

Prosjektoppgave

En analyse av tunnelhåndboka

Endringer i Statens vegvesens tunnelhåndbok, basert på
utvalgte størrelser, i perioden 1992-2024

Skien, 24.06.2024
Preben Rangnes

Forord

Denne prosjektoppgaven er utarbeidet i forbindelse med emnet E-BTS200-1 23V Prosjektarbeid på Tunnelsikkerhetsstudiet ved Universitetet i Stavanger. Emnet er det siste i en rekke av seks.

Jeg er universitetsutdannet bygg-ingeniør med 12 års arbeidserfaring innen samferdselssektoren. Karrieren min startet i 2012 og jeg har arbeidet som konsulent, med veg- og jernbaneprosjekter, for Byggherrer i utførelsesentrepriser og for Entreprenører i totalentrepriser. Flere av prosjektene jeg har arbeidet med kategoriseres som tunnelprosjekter, og majoriteten av totalentrepriseprosjektene jeg har arbeidet med er rassikringsprosjekter, der ny tunnel er prosjektets hoveddel.

Gjennom karrieren har jeg hatt et bredt spekter av roller i de ulike prosjektene. Først som veg-prosjekterende, deretter fagansvarlig veg og tunnel og videre som objekt-leder, prosjekteringsleder og prosjektleder. De siste tre årene har jeg arbeidet som rådgiver, nesten 100%, for en stor norsk entreprenør ifm. tilbudsarbeid, detaljprosjektering og utførelse av flere totalentrepriser.

Gjennom Tunnelsikkerhetsstudiet ved Universitetet i Stavanger har jeg sett en ny side ved det å bygge infrastruktur rundt omkring i det ganske land. Jeg har tidligere ikke tatt inn over meg at infrastrukturen jeg er med på å prosjektere og bygge har en sterk sammenheng med den totale samfunnssikkerheten i Norge. Gjennom studiet har jeg tilegnet meg kunnskap og innsikt i hva det faktisk betyr å bygge infrastruktur, og ser en mye større sammenheng mellom prosjektene, og de ulike fasene prosjektene må gjennom, fra visjon til realisering. Jeg vil derfor rekke en takk til alle medstudenter ved Tunnelsikkerhetsstudiet, alle foredragsholdere, spesielt Ove Njå og Henrik Bjelland for lærerike forelesninger og interessante diskusjoner og god veiledning.

Videre vil jeg takke Multiconsult for muligheten til å gjennomføre studiet med både finansiering og tilrettelegging. Det rettes også en takk til personene som aktivt har deltatt i mine diskusjoner knyttet til temaet som er analysert i denne oppgaven.

Skien, juni 2024
Preben Rangnes

Sammendrag

I Norge har vi lang historie med bygging av tunneler, og de første ble trolig bygget i forbindelse med gruvedrift før år 1500. Byggemetodene har endret seg siden den gang og i 1852-1853 ble de første jernbanetunnelene i Norge bygget. Vegtunnelene i Norge så først dagens lys rundt 1900-tallet.

Statens vegvesen omtaler sine vegnormaler som viktige styringsverktøy og hjelpemidler ved utforming og dimensjonering av offentlig veg- og trafikkanlegg. Norske vegtunneler er underlagt vegloven og tunnelsikkerhetsforskriften. Vegdirektoratet har hjemmel til å fastsette utfyllende bestemmelser utover, men ikke i strid med, vegloven og tunnelsikkerhetsforskriften. Vegnormal N500 er en normal som håndteres til dels som en forskrift og til dels som en norm/standard med supplerende bestemmelser, utover krav gitt av tunnelsikkerhetsforskriften. Den første utgaven av tunnelhåndboka (SVV Håndbok 021/N500) ble publisert i 1992, før vedtaket om tunnelsikkerhetsforskriftene.

Gjennom denne oppgaven er det gjort en analyse av krav- og regelverksutvikling i N500 basert på utvalgte størrelser:

- Selvredningsprinsippet
- Universell utforming
- Brann i tunnel
- Ventilasjonsprinsipper
- Geometrisk utforming
- Sikkerhetsutrustning

Gjennom arbeidet, og som grunnlag for analysen, er det utarbeidet en tidslinje som viser årstall for publisering av alle versjonene av N500. Tidslinjen inneholder også publisering av potensielle premissgivende krav og dokumenter, utvikling av utvalgte krav og størrelser, samt statistikk på kjøretøysbranner i tunnel i perioden 2008-2021.

I perioden som er analysert, har noen krav som kan knyttes opp mot de utvalgte størrelsene endret seg i varierende grad. Det er tydelige tegn til endringer i kravene ved publisering av tunnelsikkerhetsforskriftene, men det er ikke tydelige signaler om at kravene og regelverket endres på bakgrunn av statistikk og uønskede hendelser.

I det videre arbeidet innenfor temaet anbefales det å undersøke hvorvidt kost-/nyttevurderinger er med på å beslutte sikkerhetsnivå i norske vegtunneler. Videre vil det også være høyst relevant å undersøke hvorfor det oppleves at N500 til dels er i strid med bestemmelser gitt av tunnelsikkerhetsforskriften. Videre bør det også vurderes å analysere hvorfor regelverket utvikles og hvordan øvrige lov- og forskrifts-krav ivaretas i Statens vegvesens vegnormaler.

Forkortelser

DSB – Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap

SHT – Statens havarikommisjon for transport

SVV – Statens vegvesen

Meld. St. – Stortingsmelding

TØI – Transportøkonomisk institutt

TEN-T – Transeuropeisk transportvegnett

TSF – Tunnelsikkerhetsforskrift

TSFF – Tunnelsikkerhetsforskrift fylkesveg

TUNNELHÅNDBOKA – Statens vegvesen vegnormal for vegtunneler (021/N500)

NTP – Nasjonal transportplan

ÅDT – Årsdøgnetrafikk

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Forkortelser	4
Innledning	6
Teori	8
<i>Statens vegvesens normaler i hierarkiet</i>	<i>8</i>
<i>Samfunnssikkerhet</i>	<i>9</i>
<i>Forvaltning av Transport</i>	<i>9</i>
<i>Styring av sikkerhet</i>	<i>10</i>
<i>Nasjonal transportplan og nullvisjonen</i>	<i>11</i>
<i>Selvredningsprinsippet</i>	<i>11</i>
<i>Universell utforming</i>	<i>11</i>
<i>Brann i tunnel</i>	<i>12</i>
<i>Ventilasjonsprinsipp</i>	<i>13</i>
<i>Geometrisk utforming</i>	<i>13</i>
<i>Sikkerhetsutrustning</i>	<i>14</i>
Metode	15
Resultater	17
<i>Selvredningsprinsippet – en garanti for overlevelse?</i>	<i>17</i>
<i>Universell utforming – er rømning for alle?</i>	<i>17</i>
<i>Brann i tunnel – kan tunnelbrann være ufarlig?</i>	<i>18</i>
<i>Ventilasjonsprinsipp – brannventilasjon som en bonus?</i>	<i>19</i>
<i>Geometrisk utforming – hva med de gamle tunnelene?</i>	<i>20</i>
<i>Sikkerhetsutrustning – tryggere systemer?</i>	<i>21</i>
Drøfting	22
Konklusjoner og anbefalinger	24
Referanser	28
Vedlegg	30

Innledning

I Norge har vi lang historie med bygging av tunneler, og de første ble trolig bygget i forbindelse med gruvedrift før år 1500. Byggemetodene har endret seg siden den gang og i 1852-1853 ble de første jernbanetunnelene i Norge bygget.

