 12.8 minutter til de er på plass ved hendelsen. Ved 90% av tilfellene vil Vägassistans-føreren løse problemet på egenhånd. For kjøretøy som er utplassert ved Norra og Södra Lenken er responstiden, i gjennomsnitt, halvert. Bakgrunnen for dette er naturligvis at de oppholder seg i området rundt tunnelen, men også nye regler som gir kjøretøyet muligheten til å bruke blålys ved hendelser i tunnel. Tunnelene er ekstremt sårbare for hendelser og rask respons er nødvendig for å opprettholde trafikkflyten. En hendelse hvor en bil har kjørt i tunnelveggen og blir stående stille, forventer Vägassistans med hjelp av bergingsbil å kunne starte trafikken ca. 20-25 minutter etter hendelsen. Hvis en bil blokkerer to felt vil gjerne to Vägassistanskjøretøy brukes for å stenge hvert sitt felt mens trafikken fortsetter i det tredje felt. Det skal mye til for at de stenger et helt løp.

Masteroppgave vår 2016

	Januar	Februar	Mar	Apri	Maj	Jun	Juli	August	Septembe	Oktobe	Novembe	Decembe	Medelvårde Skap.- påplats
2013	13	12,5	11,7	11,8	13,6	12,8	13,1	13,1	12,2	13,2	12,8	13,3	12,78557609
2014	12,3	12,5	12,9	12,8	12,7	13	14,4	12,5	12,1	11,9	12,8	12,2	12,68506773
2015	12,7	11,8	11,9	12,3	13,2	14,1	14,7	12,7	13	12,7	12	12,7	12,85538066
2016	12,6	12,1	12,1										12,29590143

Tabell 10 Tid fra rapportert skade til Vägassistans er på plass (Falck Vägassistans, 2016)

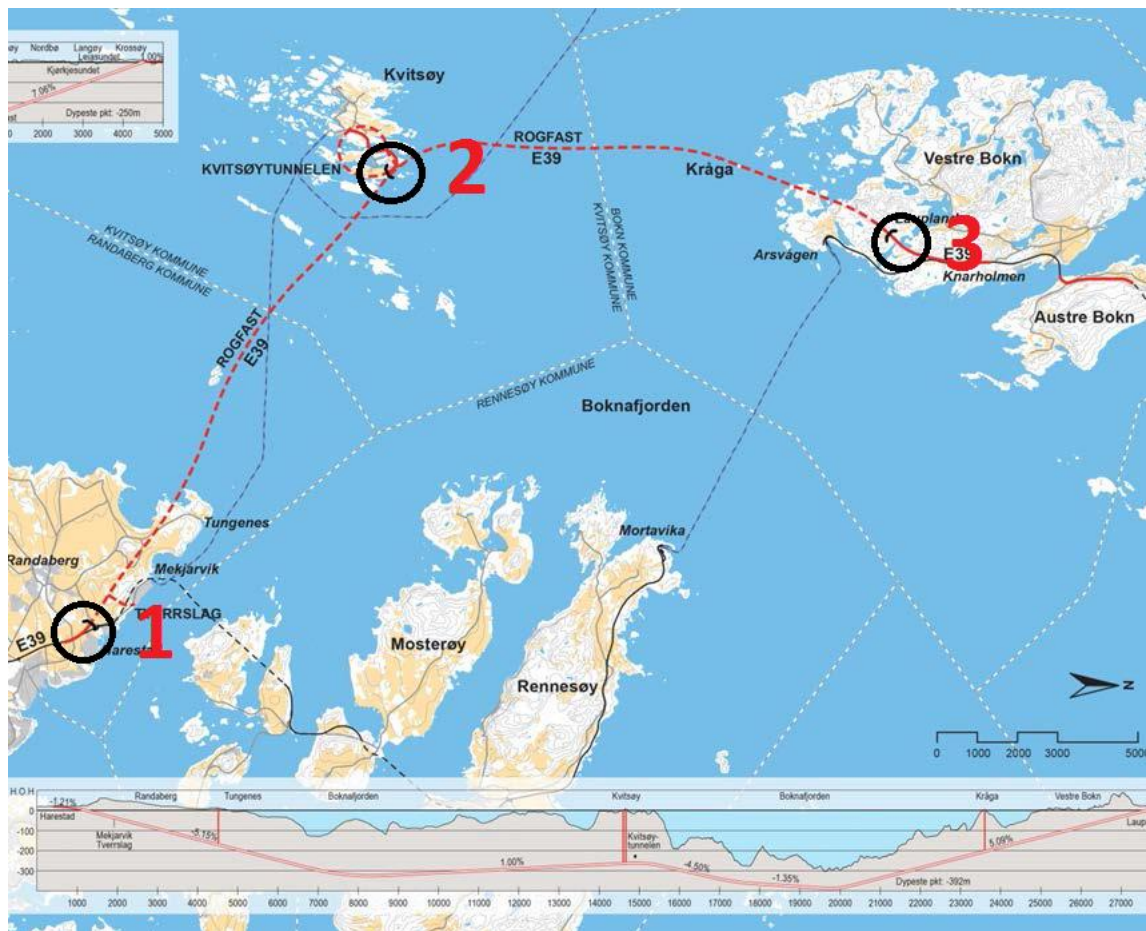
Tunnelen stenges sjelden helt fordi VägAssistans gjør oppdraget så raskt og effektivt at det holder å stenge av ett, evt. to felt. Ved større ulykker brukes Vägassistanskjøretøyet som et skjold til annen bergingsbil kommer til hendelsesstedet for å rydde opp. Statistikk viser at Södra länken bare var stengt i 1000 minutter i 2014. Ut fra tallet kan man si at VägAssistans har stor effekt på oppetiden, men siden tunnelen alltid har operert med dette konseptet vet man ikke nøyaktig hvor stor denne effekten er. Problemer relatert til stenging av felt er at det daglig er folk som ikke respekterer skiltingen, noen kjører til og med på bom i stengt tunnel. TMA-skjold i Stockholm er dimensjonert for å dempe støt opp til 90km/t, men VägAssistans mener det ikke er noe problem å oppgradere for veger med dimensjonerende hastighet på 110km/t. De fleste sammenstøtene med TMA-skjoldet skjer forøvrig i en hastighet på 30-40km/t.

Når det er 9 Vägassistanskjøretøy i trafikken er det naturlig å forvente en økt bemanning hos trafikksentralen i Stockholm. Det er alltid to som sitter med ansvaret for VägAssistans hos trafikksentralen, men de har også tid til andre oppdrag. Hver måned vurderes hendelsene i perioden, og blir sammenlignet med tidligere år for å lage statistikk. I møtene vurderes responstid, hvordan hendelsene over året har hatt effekt på trafikken og hvilke typer hendelser de har hatt siste måned. VägAssistans har to dedikerte analytikere som bearbeider logg og produserer statistikk som er etterspurt.

5.4 Hva kan gjøres?

Som et resultat av datainnsamling, vurdering av kritiske faktorer og en analyse av hvor forbedringspotensialene ligger, skal jeg presentere et sett av restriksjoner og kontroll som kan implementeres i Rogfastprosjektet for å redusere nedetid.

5.4.1 First responder enhet



Figur 21 Innsatspunkter

Figuren ovenfor viser tre innsatspunkt som er tilgjengelige for en potensiell first responder enhet. Den eneste kjørbare tverrforbindelsen er under Kvitsøy i et ruterkryss. Det vil i utgangspunktet si at hvis en hendelse forekommer i sørgående løp i første segment av tunnelen, vil en enhet stasjonert på punkt 1 måtte kjøre helt inn til ruterkryss for å komme

seg til sørgående løp. Det samme gjelder innsatspunkt 3 og for så vidt punkt 2, ettersom man ikke kan kjøre mot kjøreretning. En optimal beredskap med en enhet på hvert innsatspunkt ville gitt en responstid på mellom 1-10 minutter avhengig av hvor mye hastigheten for responder enheten blir redusert med ved en hendelse. Kvitsøyarmen er 4,1km lang, ca. midt i tunnelen og er plassert 13,5km fra hver av tunnelmunningene er utgangspunktet for tabellen under. Fra innsatspunkt 2 er det beregnet 4min fra uttrykning til kjøretøy er i hovedtunnel.

I tunnelen er det tverrforbindelser med hensyn til rømning for hver 250m og for hver 1500m utvides denne til en kjørbare tverrforbindelse på 4x4m beregnet for nødetater. Alternativt kan disse tverrforbindelsene brukes av en first responder enhet ved hendelser i motsatt løp. Kjørbare tverrforbindelsene bør ifølge VegRAMS (2015) ligge i havarinisjer i begge løpene. Ved å ha en havarinisje ved tverrforbindelsen er det mulig for kjøretøy å svinge av veien uten å bremse ned all fart og derfor unngå påkjørsel bakfra. I tabellen nedenfor er responstid fra de ulike innsatspunktene beregnet, samt tiden frem til hendelser hvis first responder enhet ikke kan bruke tverrforbindelser.

Hastighet hovedtunnel	Responstid 1 og 3 frem til Kvitsøykryss	Responstid 1 og 3 motsatt løp	Responstid 2 (fra Kvitsøy)	Responstid 2 motsatt løp
50km/t	1 - 16,2 min	16,2 – 33 min	4 - 21,1 min	21,1 – 37 min
80km/t	1 - 10,1 min	10,1 – 21 min	4 - 14,1 min	14,1 – 25 min
110km/t	1 - 7,4 min	7,4 – 15 min	4 – 11,4 min	11,4 – 19 min
80km/t og 50km/t i motsatt løp	1 - 10,1 min	10,1 – 27 min	4 – 14,1 min	14,1 – 31 min
110km/t og 50km/t i motsatt løp	1 - 7,4 min	7,4 – 24 min	4 – 11,4 min	11,4 – 28 min

Tabell 11 Responstid til «first responder enhet» inne i tunnel.

Ifølge VTS blir kjørefelt stengt og hastigheten senket i den strekningen hendelsen finner sted. Det vil si at ikke hele segmentet på 13,5km nødvendigvis har skiltet nedsatt hastighet, men heller en strekning på 2-6km. Dette er et punkt som ikke er klargjort i noen beredskapsplan og i tabell 11 er det derfor tatt utgangspunkt i at hele segmentet har nedsatt hastighet. Hvilken hastighet en first responder enhet kan rykke ut med er avhengig av regelverk ved innføring av et slikt tiltak. Vägassistans i tunnelsystemene i Stockholm har samme «status» som nødetater og kan kjøre med blålys til hendelsesstedet i tunnel. Konseptet er brukt over så lang tid i Stockholm at trafikanter har respekt for Vägassistans som utrykningskjøretøy og viker for dem. Hvis et felt stenges grunnet en hendelse kan for eksempel utrykningskjøretøyet bruke dette feltet til å kjøre forbi trafikk i det andre feltet som er åpent men har nedsatt hastighet. Leveson (2011) mener at fokuset på å unngå feil i systemer er erstattet med et større konsept for å implementere restriksjoner for å unngå uønskede hendelser. En first responder enhet kan i stor grad betraktes som et konsept for å redusere uønskede hendelser, hvor uønskede hendelser i dette tilfellet vil si følgehendelser og nedetid i form av redusert fremkommelighet eller midlertidig stopp. Hensikten med en first responder enhet er å raskt sikre skadested i samspill med VTS og fortest mulig normalisere situasjonen. Dette vil kunne avlaste andre nødetater ved hendelser. Ved ankomst til hendelsessted kan enheten ta en avgjørelse, sammen med VTS, om andre nød - /redningsetater må tilkalles.

Tverrforbindelser kan brukes hvis enheten får status som «nødetat» (alternativt endret regelverk ved innføring av konseptet) og alt etter hva VTS anser som beste innsatspunkt. VTS gir videre beskjed til politiet/responder enhet om hvilken rute de skal bruke. Hvis en first responder enhet får et oppdrag kan den altså bruke tverrforbindelsene uten at det overskrider noen regelverk, gitt at VTS gir klarsignal. Bruken av tverrforbindelse skal ikke være kun basert på hendelsens omfang men hva som er mest sikkerhetsmessig forsvarlig. Ved å utnytte tverrforbindelsene trenger heller ikke alle innsatspunktene bemannes med en first responder enhet. Alternativet ville vært innsatspunkt 1 og 3 eller bare innsatspunkt 2. Den beste sikkerhetsmessige løsningen vil være å ha to enheter hvor ansvaret spenner fra

vegassistanse til drift- og vedlikeholdsoppgaver. Ved simultane hendelser vil to enheter kunne tilby større kapasitet og derfor redusere nedetid. Denne løsningen har responstider som er gullet ut i tabell 11.

Dagens driftskontrakt for Stavanger er det fastlagt et krav til akseptabel forsinkelse for trafikanter, oppsummert i tabell 12. Rogfast vil havne i den midterste kategorien hvor 10 minutter blir en akseptabel forsinkelse. Ved behov for utvidet stengning må dette avklares med byggherre i hvert enkelt tilfelle (Statens vegvesen Region vest, 2016). På E39 i dag er det en utrykningstid opp imot 30 minutter i flere tilfeller. For å være innenfor «akseptabel forsinkelse» må en enhet være stasjonert nær tunnelportal i begge ender, samt ha tilgang til kjørbare tverrforbindelser for nødetaer. First responder enhetene kan stasjoneres utenfor tunnelportal, eventuelt sammen med brannstasjoner på Harestad og Bokn. I Bergen har de et forsøk med en egen driftskontrakt for drift av tunnel. En annen løsning er å forsterke den eksisterende driftskontrakten for Stavanger området, hvor elektro og drift har samme entreprenør slik at man får et større dedikert mannskap. Drift- og vedlikeholdsseksjonen i Stavanger har sett at driften på Ryfast og Rogfast vil gi en helt ny hverdag hvor tunnelene er ekstremt sårbar for stopp i trafikken. Et konsept er ikke utviklet men drift- og vedlikeholdsseksjonen i SVV ser at de nye kontraktene kan trenge en endring i retning av en utvidet tunnelberedskap med et dedikert og flerfunksjonelt mannskap for Rogfast/Ryfast.

Veg med færre enn 4 kjørefelt og ÅDT:	Veg med 4 eller flere kjørefelt og ÅDT:	Akseptabel forsinkelse
≤ 5 000		15 min.
5 001 – 10 000	≤ 30 000	10 min.
> 10 000	> 30 000	5 min.

Tabell 12 Akseptabel forsinkelse (Statens vegvesen Region vest, 2016)

For at et first responder konsept skal fungere må det være god samhandling mellom VTS, first responder enheten og redningsetater. Ved et havari vil enheten være først tilstede og

sikre skadestedet. Hvis kjøretøyet stenger et felt kan bergingskjøretøy tilkalles. En riktig beskrivelse av kjøretøyet er viktig, spesielt i tilfellet der det er et tungt kjøretøy. First responder enheten har radiokontakt med VTS og kan gi detaljer rundt hva som trengs av vanlig berger eller tungberger. I Bergen brukes trippelvarsling av redningstjenester (NAF, Viking og Falck) for å tilkalle nærmeste aktuelle berger. For å redusere nedetiden ved havari kan en slik beredskap vurderes, hvor alle bergingsselskapene oppringes samtidig av VTS. Mindre kjøretøy er som regel ikke et problem da de vippes på berger og kjøres rett ut av tunnel. Grunnet den store andelen tungtrafikk (15%) i Rogfast vil havari av tunge kjøretøy inne i tunnelen skape lengre perioder med redusert fremkommelighet. Problemer med tunge kjøretøy er ofte mer komplekse, hvor aksling kan være låst. Større kjøretøy kan ikke vippes på lasteplan men må slepes ut av tunnel, og hvis hjulene er låst kan dette gå sakte. En rask oversikt og tilkalling av bergingskjøretøy vil være en løsning som kan redusere nedetid ved havari, spesielt av tunge kjøretøy. Kvaliteten på tungbergning er det viktigste, det vil si at man heller bør vente 15-20 minutter på de beste bergerne. Hvis kunnskapene til personen som skal berge er på plass, er det her tid kan spares. Det kan arrangeres tunnelkurs med bergere for å vise hvilke muligheter VTS har og hva som ønskes av dem, sikkerhet i tunnel, samt hva som kan skje med biler. Et bedre samarbeid mellom bergere og VTS kan sikre at man ikke stenger tunnel ved tungbergning. Bergere er kjent i området og kan selv vurdere hva som er beste løsning for bergingen med støtte fra VTS. Tabellen nedenfor viser en oversikt over bergere som er aktuelle i Stavanger området. Både Falck og Viking er stasjonert på Forus og har to alternative kjøreruter (begge sider av Hafrsfjord).