Vegtunnelene i Norge så først dagens lys rundt 1900-tallet. Videre har utbyggingen av vegtunneler eksplodert og vi har i dag over 1250 vegtunneler i Norge (Transportøkonomisk institutt, 2023), hvor den lengste er Lærdalstunnelen på E16 i Vestland med sine 24510 meter. (Store norske leksikon, 2022)

Norge har med sin topografi blitt en tunnelnasjon for å kunne forbinde tettsteder, byer og samferdsel for trafikantene. Norge er i verdenstoppen på antall tunneler. Norge er også i verdenstoppen som et av verdens mest trafikksikre land (Statens vegvesen, 2023). I Norge har vi også en del tunneler som er gjenstand for tilløp til branner og reelle tunnelbranner, hvert eneste år. Dette sannsynligvis som følge av tunnelenes utforming og type trafikk som benytter tunnelene.

Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap har definert samfunnets kritiske funksjoner, og som en del av samfunnets funksjonalitet, stilles det krav til transport. Statens vegvesen har ansvar for å ta vare på, planlegge, utvikle, drifte og vedlikeholde vegtransportsystemet for brukerne og samfunnet. Statens vegvesen skal sikre transportevnen, sørge for sikre transportsystemer og legge til rette for sikker transport. Overordnet for vegtransportsystemet har vi vegloven og vegtrafikkloven.

Som utbygger, drifter og forvalter av infrastruktur er man i Norge også bundet av prinsipper om ansvar, nærhet, likhet og samvirke. Statens vegvesen som utbygger av vegtunneler i Norge er ansvarlig for at sikkerheten blir ivaretatt. Både i normalsituasjon og i en beredskapssituasjon. Det samme ansvaret har fylkeskommuner på fylkesvegnettet og kommuner på det kommunale vegnettet.

Norske vegtunneler er underlagt Tunnelsikkerhetsforskriften med opphav fra det europeiske *Tunnelsikkerhetsdirektivet* (COM(2002) 769 final, 29. april 2004). Det europeiske sikkerhetsdirektivet har vedtatt at alle medlemslandene skal følge direktivet for minste tillatte sikkerhetsnivå for alle vegtunneler som er lenger enn 500 meter på TEN-T-vegnettet. Samferdselsdepartementet har fremmet Tunnelsikkerhetsforskriftene, i 2007 og 2015, til å gjelde alle vegtunneler med lengde over 500 meter i Norge.

Statens vegvesen omtaler sine vegnormaler som viktige styringsverktøy og hjelpemidler ved utforming og dimensjonering av offentlig veg- og trafikkanlegg. Norske vegtunneler er underlagt vegloven og tunnelsikkerhetsforskriften. Vegdirektoratet har hjemmel til å fastsette utfyllende bestemmelser utover, men ikke i strid med, vegloven og tunnelsikkerhetsforskriften. Vegnormal N500 er en normal som inneholder både juridisk bindende krav i tråd med forskrift og supplerende bestemmelser som en norm/standard, utover krav gitt av tunnelsikkerhetsforskriften. Den første utgaven av tunnelhåndboka (SVV Håndbok 021/N500) ble publisert i 1992, før vedtaket om tunnelsikkerhetsforskriftene.

Deretter har det blitt publisert nye gjeldende versjoner av tunnelhåndboka. De nye publiseringene inneholder endrede og nye krav, knyttet til planlegging, bygging og forvaltning av vegtunnelene. Det som ikke kommer tydelig frem ved nye publiseringer av håndbøkene er hvilke krav som er endret og hvorfor nettopp de endrede kravene er endret. Nye krav presenteres heller ikke i noe mer detaljert grad enn at de blir gjeldende som en del av håndbokas innhold.

Gjennom denne oppgaven skal jeg se på den historiske utviklingen av Tunnelhåndboka, fra Statens vegvesen 021 (1992) til Statens vegvesen N500 (2024). Oppgaven skal ta for seg hvordan kravene knyttet til et utvalg av størrelser har endret seg i perioden, og det skal undersøkes om det foreligger noen tydelige foranliggende hendelser eller premissgivende krav som har medført endringene.

De utvalgte størrelsene:

- Selvredningsprinsippet
- Universell utforming
- Brann i tunnel
- Ventilasjonsprinsipper
- Geometrisk utforming
- Sikkerhetsutrustning

Utvalget er avgrenset til nettopp disse størrelsene, fordi det historisk sett, både nasjonalt og internasjonalt, har oppstått og oppstår tunnelbranner som er til fare for liv og helse, og gjennom TØI-rapport 1948/2023 er det påpekt at en stor andel tunnelbranner skjer i tunneler som er lange og bratte (Transportøkonomisk institutt, 2023).

Basert på overnevnte ønskes følgende problemstilling besvart:

Hvordan har krav i N500 endret seg i perioden 1992-2024, med tanke på de utvalgte størrelsene?

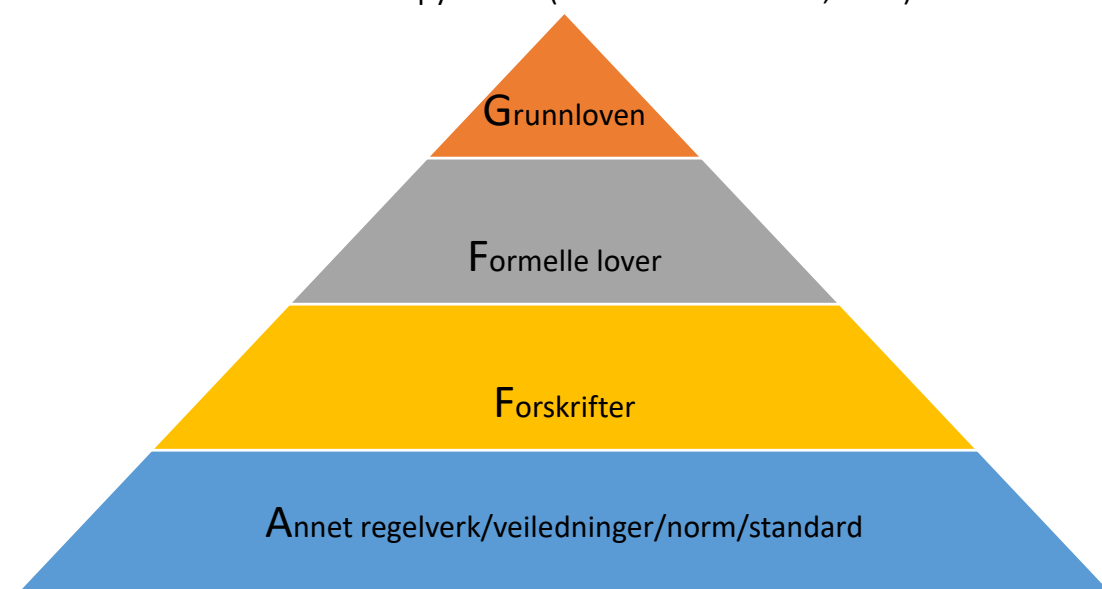
Dersom kravene endres betydelig, i perioden, ønsker jeg å undersøke grunnlaget for endringene og om det finnes noen sammenhenger mellom de utvalgte størrelsene, uønskede hendelser og endringer av krav.