Type berger	Selskap	Kapasitet	Responstid til innsatspunkt 1
5-akslet tungberger	Viking	100 tonn	15-20 min
3-akslet berger	Viking	50 tonn	15-20 min
Trekkvogn	Viking	Kran for å ta semi- og vogntog	15-20 min
4-akslet tungberger	Falck	100 tonn	15-20 min
2-akslet mellomberger	Falck	15 tonn	15-20 min

Tabell 13 Bergere i Stavanger-området



Figur 22 Tungberger til Falck

Et eksempel på kontroll er ifølge Leveson (2011) å implementere restriksjoner på en aktivitet på et nivå i et hierarki. Vägassistans opererer som trafikksentralen sin forlengede arm, hvor trafikksentralen mottar en alarm eller beskjed og nærmeste Vägassistanskjøretøy får oppdraget. Vägassistanskjøretøyet har ansvar for å registrere responstid, hendelsesomfang og andre detaljer som er relevante, for så å kvittere rapporten tilbake til trafikksentralen. Med tanke på problemer relatert til vegloggen så langt, kan et rapporteringssystem basert på det brukt av Vägassistans i Stockholm være en aktuell løsning. Dette vil avlaste VTS sine arbeidsoppgaver, samt potensielt forbedre loggføring av hendelser med hensyn til at enhetens personell er fysisk tilstede ved hendelsen.

På møte med VTS – vest kom det frem i diskusjon rundt kvaliteten på hendelsesdata, at bergings- og redningstjenester sannsynligvis har en bedre oversikt og statistikk over hendelser. Et rapporteringssystem som utnytter first responder enheter i Rogfast vil kunne styrke hendelsesdataene loggført hos vegtrafikksentralene. Det kan legges som et krav i konkurransegrunnlaget ved utlysning av et slikt oppdrag. Tilbyder som får oppdraget vil få oppdrag gitt av VTS gjennom radio og rapporteringsprogram på skjerm i kjøretøyet. Etter oppdraget er utført kan sjåfør utkvittere hendelsen gjennom tastetrykk på en skjerm, hvor eventuelle detaljer rundt hendelsen kan legges ved. VTS mottar kvitteringen og kan dobbeltsjekke og loggføre hendelsen i systemet.

Dokumentasjon og rapportering er allerede et krav i driftskontrakten for Stavanger hvor utrykninger, skader, uforutsette hendelser og hvilke tiltak som blir brukt skal rapporteres til byggherre gjennom ELRAPP (elektronisk rapportering). En videre rapportering til VTS vil ikke kreve mye mer arbeid. ELRAPP brukes til rapportering mellom byggherre og entreprenør, som et system for kontroll (Statens Vegvesen, 2015). Ifølge veiledningen er det ulike «roller» med ulik tilgang i ELRAPP. Det er blant annet «statistikkbrukere» med tilgang til rapporter og statistikk og «innsynsrolle» som gir lesetilgang. Ved å gi VTS en slik begrenset tilgang, eventuelt full tilgang, kan operatører eller fagledere loggføre/bekreftede riktig loggføring i vegloggen. Falck Vägassistans har blant annet to dedikerte analytikere som lager statistikk for hver måned basert på hendelser og responstid. Statistikk på responstid og hendelser

håndtert kan gi et bilde på hvilken effekt et dedikert mannskap med first responder enheter har for redusert nedetid i Rogfast, sammenlignet med de nå forventede responstidene.

En first responder enhet stasjonert på Rogfast vil ha en del dødtid og bør ha ansvar for å følge opp drift – og vedlikeholdsoppgaver samt inspeksjoner på lik linje med vaktbilen i Oslo. En høy vedlikeholdsstandard er ifølge Aven (1998) viktig for å bedre sikkerheten. I en høyteknologisk tunnel som Rogfast med rundt 13 000 objekter, vil vedlikehold være tidkrevende, men nødvendig. Med hensyn til at det er mange objekter i tunnelen vil det være hensiktsmessig med en «Block replacement» eller en «Minimal repair block replacement» vedlikeholdsstrategi. Disse strategiene baserer seg på bytter eller reparasjoner av ødelagte komponenter samt bytte av komponenter til fastsatte tider, for å opprettholde kvaliteten på utstyret. Responder enheten kan utføre inspeksjoner etter avtale i kontrakt og hindre uplanlagte avvik relatert til vedlikehold av Rogfasttunnelen.

Inspeksjon i tunnel er beskrevet i driftskontrakt del D1, og innebærer rutinemessig inspeksjon, enkle reparasjoner, overvåking av vegnettet samt egeninspeksjon i forhold til kontraktsarbeidet. Mal for driftskontrakt har et eget delkapittel for Drift og vedlikehold generelt (18) og en egen for tunnel (37). Generell del har et eget punkt for beredskap på vegnettet med krav til utrykning, tilgjengelighet, utstyr, personell, gjennomføring, håndtering og dokumentasjon. Et alternativ er å utvide og forbedre tunneldelen i driftskontrakten før Ryfast og Rogfast er ferdigstilt (eventuelt utvide eksisterende «spesiell beskrivelse» til slutt i delkapittel). Dette vil være en aktuell løsning da tunneler vil være en mye større del av vegnettet enn tidligere. I denne utvidede delen kan det være et krav om en «beredskapsstyrke» i kontrakten, med et gitt antall personer tilgjengelig, med nødvendig transportkjøretøy og utstyr for å kunne være i beredskap (utrykningsklare, slik at oppdrag kan utføres innenfor kontraktens krav).

Kjøretøy innen drift og vedlikehold kjører normalt med gule lys og må følge trafikkregulering som andre trafikanter. For at en first responder enhet skal spare tid og generelt ha en positiv effekt på nedetiden bør den ha status som utrykningskjøretøy. I Oslo er det bergingskjøretøy

som har fått blålys og i Bergen er det søkt om det samme. En ryddigere løsning kan være å lyse ut dette oppdraget separat, med spissede krav om kompetanse. Hvis egne brannstasjoner blir realisert utenfor tunnelmunningene vil brannvesenet ha mye ledig tid. Mannskapet kan være kompetente nok til å utføre oppdrag som kreves av en first responder enhet, som vil gi en stor kostnadsbesparelse i forhold til bemanning.

5.4.2 Trafikkstyring

Når VTS – vest får en alarm i vegvokteren, bør det være en enklere vei for operatør enn det som finnes i dag å utføre blant annet stenging av felt. I det operatør klikker seg videre mister de bildet og må gjennom en meny for å finne rett trafikkplan med riktig felt og retning. En måte å effektivisere prosessen på er å få ned antall klikk fra skjermbildet frem til riktig trafikkplan. Hvis en entreprenør ringer inn og sier hvilket felt/avsnitt som skal stenges er dette ok, men ved en alarm i en tunnel som Rogfast vil det være mange valg pga. den store lengden. Det må på en god måte etableres trafikkplaner som deles opp i retninger, felt og helst seksjoner. Løsningen kan ligge i gode snarveier som leder raskere fra alarm til trafikkregulering, hvor kamera selv vet hvor hendelsen har intruffet og gir en «gå til» knapp som leder til et sett av trafikkplaner for det aktuelle hendelsesstedet. Vegvokteren bør følge en fast norm og i utgangspunktet bør trafikkplaner i nye tunneler være mest mulig lik andre tunneler. Det er imidlertid ikke utenkelig at Rogfast bør ha et spesialisert system av trafikkplaner. Vegvokteren skal være et levende system, men ikke et system man må leve med.

En tunnel som Rogfast vil uansett måtte ha trafikkplaner som skiller seg ut fra andre tunneler i Region vest, grunnet to-vegs trafikk ved planlagte avvik. VegRAMS nevner kort at det kan være aktuelt med en lokal «mini-VTS» for Rogfast, noe som vil være enda mer aktuelt om man vurderer drift av alle tunneler i Stavanger området sammen. Det vil i alle tilfeller være viktig med lokal kunnskap og kjennskap til Stavanger området, hvilken beredskap som er tilgjengelig, responstid og en fysisk forståelse av utformingen av tunnelen. Mye kan læres gjennom simulatorer, men en kombinasjon av god grundig opplæring med omvisning og

simulator bør være et minimumskrav for de nye høyteknologisk tunnelene som skiller seg ut fra de allerede eksisterende tunnelene i regionen. Som tidligere nevnt er det et særskilt krav hos VTS – øst at operatørene får en fysisk omvisning i nye tunneler i tillegg til å gjennomføre simulator-tester.

VTS – øst har uavhengige kamerasystem med alarmmonitor, hvor kontrollspørsmål kommer på en annen skjerm. Fra situasjonen er startet kan bildene endre seg, og operatør må gå på separat skjerm for å velge riktig tunnel, retning, felt og avsnitt for å velge riktig regulering. Bildet på storskjerm gir den informasjon som operatør trenger for å finne frem til riktig trafikkplan. Et uavhengig kamerasystem er derfor ikke en ukjent praksis og er ikke spesielt kostbart.