Analysen vil ikke ta for seg kost-/nyttevurderinger da dette vil kreve et for omfattende arbeid for denne oppgaven.

Teori

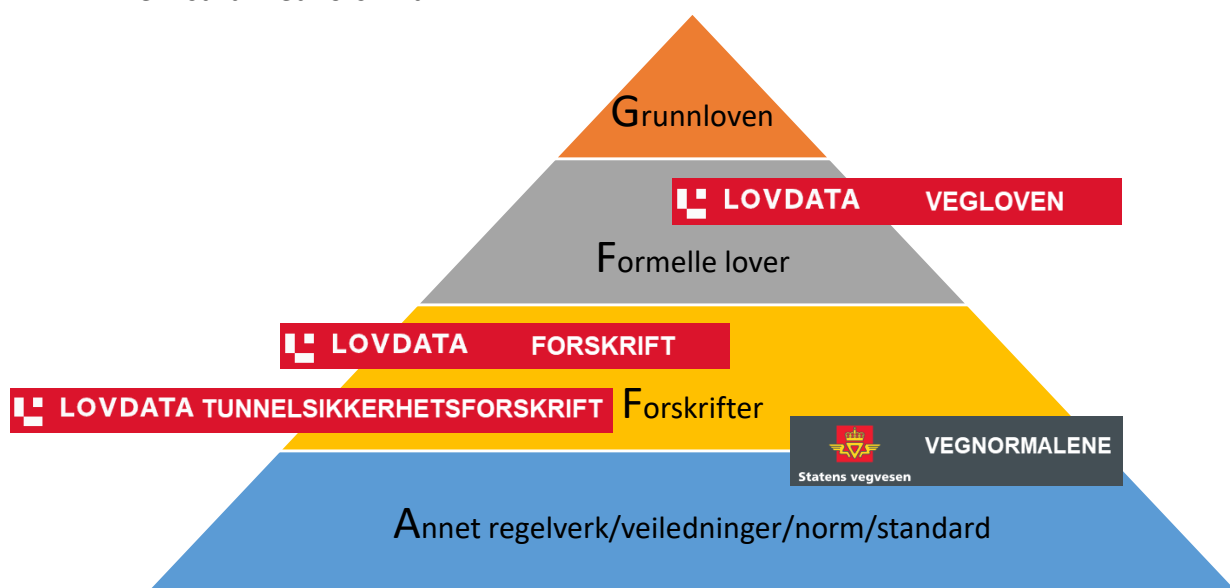
Statens vegvesens normaler i hierarkiet

Norges lover er bygget opp av et hierarki der Grunnloven troner øverst. Videre nedover i hierarkiet finnes formelle lover, før forskrifter og annet regelverk slår inn. Forenklet fremstilt som en pyramide (Naturvernforbundet, 2024).



Figur 1: Norges lover og regelverk i hierarkiet

Statens vegvesens normaler er hjemlet etter vegloven §13 vedrørende anlegg av all offentlig veg (Statens vegvesen, 2024b) og forskrift om anlegg av offentlig veg (Forskrift om anlegg av offentlig veg, 2007). Vegdirektoratet kan innenfor rammen av forskriften fastsette utfyllende bestemmelser, som formaliseres gjennom Statens vegvesens normaler. Statens vegvesen håndbok N500 er å anse som en vegnormal, der Vegdirektoratet er utpekt som fraviksmyndighet. Vegnormalene kan plasseres i grenseland mellom «Forskrifter» og «Annet regelverk/veiledninger/norm/standard», da fravik ikke gis for bestemmelser som er i strid med forskrift.



Figur 2: Vegnormalene og andre forskrifter i hierarkiet.

Samfunnssikkerhet

Begrepet samfunnssikkerhet ble først definert som et begrep innen offentlig forvaltning i stortingsmelding 17 (2001-2002) og er i så måte ganske ferskt med tanke på hvor lenge vi har hatt et samfunn i Norge. Begrepet ble i stortingsmelding 17 definert på følgende måte:

«Samfunnssikkerhet brukes i denne meldingen for å beskrive den evne samfunnet som sådan har til å opprettholde viktige samfunnsfunksjoner og ivareta borgernes liv, helse og grunnleggende behov under ulike former for påkjenninger.» (Meld. St. 17 ,2001-2002)

Før denne definisjonen ble utarbeidet, har temaet vært definert på andre måter, og under Bondevik-regjeringen ble det opprettet det som ble kalt *sårbarhetsutvalget*, et utvalg for å utrede samfunnets sårbarhet og beredskap, som begrepet *samfunnssikkerhet* kan forstås å ha sitt opphav fra (NOU2000: 24, 2000).

Under Kjell Magne Bondeviks andre regjering (2001-2005) ble Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) opprettet. Bakgrunnen for opprettelsen var stortingsmelding nr. 17 (2001-2002) *«Veien til et mindre sårbart samfunn»*. Opprettelsen av DSB skjedde i 2003. DSB er direktoratet som skal ha oversikt over samfunnets sårbarhet og trusler.

I 2016 blir samfunnsfunksjonen transport definert av DSB som en del av samfunnets funksjonalitet. Transport skal ha en funksjon for transportevne, sikre transportsystemer og sikker transport. Dette dreier seg om ulykker, katastrofer og andre uønskede hendelser, som truer samfunnssikkerheten definert i stortingsmelding nr. 10 (2016-2017) (Meld. St. 10 ,2016-2017).

«Samfunnets evne til å verne seg mot og håndtere hendelser som truer grunnleggende verdier og funksjoner og setter liv og helse i fare. Slike hendelser kan være utløst av naturen, være et utslag av tekniske eller menneskelige feil eller bevisste handlinger.» (Meld. St. 10 ,2016-2017)

Forvaltning av Transport

I Norge er det et viktig prinsipp for sikkerhets- og beredskapsarbeidet at den enkelte virksomhet eller myndighet har ansvaret for de nødvendige skadeforebyggende tiltak, beredskapsplanlegging og iverksetting av tiltak i kriser og krig. Dette prinsippet er ett av fire vesentlige prinsipper, og det omtales som *Ansvarsprinsippet*. I praksis betyr dette at når Statens vegvesen, Bane NOR, en kommune og en fylkeskommune bygger infrastruktur er virksomheten selv ansvarlig for å utføre skadeforebyggende tiltak og planlegge beredskap ved mulige hendelser.

Det tre andre prinsippene er *Nærhetsprinsippet*, som betyr at innsats ved en eventuell hendelse skal styres så nært som mulig hendelsen, *Likhetsprinsippet*, som betyr at det ved eventuelle hendelser skal fungere så normalt som mulig og

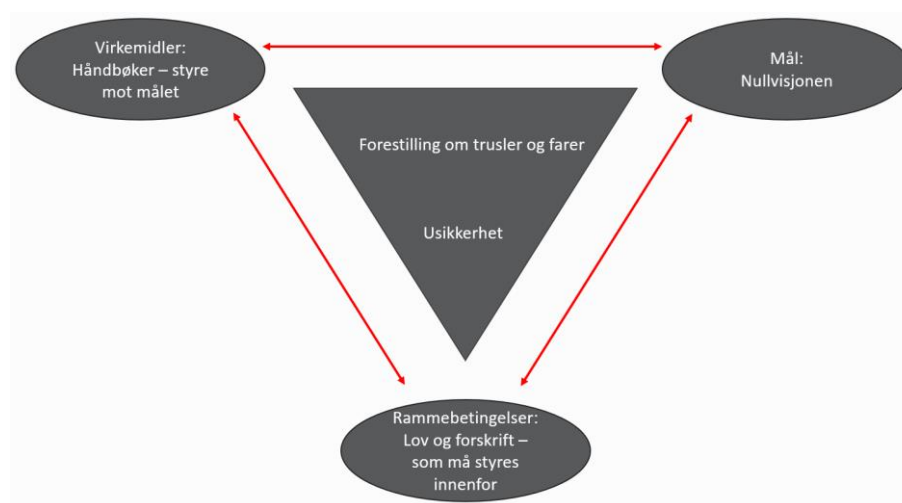
Samvirkeprinsippet der det oppfordres til samvirke mellom aktører som yter innsats ved eventuelle hendelser. Ved en trafikkulykke vil alle de nevnte prinsippene legges til grunn for en sikker gjennomføring av en eventuell redningsaksjon. Prinsippet om samvirke kommer tydelig frem ved ulykker og tunnelbrann-ulykker ved at politi, helsevesen, brannvesen og VTS samarbeider om innsatsen. (Njå et al., 2020)

Statens vegvesen er ansvarlig for å ivareta et akseptabelt sikkerhetsnivå i norske vegtunneler, og mye av dette utøves ved utvikling av håndbøker (normaler, veiledninger og retningslinjer). Håndbøkene er hjemlet i vegloven. I tidligere utgaver av tunnelhåndboka (SVV Håndbok 021/N500) var det lagt ved en oversikt over aktuelle lover og forskrifter knyttet til planlegging og bygging av vegtunneler. Dette var *tunnelsikkerhetsforskriften, plan- og bygningsloven, forurensningsloven, vannressursloven, kulturminneloven, naturmangfoldloven, brann- og eksplosjonsvernloven* med flere. Henvisning til de nevnte lovene er fjernet i revisjonen av tunnelhåndboka (SVV håndbok 021/N500) fra 2014-utgaven til 2016-utgaven. Det er kun *vegloven* og *tunnelsikkerhetsforskriften* som står igjen i nyere utgaver. (Statens vegvesen, 2014b)

Styring av sikkerhet

For å ivareta sikkerheten knyttet til infrastruktur er man avhengig av å kunne styre sikkerheten. For å kunne styre sikkerheten, er man avhengig av å kunne kartlegge og ha oversikt over potensielle farer, trusler og usikkerheter, og dette kan man gjøre ved å definere klare mål, med ulike virkemidler innenfor gitte rammebetingelser.

For tunnelbygging i Norge vil nullvisjonen være et mål å styre mot. Det vil også være andre delmål, men overordnet må nullvisjonen styres etter. Håndbøkene og regelverket som tunnelene skal bygges etter kan defineres som virkemidler for å ivareta krav gitt av ovenstående rammebetingelser som lov og forskrift. Dette kan illustreres gjennom *modell for sikkerhetsstyring*, som vist under.



Figur 3: Modell for sikkerhetsstyring mot Nullvisjonen, basert på modell for sikkerhetsstyring (Njå et al., 2020)

Nasjonal transportplan og nullvisjonen

Nasjonal transportplan har definert overordnede mål som det skal styres etter ifm. utbygging av infrastruktur for transport i Norge. Siste gjeldende NTP gjelder perioden 2022-2033 og den ble godkjent av Regjeringen Solberg i 2021.

De overordnende målene:

- Mer for pengene
- Effektiv bruk av ny teknologi
- Enklere reisehverdag og økt konkurranseevne for næringslivet
- Bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål
- Nullvisjonen for drepte og hardt skadde

Gjennom Nullvisjonen har Norge et mål om å oppnå maksimalt 350 hardt skadde og drepte, hvorav maksimalt 50 omkomne, innen år 2030. Innen år 2050 har Norge et mål om ingen drepte i vegtrafikken.

Nullvisjonen gjorde sitt inntog i 2001/2002 og hadde da, som nå, formål å være grunnlaget for trafikksikkerhetsarbeidet. Nullvisjonen skulle være et felles virkemiddel for myndighetene og trafikantene for å løfte fokus på trafikksikkerhet og trygg ferdsel. Nullvisjonen skulle gjennomføres systematisk, kunnskapsbasert og målrettet i et langsiktig perspektiv. (Meld. St. 20, 2020-2021)

Selvredningsprinsippet

Selvredning handler om å redde seg selv fra de farer og trusler som inntreffer. For å ivareta et prinsipp om selvredning, ligger det også til grunn en forutsetning om at mennesket skal klare å utføre selve selvredningen. Statens vegvesen har i N500 definert selvredningsprinsippet på følgende vis:

«... trafikantene selv tar seg ut av tunnelen ved en hendelse, enten med kjøretøy eller til fots.» (Statens vegvesen, 2022, krav 5.1.1-1)

Statens vegvesen har også definert sine tunneler som objekter som skal være tilrettelagt for selvredning ved brann eller annen hendelse, hvilket betyr at prinsippet om selvredning skal være helt fundamentalt for hvordan vegtunnelene planlegges, bygges og forvaltes.

Statens vegvesen opererer ikke med prinsippet om assistert redning, der forvalter skal etablere systemer for å assistere eventuell rømning og evakuering.

Universell utforming

«Med universell utforming menes utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene, inkludert informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), slik at virksomhetens alminnelige funksjoner kan benyttes av flest mulig, uavhengig av funksjonsnedsettelse.» (Lov om likestilling og forbud mot diskriminering, 2018, §17)

Kravet til universell utforming er lovhjemlet, og gjelder også for virksomheter som Statens vegvesen, hvilket betyr at veg- og tunnelanlegg skal utformes etter prinsippet om universell utforming.

For Statens vegvesen blir det derfor stilt krav til at anleggene utformes med blant annet minimumsbredde på dører/nødutganger, høyde på kantstein/terskler og stigningsgrad. Iht. Statens vegvesen V129 Universell utforming (Statens vegvesen, 2014a) er et objekt universelt utformet dersom minimumsbredde på dører er 0,9-1,20 (avhengig av type), terskelhøyde ikke er mer enn 2 cm og stigningsgrad ikke er mer enn 5%.