Ved etablert tovegstrafikk kan det innføres en sikkerhetsmargin på eksempelvis 1500 meter, hvor møtende trafikk i samme felt detekteres gjennom automatikk (radar- og videodeteksjon). Alternativt kan kjøretøy som kjører i feil retning/felt detekteres dersom de kjører gjennom et gitt antall kamerasoner. Det vil si at hvis trafikant ikke registrerer at han/hun kjører feil, vil alarm gå når kjøretøy har passert eksempelvis 3 kamerasoner. For slike avvikssituasjoner kan VTS stenge felt i normal kjøreretning. Normal praksis i en slik situasjon er å stenge hele tunnellopet for å hindre nye kjøretøy i å komme inn i uønskede situasjoner. Bakgrunnen for at det bør være en sikkerhetsmargin, er at stenging av et tunnellop i seg selv er en uønsket hendelse. De fleste vil reagere på røde kryss, og variable skilt som er aktivert. Videosystemet kan generelt varsle VTS ved unormale hendelser, kjøring på rødt lys, feil kjørefelt, kødannelser, gjenstander i veibanen og fotgjengere i tunnel. Radioinnsnakk med jevne mellomrom under avvikende trafikksituasjoner og ved reetablering av normalsituasjon vil også kunne redusere hyppigheten av feilkjøring.

Innføring av to-vegs trafikk er kjent praksis i øst regionen hvor det har blitt tatt i bruk siden 1992. Trafikkregulering vil imidlertid være betraktelig mer komplisert i en 27km lang tunnel. Det bør derfor være to operatører med på reguleringen for å sikre at de svarer riktig på alle kontrollspørsmålene. Det er ved åpning av tunnelen for trafikk at risikoen for feil er størst.

Ved regulering av trafikk, uansett situasjon, skal det være mulig å gå tilbake til stengt tunnel umiddelbart. Det vil si at det er overgangsplaner fra en situasjon til neste, fra et kjørefelt stenges til stengt tunnel. Med en gang en slik regulering er gjort, må det sjekkes at det faktisk er gjort, slik at alt dobbeltsjekkes hele tiden. Ved tilbakeføring til normalsituasjon kan det brukes to sett med bommer, hvor to sikkerhetsbarrierer må brytes før man kommer i en farlig situasjon. Dette er ikke standard praksis nå, men kan ses på som en løsning for fremtiden. Begge vegtrafikksentralene og andre informanter peker nemlig på at den menneskelige faktoren (uoppmerksomme trafikanter) er den største usikkerhetsfaktoren i trafikkreguleringen.

Vegloggen har blitt pekt ut av flere som et forbedringsområde, men da et nytt rapporteringsprogram er under planlegging er det liten gevinst i å forbedre et utgående program som ikke vil være operativt ved åpning av Rogfast. Frem til et nytt program er i bruk kan loggføring og statistikk i vegloggen forbedres ved å kurse ansatte i vegloggen og statistikkmodulen. Vegloggen er tilgjengelig for alle SVV ansatte, og med kursing i programmet kan prosjektgrupper selv hente ut rådata og videre få frem hendelsesdata. Med kjennskap til rapporteringsprogram og statistikkmodul i fremtiden vil man spare mye tid og man kan gjøre en mer nøyaktig analyse av forventede hendelser og nedetid i Rogfast

5.4.3 Oppsummering

Tabellen nedenfor summerer opp forslag til tiltak relatert til Rogfasttunnelen fra foregående delkapittel. Tiltakene er av forskjellig art, hvor kostnadene er størst i de mest omfattende forslagene. Til gjengjeld gir konsept som etablering av en «first responder» enhet stor gevinst, med en tidsbesparelse på opp mot 30 minutter ved uønskede hendelser.

Dagens løsning	Forslag	Effekt	Kvantifisering	Usikkerhet
<i>Entreprenør bruker 30min+ ved uttrykning</i>	First responder enhet i hver ende av tunnelen med dedikert mannskap i en utvidet vaktmester-funksjon.	Påvirker antall følgehendelser , sikrer området, kortere uttrykningstid og redusert nedetid.	Uttrykningstid redusert til 1-10 minutter. Kostnader forventet å være 5-10 millioner i året.	Avhengig av forhold som nødetat status og regelverks- endring.
	Blålys – status som nødetat.			
<i>Driftskontrakt Stavanger</i>	Utvide/forbedre tunneldel av driftskontrakten	Elektro og drift hos en entreprenør. Dedikert mannskap.	10-15 millioner for drift av elektro- anleggene i tunnelen.	Stor usikkerhet kostnadmessig
<i>Trafikant tilkaller berger ved behov</i>	Felles oppringing av bergingsselskap fra VTS ved behov.	Reduserer nedetid. Berger prioriterer E39.	Responstid på 15-20 minutter	Avhengig av en avtale med entreprenør hvor de selv tar kostnad ved bomtur.

<i>Kamerasystem og trafikkstyring i samme program</i>	Redusere antall «klikk» frem til riktig trafikkplan	Reduserer tidsbruk ved trafikk-regulering.	Kan iverksette trafikkplan etter ca. 20 sekunder.	Kostnader knyttet til utvikling av system.
	Separat kamerasystem			
<i>Stenge tunnelløp ved feilkjøring i etablert to-vegs trafikk</i>	Innføre sikkerhetsmargin på 1500m+, evt. over et gitt antall kamerasoner.	Reduserer nedetid.	Sparer 20-30 minutter på å unngå stengning	Vurdering av redusert nedetid mot økt risiko for uønsket hendelse
<i>En operatør styrer regulering</i>	To operatører er med på etablering av to-vegs trafikk samt reetablering av normalsituasjon	Reduserer sjansen for uønskede hendelser.	Sparer 20-30 minutter på å unngå stengning.	Usikkert hvor mye det faktisk bidrar til å redusere nedetid.
<i>Opplæring operatør</i>	Kombinasjon av god grundig opplæring med fysisk omvisning og trening i simulator.	Reduserer tidsbruk ved trafikk-regulering. Redusert nedetid.	10-20 sekunder raskere responstid ved uplanlagt hendelse.	Tidsbesparelsen kan øke hvis operatør bruker sin kjennskap til å guide andre etater.
<i>Loggføring i vegloggen</i>	Kursing og opplæring i vegloggen og statistikkmodul for VTS ansatte og alle andre som ønsker.	Bedre grunnlag for valg av riktig tiltak i fremtiden.	-	Rapporterings-systemet skal byttes ut i 2020.

Tabell 14 oppsummering tiltak.

6 Diskusjon

I dette kapitlet ser vi nærmere på funn fra intervju, dokumenter som er blitt benyttet, videre forskning og trekker linjer mellom teori for å videre svare på problemstillingen: «*Hvordan kan Statens Vegvesen på en best mulig måte håndtere hendelser i tunnelen for å begrense nedetid for E39 Rogfast?»*».

6.1 VegRAMS

VegRAMS har på lik linje med pålitelighetsanalyser et mål om å underbygge valg av tiltak og løsninger. Flere alternativer sammenlignes med hensyn til blant annet pålitelighet, effekt, kostnad og ikke minst sikkerheten ved tiltaket. VegRAMS beskrives av Norconsult(2015) som en ny metodikk for å vurdere standard i forhold til vedlikehold, drift og oppetid.

En vurdering av flere alternative tunnelløsninger må ses på som positivt. Man får et bredere perspektiv på fordeler, ulemper og kritiske faktorer som følger en kompleks undersjøisk vegtunnel. Det er vanskelig å predikere hvilket alternativ som er best for å kunne drive tunnelen på en sikker og effektiv måte i fremtiden. Som Leveson (2011) skriver, finnes det systemer som er for komplekse for en komplett analyse. Rogfast som et system havner i denne kategorien, fordi det ikke er tidligere erfaringer med tunneler av denne arten. Teorien fokuserer på systemet som en helhet og ikke på komponenter, hvor en del egenskaper ved systemet bare kan bli vurdert dersom de vurderes i en helhet (Leveson, 2011). VegRAMS vurderingen tar for seg enkelte deler separat, men har hele tiden et overordnet bilde av alternativene som til slutt vurderes i sin helhet. Et eksempel er valg av antall tverrforbindelser. Denne tekniske løsningen har stor innvirkning på hele systemet (Brannplaner, trafikkplaner, ventilasjon, osv.) og kan ikke vurderes ene og alene som et tiltak, men som en del av hele systemet.