Brann i tunnel

Norge er med sine 1250 vegtunneler hvert år utsatt for tilløp til brann i tunnel og tunnelbranner. Transportøkonomisk institutt har kartlagt kjøretøybranner i norske vegtunneler i perioden 2008-2021. Ifølge rapporten er det gjennomsnittlige totale antall branner per år 27 stk.

Det er fire funn TØI fremhever:

1. Brannene og tilløpene involverer som regel ikke skade på personer eller tunnel.
2. Tunge kjøretøy er overrepresentert i tunnelbranner.
3. Årsakene til branner i tunge og lette kjøretøy er ulike.
4. Tunnel med høy stigningsgrad (>5%) er overrepresentert i statistikken.

Av de 1250 vegtunnelene vi har i Norge, er ca. 5% av dem kategorisert som bratte. Det vil si stigningsgrad > 5%. I perioden 2008-2021 oppstod opp mot 40% av tilløpene til brann og tunnelbrann i disse bratte tunnelene (Transportøkonomisk institutt, 2023). Tallene fra Transportøkonomisk institutts rapport er presentert i oppgavens vedlegg 1, for å se hvordan utviklingen av dette har vært i perioden.

Statens vegvesens rapporter nr. 340, *De fem store tunnelbrannene i Norge* (Statens vegvesen, 2017), tar for seg de fem store tunnelbrannene i Norge i perioden 2011-2015. Rapporten er utarbeidet av Vegdirektoratet med et ønske om å få oversikt over hvordan brannene har oppstått, hvilke konsekvenser de har hatt og hva som har vært tiltakene for å redusere risiko for tilsvarende branner. De fem brannene skjedde i tre tunneler, Oslofjorden to ganger i 2011, Gudvangatunnelen i 2013 og 2015 og Skatestraumtunnelen i 2015. Ingen omkom i disse brannene, men flere av de evakuerende og selvreddende ble innhyllet og skadet av brannrøyk. Rapporten omtaler langtidsskader av røykforgiftning som en oppgave for helsevesenet, og Vegdirektoratet har derfor ingen kjennskap til omfanget av langtidsskadene disse ulykkene kan ha forårsaket. Videre har SHT utarbeidet læringspunkter etter brannene. Ettersom tunnelene er lange og bratte mener SHT at tunnelene ikke er lagt til rette for selvredning, og tunnel-eier bør diskutere om det bør legges til rette for assistert redning som prinsipp. I tillegg til læringspunktet om assistert redning, har SHT også kommentert at tunnelenes brannventilasjon ikke skal bestemmes ut fra hvilket brannvesen som har kortest uttrykningstid og er best kvalifisert for oppgaven, men at brannvesenet skal kunne rykke inn i tunnelen med friskluft i ryggen (Statens vegvesen, 2017).

Ventilasjonsprinsipp

Gjeldende N500 stiller krav til at for vegtunneler som er lenger enn 1000 meter og ÅDT > 1000, skal det installeres ventilasjonsanlegg. Ventilasjonsanlegget skal dimensjoneres for beregnet forurensningsnivå 10 år etter åpning og brann. Gjeldene håndbok sier at ventilasjon i lengderetning (langslufting) er valgt som ventilasjonsprinsipp i norske vegtunneler, og dette legger også føringer for brannventilasjonen. Brannventilasjon skal også håndteres ved langslufting i tunneltverrsnittet (Statens vegvesen, 2024a).

I tidligere publiseringer av tunnelhåndboka, er det illustrert ulike prinsipper for ventilasjonsanlegget (vedlegg 3), uten at det foreligger en konkret beslutning om hvilket prinsipp som er dimensjonerende eller valgt som hoved-løsning.

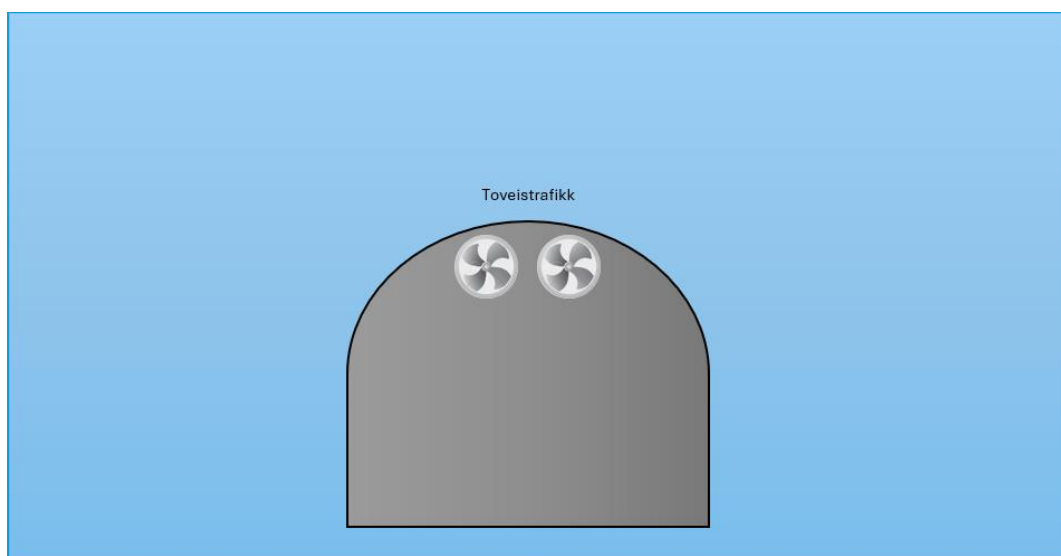
Tunnelsikkerhetsforskriftene sier at ventilasjon i lengderetningen (langslufting) i tunneler med toveistrafikk kun skal være tillatt dersom en risikoanalyse viser at det er akseptabelt og/eller det er truffet konkrete tiltak (Tunnelsikkerhetsforskriften, 2007).