Ulempen med en slik vurdering kan være at konsulent og/eller byggherre på forhånd har bestemt seg for hvilket alternativ de vil benytte seg av. Konsulent føler seg sikre på at det «beste» og anbefalte alternativet vil bli valgt og prosjekterer ut fra dette. Med utgangspunkt i vurderingene som er gjort, er det vanskelig å argumentere mot alternativ 2b i forhold til standard i forhold til vedlikehold, drift og oppetid. Men i vurderingen av tunnelalternativene kommer også utfordringer med tanke på kostnader og kompleksitet. Når vegdirektoratet avviste 2b alternativet, har de ikke vært tilstrekkelig overbevist om at nedetiden for tunnelen er et stort nok problem til å øke kostnadene med 600 millioner kroner. Samtidig gir tverrsnittet nye utfordringer til entreprenør som skal utføre tunneldrivingen. Resultatene i analysen tyder på at operatører er gode til å håndtere situasjoner uten at løp må stenges, selv uten et gjennomgående havarifelt. Problemstillingen fokuserer på optimalisering av oppetid, og det er her at alternativ 2b kunne gitt gevinster, spesielt ved planlagte avvik.

6.2 Vegtrafikksentral

Leveson (2011) presenterer en generell modell for komplekse system som kan bli uttrykt i et hierarki med flere nivå, det ene mer komplekst enn det under. Nivået er karakterisert ved kritiske egenskaper. Målet med teorien er å forklare relasjoner mellom nivåene, hva skiller dem og hva linker dem sammen? Vegtrafikksentraler har som mål å opprettholde god fremkommelighet, høy trafiksikkerhet og regularitet i vegnettet. VTS sine kritiske egenskaper er å ha kontroll over tunnelsystemer gjennom trafikkregulering. Med et enkelt tastetrykk kan de sette i gang en prosess som regulerer tunnelen til en forhåndsbestemt status. VTS er i de fleste tilfeller første bidragsyter ved en hendelse i en vegtunnel, og skal sikre skadestedet for å unngå følgehendelser. VTS har videre ansvar for å varsle entreprenør, politi og redningsetater, som representerer et annet nivå i hierarkiet. Politiet har kritiske egenskaper som å representere skadestedsleder og fungere som VTS sine øyner i felten. Det betyr at politiet kan gi tilbakemelding på når tunnelløp/kjørefelt er klar for å åpnes igjen. Redningstjenester og entreprenør har kritiske egenskaper som å rydde og klargjøre tunnel for normalisering. Alle nivåene i beredskapen er nødvendige for en mest mulig effektiv

normalisering av hendelsesforløpet. Samhandlingen mellom nivåene i seg selv kan betraktes som en kritisk egenskap.

VTS – vest har et større utvalg av tunneler enn VTS - øst. Region vest har rundt 240 tunneler med stor variasjon i forhold til utstyr, ÅDT og lengde. VTS – øst har ansvar for ca. 52 tunneler hvorav de fleste er byntunneler med høy trafikk, og har kortere responstid fra redningsetatene. Informant fra VTS – øst hevder at de er mest «på» når det gjelder å håndtere situasjoner/sikre skadested raskt. Dette kan ha en sammenheng med at tunnelene i Region øst er mer trafikkerte og derfor mer sårbare for hendelser, spesielt i rushtiden. Dette kommer også frem hos VTS- vest som nevner at hendelser i høytrafikkerte tunneler som Fløyfjellstunnelen krever at operatører tar tidlige avgjørelser for å normalisere situasjonen raskest mulig og hindre stans i trafikkflyten. VTS – vest har ingen erfaring med innføring av to-vegs trafikk i to-løps tunneler, noe som peker i retning av at simulatorer for vegvokteren vil bli en viktig brikke i opplæringen av operatører i Bergen. VTS – øst har 26 års erfaring med overføring til to-vegs trafikk ved planlagt avvik og har årlig rundt 1500-2000 slike reguleringer. Dette er erfaringer innenfor samme etat som kan og burde bli utnyttet.

6.2.1 Kommunikasjon og kontroll

I Leveson (2011) sin systemteori heter det at et åpent system kan betraktes som en mengde koblede komponenter som holdes stabilt gjennom kommunikasjon av informasjon og kontroll. For å kunne kontrollere systemet må fire krav oppfølges:

- 1) Mål: Operatører må ha et mål eller et sett av mål

VTS sitt mål er å opprettholde god fremkommelighet, høy trafiksikkerhet og regularitet på vegnettet. Operatørene er styrt av et planverk med et sett av prosedyrer for alle mulige situasjoner som kan oppstå. Gjennom intervjuene kommer det frem at det viktigste for en operatør er å sikre hendelsesstedet raskest mulig, samt å etablere en god samhandling med de andre etatene som blir involvert i hendelsen.

- 2) Handling: Operatører må kunne være i stand til å påvirke systemet

VTS sin kjerneoppgave er å styre tunnelsystemer og regulere trafikken ved hjelp av trafikklys, variable skilt, bommer, mm. Operatørene påvirker også systemet ved å varsle andre nivå i hierarkiet som politiet, redningstjenester og entreprenør. Operatørene tar en beslutning på hvilken regulering som er nødvendig, men prosessen er som regel styrt av prosedyrer. Operatørene sin rolle er å starte prosessen for så å observere og kontrollere at den går som den skal. VTS – øst nevner at de bruker en signalplan, «executer», hvor alle mulige situasjoner som kan oppstå er lagt inn i signalplanen, for å utelukke menneskelige feil i trafikkstyringen. Kommunikasjon med etater som er fysisk tilstede ved hendelsen er viktig for å bekrefte at ting går som planlagt. På denne måten fungerer nød-/redningsetater (first responder enheten) som VTS sin forlengede arm i trafikken.

3) Oversikt: Operatørene må ha oversikt over systemet.

Operatørene skaffer seg oversikt over systemet ved å tilegne seg kjennskap til tunnelen og prosedyrene for kontroll og trafikkstyring. Det er for eksempel et særkrav i VTS – øst at man er til stedet ved åpning av ny tunnel for å se hvordan tunnelen ser ut. Deretter testes tunnelens overvåkningssystem med simulator. User Acceptance test må være gjennomført før tunnelen åpnes, hvor operatørene skal ha tilgang til en simulator minst 14 dager før åpning. VTS – vest ønsker også å ta i bruk simulator i vegvokteren for å forberede seg på trafikkstyringsutfordringene i Rogfast. De ønsker tilgang et år før planlagt åpning siden tunnelen er av en unik størrelse og inneholder rundt 13000 objekter. Når det gjelder besøk i tunnel før åpning er dette mer komplisert i region vest grunnet avstander og mengden tunneler i regionen. En bekymring kan være lokalkjennskapet til operatører som sitter i Bergen og skal styre tunneler i Stavangerområdet. Det er blant annet vurdert i VegRAMS at det kunne være aktuelt med en «mini-VTS» i Stavanger der det sitter operatører med større grad av lokalkjennskap. Hvor vegtrafikksentralen ligger er irrelevant grunnet teknologien og overvåkning i tunnelene. Det er heller ikke utenkelig at operatører fra VTS – vest besøker Rogfast ved en senere anledning før åpning, samtidig som de kan teste scenarioer gjennom den planlagte simulatoren for tunnelen 1-2 år i forveien.

- 4) Observere: Operatørene må kunne ha muligheten til å observere statusen til systemet.

Ifølge Leveson (2011) er dette gjort gjennom sensorer og kamera i ingeniørvirksomhet, og tunneler er intet unntak. De fleste tunneler har nå installert kameraer gjennom hele tunnelen som er koblet til software som registrerer uregelmessigheter i trafikken basert på forhåndsbestemte parametere (tid til deteksjon). En tunnel som Rogfast er så lang at å manuelt overvåke tunnelen til enhver tid vil være for bemannings- og tidkrevende. Tunnelen er som mange andre avhengig av automatikk, hvor alarmer går når uregelmessigheter blir registrert, og deretter kommer opp på skjermen til en operatør. Ulempen med høyteknologiske tunneler er at dess flere objekter som kamera og sensorer det er, jo flere feilmeldinger vil komme inn.

VTS sine arbeidsmetoder stemmer godt overens med Leveson (2011) sine krav til kontroll over et åpent system. Det finnes likevel andre faktorer som kan optimalisere kontroll, spesielt i unike tunneler som Rogfast. Aven(1998) skriver at analyse av utviklingen til hendelser over tid kan gi innsikt i årsakssammenhenger. Når man innfører endring i et system (nytt utstyr, kjøremønster o.l.) kan man observere endringer i hendelsesfrekvens over tid før og etter endringen ble innført. Dette er avhengig av at hendelser blir loggført på en slik måte at det går an å trekke ut resultater og bruke de i ettertid med en viss kvalitet som gir statistikken troverdighet. Det vil for eksempel si at man har, som informant fra VTS – øst sier, 26 års erfaring med overføring til to-vegs trafikk, men at det er vanskelig å hente ut detaljert hendelsesdata uten å ha god statistikk.