Geometrisk utforming

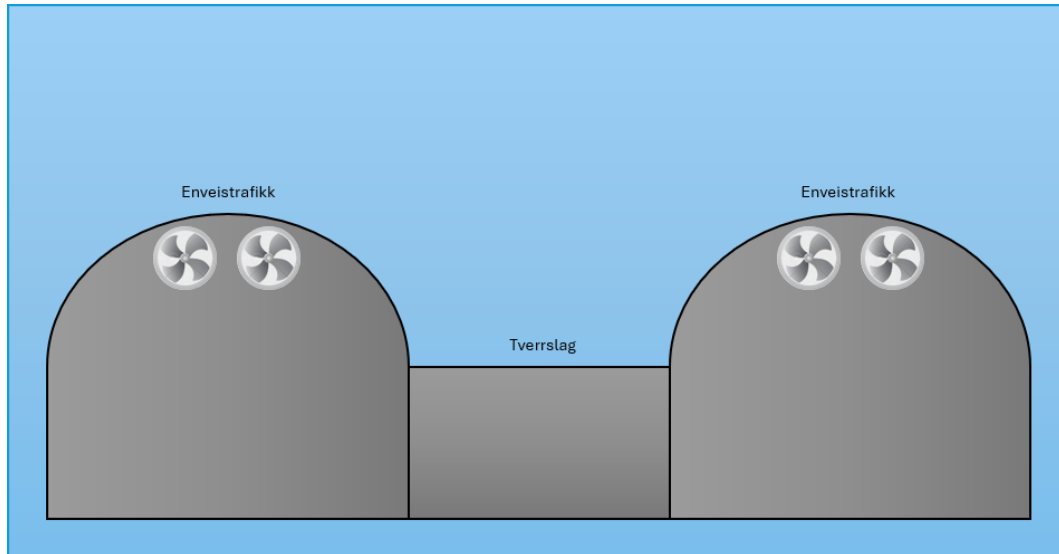
Vegtunnelenes geometriske utforming er kategorisert i tunnelklasser, gitt av krav i tunnelhåndboka, basert på tunnellengde og trafikkmengde. De ulike tunnelklassene stiller der igjen krav til om det skal være ettløps eller toløpstunneler og størrelsen på selve tverrsnittet av tunnelen. Historiske sett hadde tunnelklassene også betydning for hvor bratt stigningsgrad tunnelene kunne ha, helt opp til 10% stigning.

Ved publisering av tunnelsikkerhetsforskriftene, i 2007 og 2015, har kravene til stigning blitt skjerpet, og håndbøkene har fra de to utgivelsene stilt krav til maksimalt 5% stigning for alle tunneler som er omfattet av tunnelsikkerhetsforskriftene.

Norske vegtunneler bygges i dag enten som ettløpstunneler eller toløpstunneler.



Figur 4: Illustrasjon av tverrsnitt for ett-løpstunnel.

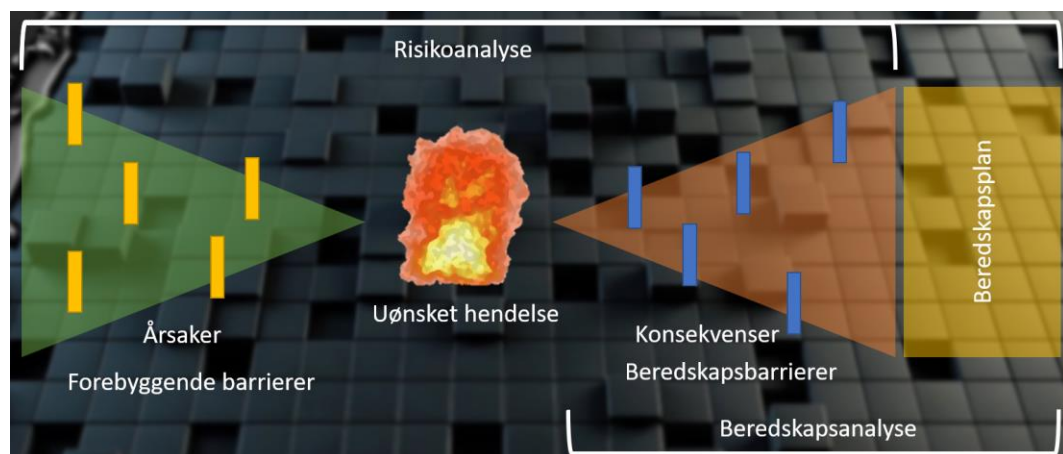


Figur 5: Illustrasjon av tverrsnitt for to-løpstunnel med tverrslag.

Sikkerhetsutrustning

Vegtunneler skal bygges med sikkerhetsutrustning basert på tunnelklasse. Sikkerhetsutrustningen skal sikre minste tillatte sikkerhetsnivå gitt av tunnelsikkerhetsforskriftene. Historisk sett har tunnelhåndboka alltid stilt krav til noe sikkerhetsutstyr, og dette er presentert i tabeller (vedlegg 2).

Sikkerhetsutrustningen er å anse som barrierer for å sikre oppnåelse av mål. Barrierer etableres som hindringer for å unngå uønskede hendelser og hindringer som hindrer at uønskede hendelser utvikler seg til ulykker. I et tunnelsikkerhetsperspektiv illustreres barrierer godt i en «bow tie»-modell. Statens vegvesen bruker «bow tie»-modellen i sine risiko- og beredskaps-analyser, som igjen resulterer i en beredskapsplan.



Figur 6: Illustrasjon for barrierer, presentert i "bow tie"-modellen (Njå et al., 2020)

Sikkerhetsutrustning i vegtunneler kan anses som barrierer for å redusere sannsynlighet for årsaker til ulykker, og for å redusere konsekvenser etter ulykker. Trenden i tunnelhåndboka er at det legges inn flere og flere barrierer i forsøk på å øke sikkerhetsnivået, med tilgjengelig teknologi.

Metode

Gjennom denne oppgaven har jeg forsøkt å analysere hvordan krav i N500 har endret seg i perioden 1992-2024, i forhold til utvalgte størrelser, og hvorfor kravene har utviklet seg.

Hvordan tunnelhåndboka har utviklet seg fra første publisering (1992) til gjeldende publisering (2024) har variert, både med hensyn til innholdet i håndbøkene og bakgrunnen for revisjonen. Det finnes heller ingen tydelige tidsintervall mellom de ulike publiseringene, da publiseringsintervallet varierer mellom 1-10 år.

Gjennom publisering av nye håndbøker er det gjort endringer av krav, og hvordan man som planlegger og utbygger skal forholde seg til kravene. I samme periode som håndbøkene er publisert, er det også publisert premissgivende lover, forskrifter, krav og dokumenter. Det er i tillegg utført statistiske analyser av kjøretøybranner i tunnel (TØI-rapport 1948/2023) og det har skjedd ulykker med tunnelbranner.

Datamaterialet som er benyttet i denne analysen er gjort ved en innsamling av tilgjengelige versjoner av tunnelhåndboka, i perioden fra den første gjeldende utgaven i 1992 til dagens gjeldende utgave. Gjennom innhenting av datamaterialet har jeg valgt ut seks størrelser som skal analyseres. Bakgrunnen for utvalget er at disse størrelsene kan ansees som sentrale ved potensielle storulykker knyttet til brann i tunnel.

Gjennom analysen har jeg satt opp publiseringene av tunnelhåndboka i en tidslinje (vedlegg 1), sammen med et utvalg av publiseringer som kan ha hatt innvirkning på utviklingen av kravene i tunnelhåndboka. I arbeidet har jeg gått gjennom håndbøkene, spesielt med tanke på de nevnte størrelsene:

- Selvredningsprinsippet
- Universell utforming
- Brann i tunnel
- Ventilasjonsprinsipp
- Geometrisk utforming
- Sikkerhetsutrustning

I tillegg er statistikk på kjøretøybranner og «de fem store tunnelbrannene» inkludert i tidslinjen. Bakgrunnen for at jeg har valgt denne metoden å fremstille datamaterialet på, er at det kan gi nokså tydelige indikasjoner på hva som har vært med å påvirke endringer av krav i tunnelhåndbøkene, uten å måtte gjøre et for stort dyppdykk inn i organisasjonen som utvikler kravene.