Hendelser i alle regioner loggføres av de fem Vegtrafikksentralene gjennom samme rapporteringssystem, vegloggen. Vurderingen av vegloggen virker å være noe forskjellig i de to vegtrafikksentralene. Region vest har vært gjennom en del oppgraderinger av tunneler i det siste, blant annet installasjon av kamera i eldre tunneler. Informanter fra VTS – vest tror at dette vil føre til et bedre grunnlag for å lage statistikk i fremtiden. Et annet problem for VTS – vest er at ingen har tilstrekkelig opplæring i vegloggen med hensyn til å hente ut

hendelsesdata. Meldingsrapportene som er brukt i denne oppgaven er som nevnt hentet ut av en representant fra VD. Hvis VTS – vest ikke har erfaring med å hente ut hendelsesdata fra vegloggen vil det være naturlig å anta at de heller ikke kjenner til kvaliteten på hendelsesdata fra vegloggen og hvor egnet systemet er for å lage statistikk. Informant fra VTS – øst virker å ha mer erfaring med vegloggen og betrakter det som dårlig og lite egnet for å lage statistikk. Det er likevel viktig at operatører læres opp til å vite hva de skal gjøre for å kunne hente ut tall og detaljer fra loggen som kan tolkes. Det jobbes med et nytt system som skal være klart til ca. 2020. Dette tyder på at VTS er innforstått med at systemet har mangler som må forbedres.

Videre arbeid med VTS vil være å gå dypere inn i programmene de bruker (Vegvokteren og vegloggen), bare da kan man bedre forstå hvilke utfordringer de møter og hvor forbedringspotensialet virkelig ligger. Etter samtaler/intervju med vegtrafikksentralene har spørsmål i oppgaven blitt besvart på en tilfredsstillende måte, men statistikk generert fra meldingsrapportene bærer en del usikkerhet med seg da den ikke gir god nok beskrivelse av årsaksforhold til hendelsene.

6.3 Tiltak

Pålitelighet til en enhet måles ved å se på dens evne til å utføre en tiltenkt funksjon - om den virker eller ikke ved behov i en driftssituasjon eller test (Aven et al., 2011). Falck Vägassistans bruker et rapporteringssystem (TASS) som gjør det mulig å registrere responstid til enhetene som er ute på oppdrag, samt type hendelse. Vägassistans er ikke en enkelt komponent hvor vi kan se om den virker eller ikke, men en enhet hvor vi kan vurdere dens funksjon ved å se på antall hendelser og innsatstid. Spørsmålet er ikke om den fungerer eller ei, men hvor effektivt dette tiltaket er i forhold til kostnader. I Stockholm har de regnet frem en kostnad for stopp/kø i trafikken, hvor en generell kostnad er på ca. 38 000 euro i timen. Responstiden til Vägassistans er ifølge tabell 10 ca. 12.8 minutter fra oppdraget er gitt til Vägassistans er på hendelsesstedet. I tunnelsystemene er responstiden det halve.

Hvis det finnes erfaringsdata kan systempåliteligheten estimeres direkte fra statistikk (Aven et al., 2011). Tabell 10 viser responstid for Vägassistans kjøretøy de siste 3-4 årene hvor tallene er så jevne at påliteligheten kan betraktes som høy. Det vil si at vi kan forvente, med relativt stor sikkerhet, at responstiden til Vägassistans vil være tilnærmet 12-13 minutter ved en rapportert hendelse. Gjennomføringstid og responstid er ikke det samme. Aven et al.(2011) beskriver gjennomføringstid som tiden det tar eller trengs for å utføre en beredskapsfunksjon- eller aktivitet. I dette tilfellet vil gjennomføringstid i sin helhet handle om responstiden, samt tiden det tar til situasjonen er normalisert. Statistikk på gjennomføringstid er ikke tilgjengelig, men en forventet tid til normalisering etter et trafikkuhell i tunnel vil være ca. 20-25 minutter ved hjelp av en bergingsbil. Ved mindre hendelser kan Vägassistans utføre oppdraget helt på egenhånd og gjennomføringstiden blir derfor lavere. Aven (1998) nevner at økonomiske beregninger ofte inngår i en pålitelighetsanalyse for en vurdering av uønskede hendelser opp mot kostnader til foreslåtte tiltak. Kritiske faktorer for dette konseptet kommer frem som kostnader for stopp i trafikk samt respons- og gjennomføringstid for enheten.

Hvordan trafikanter forholder seg til regulering av trafikken er relevant for å hindre uønskede hendelser. Informantene fra VTS – øst og Vägassistans nevner at trafikanter som ignorerer eller ikke oppfatter lysregulering, stengt kjørefelt, hastighetsreduksjon og bommer ikke er uvanlig. Å ha en first responder enhet tidlig på hendelsesstedet for å sikre området er derfor viktig. Kjøretøyene til Falck Vägassistans er utstyrt med kollisjonskjold (TMA) som er utstyrt for å kunne dempe en kollisjon for bilen som kjører inn i skjoldet. Kurvaturen i Rogfast er såpass god at de fleste steder vil det være god sikt for bilister. Med hensyn til at tunnelen er dimensjonert for 110km/t bør man vurdere en first responder enhet med TMA-skjold.

Hvis noe skulle vært gjort annerledes i oppgaven, eventuelt videre arbeid etter oppgaven burde fokuset være på aktuelle tiltak (omtalt som restriksjoner og kontroll i denne oppgaven). Man kan grave dypere i konseptene og generere et tydeligere bilde av effekten av tiltakene. Som tidligere nevnt er det høy kostnad pr. time med kø eller forsinkelser i trafikken. Å beregne eller utvikle modeller som kan gi estimer for kostnadene relatert til nedetid (reduisert fremkommelighet og stengt løp) vil gi mer nøyaktige kvantifiseringer av tiltakene og dermed også gi mer håndfast dokumentasjon på effekten av tiltak.

Forskning og innovasjon går i denne oppgaven ut på å utvikle løsninger på aktuelle utfordringer som står i veien for å gi prosjektet en optimal samfunnsøkonomisk gevinst. Tiltakene som er foreslått er i stor grad basert på kjent teknologi, men uprøvd i tunneler av Rogfast sin art og kompleksitet. Det bør, om det ikke implementeres, være mulig å gjennomføre prøveperioder for noen tiltak for å se effekten av dem. Løsningene kan evalueres, forbedres og utvikles før en endelig implementering av tiltakene.

7 Konklusjon

Hendelser i høyteknologiske tunneler som Rogfast blir i hovedsak identifisert gjennom software knyttet til kamera, som sender en alarm til VTS ved en detektert uregelmessighet. Gjennom intervju og arbeidsmøter har det kommet frem at operatørene i vegtrafikksentralene har kunnskaper og evne til å håndtere hendelser på en forsvarlig måte slik at de sjelden må stenge av et løp i Rogfasttunnelen. Hendelser knyttet til eksempelvis bilberging i tunnel med to felt i hver kjøreretning, fører sjelden til midlertidig stengning men heller til redusert fremkommelighet. Disse uttalelsene blir bekreftet gjennom en kvalitativ analyse av 502 hendelser, fra fem norske tunneler, på nivå 2 i meldingsrapportene.

Statens vegvesen bruker erfaringsdata for å beregne forventede hendelser i tunneler. Rogfast er, selv med sin unike størrelse og kompleksitet, intet unntak. I oppgaven har de 502 hendelsene fra meldingsrapportene blitt brukt som datamateriale for å lage et bilde av forventede hendelser og nedetid i Rogfast. Usikkerhet forbundet med å predikere forventede hendelser kommer av mangel på erfaringsdata i tunneler av Rogfast sin størrelse, og et rapporteringsprogram med en statistikkmodul som ytterst få har kjennskap til, samtidig som det er lite egnet til å generere statistikk.

Tiltak presentert i oppgaven tar utgangspunkt i kritiske faktorer identifisert gjennom analyser av relevante aktører og konsept som Vägassistans, trippelvarsling og vaktbilordning. Kritiske faktorer relatert til å begrense nedetid i Rogfast er identifisert som repons- og innsatstid til entreprenør og redningsetater. Kritiske faktorer identifisert hos VTS innebærer kostnader, tidsbruk, systemdesign og håndtering av planlagte og uplanlagte avvik.

Generelt sett fungerer de aktuelle vegtrafikksentralene på en god og effektiv måte med hensyn til å håndtere hendelser av en liten til middels alvorlighetsgrad. VTS - øst har selvstendige og handlekraftige operatører med fysisk kjennskap til tunnelen som ikke nøler

med å utføre handlinger for å sikre hendelsesstedet. VTS – vest har et godt samarbeid med bergingsselskapene gjennom trippelvarsling, et konsept utviklet etter initiativ i Region vest. Et tettere samarbeid mellom vegtrafikkentralene kan være en løsning for å utnytte kunnskap og metoder for trafikkstyring som har vist seg å fungere godt i hver av de respektive sentralene. VTS – vest som vil ha ansvaret for styring av Rogfast ved åpning, kan også redusere tidsbruk innen trafikkregulering ved å ha et uavhengig kamerasystem med alarmmonitor, eventuelt ved å redusere antall klikk fra alarmmonitor frem til riktig trafikkplan.

For å oppnå en optimal eller akseptabel oppetid er betydelige tiltak nødvendig. En «first responder» enhet, basert på Vägassistans og vaktbilen med en utvidet vaktmesterfunksjon, er presentert som beste strategi. Hovedformålet med Rogfast er å gi trafikantene en stabil forbindelse over fjorden som er trafiksikker og tidsbesparende. Et «first responder» konsept i Rogfast vil koste opp til 10 millioner i året med bruk av to enheter, men vil til gjengjeld spare rundt 30 minutter når det oppstår uforutsette hendelser.

Videre arbeid basert på masteroppgaven kan være å grave dypere i rolle, funksjon og utforming av «first responder» enheten. Konseptet bør evalueres, forbedres og utvikles før en endelig implementering av tiltak. Deretter kan man se på muligheten for å utvide konseptet til å fungere for flere tunnelsystem, hvor Eiganes-, Hundvåg- og Ryfylketunnelene bør inkluderes.

8 Referanser

- Amundsen, F. H., & Engebretsen, A. (2004). *Hendelser i vegtunneler: Analyse av registreringer i MERKUR utført av de fem vegtrafikksentralene*. Oslo: Statens vegvesen.
- Aven, T. (1998). *Pålitelighets- og Risikoanalyse*. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K., & Sandve, K. (2011). *Samfunnssikkerhet*. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Banfield, E. C. (1959). Ends and Means in Planning. *International Social Science Journal Vol XI, No.3*, ss. 361-368.
- Engebretsen, A., Wiencke, H. S., & Midtgaard, A. (2007). *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler*. Statens Vegvesen.
- Falck Vägassistans. (2016). *Vägassistans uppföljning*. Stockholm: Falck.
- Hart, P., Rosenthal, U., & Kouzmin, A. (1993, May 25). Crisis Decision Making: The Centralization Thesis Revisited. *Administration & Society*, ss. 12-45.
- Hofseth, M. (2014). *Beredskapsanalyse E39 Rogfast*. Stavanger: Statens Vegvesen.
- Hokstad, P. R., Mostue, B. A., Jenssen, G. D., Foss, T., Høj, N., Boye, C., . . . Holst, J. (2014). *E-39 Rogfast. ROS Analyse, tunnel*. Stavanger: Statens Vegvesen.
- Hokstad, P., Jenssen, G., Mostue, B. A., & Foss, T. (2012). *E-39 Rogfast. ROS Analyse, tunnel*. Stavanger: Sintef.
- Høj, N., Schubert, M., & Faber, M. H. (2012). *Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels*. Statens Vegvesen.

- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Cappelen Damm Akademisk.
- Kronborg, P. (2014). *Modern vägtrafikledning: Vidareutveckling av VägAssistans och utökad VägVakt*. Malmö: Movea Trafikkonsult AB.
- Leveson, N. G. (2011). *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*. Cambridge: The MIT Press.
- Njå, O., & Kuran, C. (2014). *Erfaringer fra redningsarbeidet og selvredning ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. Juni 2011*. Stavanger: IRIS.
- Norconsult. (2015). *VEGRAM*. Stavanger: Statens Vegvesen.
- Norconsult. (2016). *E39 Rogfast Forprosjekt skiltplan*. Stavanger: Norconsult.
- NOU. (2006:6). *Når sikkerhet er viktigst - Beskyttelse av landets kritiske infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2006-6/id157408/?ch=8>
- Perry, R. W., & Lindell, M. K. (2003). Preparedness for Emergency Response: Guide-lines for the Emergency Planning Process. *Disasters*, ss. 27(4): 336-350.
- Statens Vegvesen. (2015). *Bruerveiledning ELRAPP*. Statens Vegvesen.
- Statens Vegvesen. (2016). *Prosjektstyringsplan*. Stavanger: Statens Vegvesen.
- Statens vegvesen. (2016). *Rogfast besøk, orientering om VTS*. Bergen.
- Statens vegvesen Region vest. (2016). *Driftskontrakter*. Stavanger.
- Søvik, A. P. (2015). *Etterpåklokkap på forhånd - utfordringene i driftsfase løses med VEGRAMS*. Statens Vegvesen.

9 Vedlegg

9.1 Intervjuguide VTS

VTS - Øst

CASE: Norconsult foreslår at tunnelen må tømmes før trafikken kan begynne med toveistrafikk i et løp. Er det mulig å starte toveistrafikk før tunnelen er tømt?

1. Styres alle skiltene manuelt eller er det noe som går på automatikk? (Seriekobling for et helt felt)
2. Ved et tilfeldig avvik hvor en bil står stille i et felt, hvordan oppdages dette og hva er så fremgangsmetoden til VTS? Hvor lang tid tar det før et avvik blir registrert?
3. Ved et planlagt avvik f.eks. vegarbeid hvordan er fremgangsmetoden til VTS?
4. Hvor mange er med på å ta avgjørelser når det oppstår avvikssituasjoner?
5. Finnes det en oversikt over de ulike prosedyrene operatører har for ulike situasjonen?
6. Hvis operatør opplever at det haster har personen mulighet for å ta en avgjørelse på egenhånd uten bekreftelse fra andre?
7. Før to-vegs trafikk innføres hvilke prosedyrer må VTS gjennom?
8. Hvilke hendelser blir loggført og hvordan blir hendelser loggført? Hvilken usikkerhet er knyttet til hendelser (feillogging)?
9. Hvordan fordeles hendelser (kategorier)? Personskade, materiell skade, motorstopp, brann, dødsulykker, ting i veibanen osv. Er det likt som VTS-vest?
10. Hva er deres erfaringer med hvilke type hendelser som gir følge-ulykker/hendelser?
11. Er det noen hendelseslogg eller statistikk fra Operatunnelen og oslofjordtunnelen fra de siste årene?
12. Finnes det planer for oppgradering og oppdateringer av prosedyrer, håndbøker, retningslinjer eller bemanning de nærmeste årene?
13. Ville flere kjørbare tverrsnitt i en så lang tunnel begrenset nedetiden? Det ene alternativet inkluderte 2 tverrsnitt og Kvitsøy avkjørsel, men ble av konsulent vurdert som mindre sikkert (ekspert vurdering og transit).
14. Mangelfull skilting eller skilt ute av funksjon er listet som en årsak til uønsket hendelse. Hva er sjansen for at noe slikt skjer? Er det noen form for barrierer/redundans?
15. Med en høyteknologisk tunnel som Rogfast/Ryfast, er det sannsynlig at flere ulykker vil forekomme grunnet feil av operatører eller systemet? Hva anser dere som de største fordeler/ulemper med høyteknologiske tunneler?

16. Rogfast er utsatt for høy nedetid ved mange stengninger i løpet av et døgn (ref. ROS-analyse med 1469 hendelser pr år) når det tar 30min å tømme tunnelen før innføring av to-vegs trafikk. Finnes det noen alternative løsninger på å innføre to-vegs trafikk uten å tømme tunnelen? Hva er dine tanker rundt denne problematikken?

VTS – vest

1. Styres alle skiltene manuelt eller er det noe som går på automatikk? (Seriekobling for et helt felt)
2. Ved et tilfeldig avvik hvor en bil eller 2 står stille i et felt, hvordan oppdages dette og hva er så fremgangsmetoden til VTS?
3. Ved et planlagt avvik f.eks. vegarbeid hvordan er fremgangsmetoden til VTS?
4. Hvor mange er med på å ta avgjørelser når det oppstår avvikssituasjoner?
5. Hvis operatør opplever at det haster har personen mulighet for å ta en avgjørelse på egenhånd uten bekreftelse fra andre?
6. Før to-vegs trafikk innføres er følgende prosedyrer nevnt:
 - o Tunnellopet stenges og tømmes for biler.
 - o VTS gjennomføre visuell sjekk av tunnelen ved hjelp av overvåkningskamera for å sikre at det ikke er noen kjøretøy igjen i tunnelen.
 - o VTS sjekker at fysiske barrierer, skilt og kjørefeltsignaler osv. ikke gir feilmelding.