Utvikling av regelverk og krav knyttet til planlegging og bygging av vegtunneler kan være komplisert. Håndbøkene utvikles i tråd med samfunnet generelt og tilgjengelig teknologi, men det at kravene utvikles, vil ikke nødvendigvis bedre sikkerheten i eksisterende tunneler. Håndbøkene legger føringer for planlegging, bygging og forvaltning av alle vegtunneler, men det er visse forutsetninger som

gjør at kravene ikke kan tilfredsstilles for eksisterende tunneler, eksempelvis stigningsgrad. Derfor vil analysen i så måte kanskje påpeke at det er de eksisterende tunnelene som kan være farlige, og ikke nødvendigvis de nye vegtunnelene.

Gjennom arbeidet har jeg lest gjennom tunnelhåndbøkene fra 1992-2024, med fokus på krav knyttet til de nevnte størrelsene som utgjør analysen. I tillegg har jeg analysert disse kravene opp mot tunnelsikkerhetsforskriftene, nullvisjonen, de fem store tunnelbrannene og et utvalg rapporter.

Resultater

Selvredningsprinsippet – en garanti for overlevelse?

Selvredningsprinsippet i norske vegtunneler har vært en størrelse som i større eller mindre grad er omtalt i tunnelhåndbøkene fra første publisering i 1992 og fortsatt er aktuell i dagens gjeldende tunnelhåndbok. I første utgave av tunnelhåndboka er selvredning omtalt som at «rømning skal vurderes». Ikke fullt så strengt som det senere har blitt, da det i 2002 og 2006 blir presentert prinsipper for evakuering og etablering av nødutganger. I 2010-2014 blir det stilt krav til at nødutganger skal være universelt utformet. I de siste utgavene av tunnelhåndboka er det formalisert et krav til vegtunnelene.

Krav 5.1.1—1 SKAL Vegtunnelen skal være tilrettelagt for selvredning ved brann eller annen hendelse. Det vil si at trafikantene selv tar seg ut av tunnelen ved en hendelse, enten med kjøretøy eller til fots. <i>Veiledning til kravet</i> <i>Utforming, sikkerhetsutstyr og øvrige tekniske installasjoner i tunnelen gir støtte til trafikantene og redningspersonell ved en evakuering.</i>	Gjeldende fra 31.03.2022
---	--------------------------

Figur 7: Krav til selvredningsprinsippet (Statens vegvesen, 2022, krav 5.1.1-1)

«Vegtunnelene skal være tilrettelagt for selvredning ved brann eller annen hendelse.»

(Statens vegvesen, 2022, krav 5.1.1-1)

Alle vegtunneler som planlegges, bygges og forvaltes skal fremstå på en slik måte at alle trafikanter har mulighet til å sikre eget liv og egen helse ved hendelser. Kravet fremstår mer som et ønske og en visjon, da det finnes nok av eksempler på vegtunneler som ikke er tilrettelagt for selvredning. Både med tanke på nødvendig sikkerhetsutrustning og tilgjengelige rømningsveier.

Selvredningsprinsippet garanterer ikke for egen overlevelse ved hendelser i vegtunneler, og kan i noen tilfeller være direkte farlig. Et godt eksempel er SHTs rapport etter brannen i 2011 i Oslofjordtunnelen, der det påpekes at lange og bratte tunneler bør håndteres etter prinsipp om assistert redning fremfor selvredningsprinsippet. Det at selvredningsprinsippet velges som en dimensjonerende faktor for alle norske vegtunneler, virker noe urovekkende, da TØIs rapport om kjøretøybranner i tunnel (Transportøkonomisk institutt, 2023) påpeker at 40% av tunnelbrannene oppstår i tunneler som er brattere enn 5%, og SHT påpeker at disse vegtunnelene bør håndteres med assistert redning. Det er tydelig at statistikk på tunnelbranner og tunnelbrannen i Oslofjordtunnelen ikke har påvirket utviklingen av kravet til selvredning i N500 i positiv grad.

Universell utforming – er rømning for alle?

Universelt utformede løsninger skal sørge for at alle som bruker vegtunnelene har så like muligheter som mulig, både i normalsituasjon og i en ulykkessituasjon. Derfor skal alle vegtunneler utformes på en slik måte at alle trafikanter og brukere skal kunne sikre seg selv etter prinsipp om selvredning.

Av de undersøkelsene som er gjort i arbeidet med datainnsamlingen er det kun én utgave av håndboken som nevner prinsipp om universell utforming.

«Alle nybygg i Statens vegvesens regi skal være basert på prinsipper for universell utforming. Ved oppgradering av eksisterende tunneler skal mulige tiltak knyttet til universell utforming vurderes.» (Statens vegvesen, 2010, s. 23)

Begrepet universell utforming har med det vært så vidt innom tunnelhåndbøkene, og det kan virke svært ekskluderende for trafikanter og brukere som har behov for tilpassede løsninger ved uønskede hendelser og ulykker. Men på den annen side kan tilfellet være at universelt utformede løsninger er innarbeidet i krav gitt av nyere tunnelhåndbøker uten at det er presisert, så dersom man planlegger og bygger tunneler etter dagens gjeldende regelverk, kan det være at tunnelene faktisk blir universelt utformet med hensyn til bredder, kantstein/terskler og stigningsgrad.

Begrepet universell utforming vil i praksis kun gjelde for nye tunneler, da det finnes eksisterende tunneler som fra før har stigningsgrad høyere enn 5%. Det kan utføres tiltak i eksisterende tunneler for tilgjengelighet til sikkerhetsutrustning, men stigningsforholdene er det tilnærmet umulig å få gjort noe med. Dette er oppsiktsvekkende da TØIs statistikk på kjøretøybranner i tunnel (Transportøkonomisk institutt, 2023) sier at 40% av tunnelbrannene oppstår i tunneler som ikke er universelt utformet for rømning med tanke på stigningsgrad.

Kravene til stigningsgrad i tunneler er imidlertid blitt skjerpet i tunnelhåndbøkene for perioden jeg har undersøkt, men det ser ikke ut til at det er statistikk som har skjerpet kravene, men heller premissgivende krav gitt av tunnelsikkerhetsforskriftene i 2007 og 2015, der det stilles krav til maksimal stigningsgrad.

Brann i tunnel – kan tunnelbrann være ufarlig?

Statistisk oppstår det rundt 27 branner hvert år i norske vegtunneler. Ved å sette opp antall branner og antall tilløp til branner i tunnel tidslinjen (vedlegg 1), er trenden negativ. Statistikken i TØI rapport 1948/2023 (Transportøkonomisk institutt, 2023) tilsier at blir det flere og flere branner og tilløp til branner i tiden som kommer. Statistikkens validitet er dog ikke kontrollert som en del av denne oppgaven.