Hva er deres tanker rundt dette?

7. Rogfast er utsatt for høy nedetid ved mange stengninger i løpet av et døgn (ref. ROS-analyse med 1469 hendelser pr år) når det tar 30min å tømme tunnelen. Finnes det noen alternative løsninger på å innføre to-vegs trafikk uten å tømme tunnelen? Hva er dine tanker rundt denne problematikken?
8. Hvilke hendelser blir loggført og hvordan blir hendelser loggført?
9. Er det noen hendelseslogg eller statistikk fra Operatunnelen og oslofjordtunnelen fra de siste årene? (Evt. rådata)
10. Finnes det planer for oppgradering og oppdateringer av prosedyrer, håndbøker, retningslinjer eller bemanning de nærmeste årene?
11. Hvordan fordeles hendelser (kategorier)? Personskade, materiell skade, motorstopp, brann, dødsulykker, ting i veibanen osv.
12. Ville flere kjørbare tverrsnitt i en så lang tunnel begrenset nedetiden betydelig? Det ene alternativet inkluderte 2 tverrsnitt og Kvitsøy avkjørsel, men ble av konsulent vurdert som mindre sikkert (ekspert vurdering og transit).

13. Eventuelt hvilke komplikasjoner ville flere kjørbare tverrsnitt hatt for VTS?
14. Mangelfull skilting eller skilt ute av funksjon er listet som en årsak til uønsket hendelse. Hva er sjansen for at noe slikt skjer? Er det noen form for barrierer/redundans?
15. Det er satt av 50 millioner kroner for oppgradering av VTS i Rogfast budsjettet. Hva er det som planlegges oppgradert? (Bemanning, kapasitet, utstyr osv.)
16. Hvorfor er det ikke tilstrekkelig med statistikk å hente fra VTS. Er det et ansvarsområde dere ikke har fått? Er systemet for komplekst til å kunne analysere/generere statistikk?
17. Med en høyteknologisk tunnel som Rogfast/Ryfast, er det sannsynlig at flere ulykker vil forekomme grunnet feil av operatører eller systemet? Hva anser dere som de største fordeler/ulempene med høyteknologiske tunneler?
18. Ryfast, hvor langt er dere i prosessen der?

Masteroppgave vår 2016

9.2 Meldingsrapport excelark

Årsak samlet	Bømlafjord	Byfjord	Fløyfjell	Lærdal	Mastrafjord	SUM	%
1: Midlertidig stengt bilberging	7	16	16	3	6	48	0,178
2: Midlertidig stengt brann	3	5	1	4	5	18	0,067
3: Midlertidig stengt dyr i vegbanen	0	0	1	0	1	2	0,007
4: Midlertidig stengt fare for ras	0	0	0	0	0	0	0
5: Midlertidig stengt flom	0	0	0	0	0	0	0
6: Midlertidig stengt gjenstander i vegbanen	1	5	5	2	2	15	0,056
7: Midlertidig stengt jordras	0	0	0	0	0	0	0
8: Midlertidig stengt olje-/bensin-/dieselsøl	0	1	2	0	0	3	0,011
9: Midlertidig stengt opprydningsarbeid	12	26	22	12	16	88	0,326
10: Midlertidig stengt oversvømmelse	0	0	0	0	0	0	0
11: Midlertidig stengt svært forurenset luft	3	13	1	1	1	19	0,070
12: Midlertidig stengt tekniske problemer	0	0	3	2	1	6	0,022
13: Midlertidig stengt trafikkuhell	10	16	31	5	8	70	0,259
14: Midlertidig stengt uvær	1	0	0	0	0	1	0,004
15: Midlertidig stengt vanskelige kjøreforhold	0	0	0	0	0	0	0
SUM Midlertidig stengt (avvik)	37	82	82	29	40	270	1,000
16: Redusert framkommelighet bilberging	11	15	130	4	9	169	0,728
17: Redusert framkommelighet brann	0	0	0	0	0	0	0
18: Redusert framkommelighet dyr i vegbanen	0	0	0	0	0	0	0
19: Redusert framkommelighet flom	0	0	0	0	0	0	0
20: Redusert framkommelighet gjenstander i vegbanen	0	0	4	0	1	5	0,022
21: Redusert framkommelighet jordras	0	0	0	0	0	0	0
22: Redusert framkommelighet olje-/bensin-/dieselsøl	0	1	0	0	0	1	0,004
23: Redusert framkommelighet opprydningsarbeid	2	4	9	1	3	19	0,082
24: Redusert framkommelighet oversvømmelse	0	0	2	0	0	2	0,009
25: Redusert framkommelighet snøras	0	0	0	0	0	0	0
26: Redusert framkommelighet steinras	0	0	0	0	0	0	0
27: Redusert framkommelighet sterk vind	0	0	0	0	0	0	0
28: Redusert framkommelighet svært forurenset luft	0	0	0	0	0	0	0
29: Redusert framkommelighet tekniske problemer	2	0	0	0	0	2	0,009
30: Redusert framkommelighet trafikkuhell	2	1	27	4	0	34	0,147
SUM Redusert framkommelighet (avvik)	17	21	172	9	13	232	1,000
SUM hendelser	54	103	254	38	53	502	
SUM hendelser pr. år	9,0	17,2	42,3	6,3	8,8	83,7	

Masteroppgave vår 2016

Årsak samlet (tid)	Bømlafjord	Byfjord	Fløyfjell	Lærdal	Mastrafjord	SUM (timer)	Hendelser
1: Midlertidig stengt bilberging	5,8	6,6	4,7	1	2,1	20,2	48
2: Midlertidig stengt brann	1,1	5,5	0,3	1,5	2,4	10,8	18
3: Midlertidig stengt dyr i vegbanen	0	0	0,2	0	0,2	0,4	2
4: Midlertidig stengt fare for ras	0	0	0	0	0	0	0
5: Midlertidig stengt flom	0	0	0	0	0	0	0
6: Midlertidig stengt gjenstander i vegbanen	1,5	2,7	3,3	0,9	0,7	9,1	15
7: Midlertidig stengt jordras	0	0	0	0	0	0	0
8: Midlertidig stengt olje-/bensin-/dieselsøl	0	0,7	1,6	0	0	2,3	3
9: Midlertidig stengt opprydningsarbeid	5,8	12,3	30,5	9,2	16,4	74,2	88
10: Midlertidig stengt oversvømmelse	0	0	0	0	0	0	0
11: Midlertidig stengt svært forurenset luft	0,9	2,7	0,1	0,7	0,5	4,9	19
12: Midlertidig stengt tekniske problemer	0	0	8,6	0,9	0,2	9,7	6
13: Midlertidig stengt trafikkuhell	12	22	28,2	18,2	7,5	87,9	70
14: Midlertidig stengt uvær	2,5	0	0	0	0	2,5	1
15: Midlertidig stengt vanskelige kjøreforho	0	0	0	0	0	0	0
SUM Midlertidig stengt (avvik)	29,6	52,5	77,5	32,4	30	222	270
16: Redusert framkommelighet bilberging	15,7	57,4	64,8	8	16,7	162,6	169
17: Redusert framkommelighet brann	0	0	0	0	0	0	0
18: Redusert framkommelighet dyr i vegban	0	0	0	0	0	0	0
19: Redusert framkommelighet flom	0	0	0	0	0	0	0
20: Redusert framkommelighet gjenstander	0	0	3,9	0	0,7	4,6	5
21: Redusert framkommelighet jordras	0	0	0	0	0	0	0
22: Redusert framkommelighet olje-/bensin	0	3,3	0	0	0	3,3	1
23: Redusert framkommelighet opprydnings	2,3	6,2	7,7	2,3	10	28,5	19
24: Redusert framkommelighet oversvømme	0	0	21	0	0	21	2
25: Redusert framkommelighet snøras	0	0	0	0	0	0	0
26: Redusert framkommelighet steinras	0	0	0	0	0	0	0
27: Redusert framkommelighet sterk vind	0	0	0	0	0	0	0
28: Redusert framkommelighet svært forure	0	0	0	0	0	0	0
29: Redusert framkommelighet tekniske pro	12	0	0	0	0	12	2
30: Redusert framkommelighet trafikkuhell	2	0,4	26,7	13,8	0	42,9	34
SUM Redusert framkommelighet (avvik)	32	67,3	124,1	24,1	27,4	274,9	232