Rapporten trekker særlig frem 4 funn og det er at hendelsene som regel ikke fører til skader (på personer og tunnel), tunge kjøretøy er overrepresentert i statistikken, bratte tunneler (stigning > 5%) er overrepresentert i statistikken og årsakene til branner i lette og tunge kjøretøy er ulike. Enkelt og banalt sagt kan man si at tunge kjøretøy begynner å brenne i bratte tunneler.

Tunnelhåndboka har endret seg i perioden 1992-2024 med tanke på brann i tunnel som en størrelse. I den første utgaven av håndboka stilles det krav til at det skal utføres en risikoanalyse, og der igjen skal sannsynligheten for brann i tunnel

beregnes. Denne håndboka påpeker også at tunneler er å anse som et objekt iht. Lov om brannvern, av 5. juni 1987.

Brann i tunnel er et tema i alle de gjennomgåtte tunnelhåndbøkene, og hendelsen brann i tunnel skal analyseres slik at eventuelle hendelser kan håndteres av tunnelenes beredskapsplan. Brannsikring av vegtunneler er hjemlet av Brann- og eksplosjonsvernloven av 14. juni 2002.

Håndbøkene inneholder mange krav knyttet til brann i tunnel, men objektene det stilles krav til er materialkrav mtp. brannmotstand, installasjon av sikkerhetsutstyr, ventilasjonsmetode og branninnsats. Trendene i tunnelhåndboka viser at det i hovedsak handler om å tilrettelegge for slukking og de best mulige forholdene for det utpekte brannvesenet som skal yte innsats. Det oppleves at de evakuerende selvredderne havner litt i andre rekke. Det har tidligere vært en forutsetning at brannvesenets innsatsretning velges ut fra brannvesenets lokasjon og kompetanse. I de senere utgavene av håndbøkene beskrives det at innsatsretningen skal velges ut fra faktorer for mest effektiv håndtering av tunnelbrann.

Ved å se på de fem store tunnelbrannene er det interessant å se at det ikke er brannen som utgjør faren for trafikantene, men brannrøyken. Hvilket betyr at brann i tunnel ikke nødvendigvis er farlig, men det er konsekvensen av brannen (brannrøyk) som kan være farlig. Når brann i tunnel oppstår, kan man med dette perspektivet kanskje heller se på tiltak for å gjøre brannrøyk ufarlig eller eliminere brannrøyk som en risiko før den får anledning til å bli farlig.

Ventilasjonsprinsipp – brannventilasjon som en bonus?

Det er uklart hvilke tunneler bygget før 2006 som er utstyrt med ventilasjonsanlegg, da det først var 2006-utgaven av håndboka som stilte krav til installasjon av ventilasjonsanlegg for tunneler med lengde over 1000 meter og ÅDT > 1000. Ventilasjonsanleggene dimensjoneres for tunnelenes frisklufts-behov og er derfor å anse som primærfunksjon. Ventilasjonsanleggenes sekundærfunksjon er håndtering av brannrøyk. Dette har vært gjeldende standard siden 2002-utgaven av tunnelhåndboka. Det er riktignok stilt strengere krav til brannventilasjon gjennom håndbøkens utvikling, men fortsatt som en sekundærfunksjon.

Et interessant funn i håndbøkens utvikling knyttet til ventilasjonsprinsipper, er at det i de tidlige publiseringene av tunnelhåndboka beskrives tre ventilasjonsprinsipper som kan velges. Prinsippene som beskrives er langslufting, halvtverrlufting og tverrlufting, illustrert i vedlegg 3. Ved å velge et prinsipp for ventilasjon kan man styre hvordan eventuell brannrøyk skal håndteres, og det kan tenkes at man kan fjerne risiko for å utsette trafikanter og brukere for brannrøyk. Ved å lede brannrøyk ved prinsipper om langslufting, vil man alltid ha en risiko for at trafikanter og brukere blir fanget i brannrøyk. Ved halvtverrlufting og tverrlufting vil man kunne, både lokalt i tunnelen, og i hele tunnelens lengderetning, kunne fjerne risiko for at trafikanter og brukere blir utsatt for brannrøyk. Det virker

derfor noe skremmende at N500 publisert i 2022 har besluttet at norske vegtunneler skal håndteres ved langslufting:

«Langslufting er valgt som ventilasjonsprinsipp i norske vegtunneler.»
(Statens vegvesen, 2022)

I tillegg er det tydelig at tunnelhåndbøkene publisert etter tunnelsikkerhetsforskriftene, 2007 og 2015, helt eller delvis har neglisjert bestemmelsen i tunnelsikkerhetsforskriften:

«I tunneler med toveistrafikk og/eller enveistrafikkork, skal ventilasjon i lengderetningen være tillatt bare dersom en risikoanalyse i henhold til § 10 viser at det er akseptabelt og/eller dersom det er truffet konkrete tiltak, som hensiktsmessig trafikkregulering, kortere avstand mellom nødutganger, røykavtrekk med jevne mellomrom.»
(Tunnelsikkerhetsforskriften, 2015, 2.9.3)

Det kan være vanskelig å akseptere at de konkrete tiltakene som påtreffes, hever sikkerhetsnivået tilstrekkelig, når bestemmelsen om ventilasjonsprinsipp er forutbestemt i tunnelhåndboka.

Etter rapporten om de fem store tunnelbrannene, er kravene til ventilasjon i N500 endret. Endringene omhandler planlegging av innsatsstrategi og ventilasjonsretning, ikke type ventilasjonsmetode, så langslufting står fremdeles sterkt som den metoden Statens vegvesen legger opp til i sine vegtunneler.

Geometrisk utforming – hva med de gamle tunnelene?

Gjennom publiseringer av nye gjeldende tunnelhåndbøker, er kravene til geometrisk utforming endret. Tunnelenes geometriske utforming velges basert på trafikkmengde og tunnellengde. Lengden på tunnelene oppleves å ha stor påvirkningskraft på hvordan man som planlegger, forvalter og trafikant forholder seg til tunnelene.

Tunnelene bygges med stigning, både på grunn av topografiske forhold og tekniske forhold (vannhåndtering etc.). I de første publiseringene av tunnelhåndboka var det tillatt med stigningsgrad helt opp til 10% for enkelte tunneler, mens for de fleste tunnelklassene var det tillatt med stigning mellom 6-8%. I 2006-utgaven av tunnelhåndboka skjedde det noe med alle land-tunneler, og det var at maksimal stigningsgrad ble satt til 5%, i tråd med krav gitt av tunnelsikkerhetsforskriften som ble gitt ut året etter. For de undersjøiske tunneler var det tillatt å planlegge og bygge med 7-8% stigning helt frem til 2016-utgaven av tunnelhåndboka, publisert året etter tunnelsikkerhetsforskriften også ble gjeldende for fylkesveger og kommunale veger i Oslo. Det kan virke som om de skjerpede kravene til stigning i tunnel er en direkte konsekvens av tunnelsikkerhetsforskriftene, med utløp fra EU-direktivet (COM(2002) 769 final, 29. april 2004).

I praksis betyr dette at alle tunneler som planlegges og bygges etter publisering av tunnelsikkerhetsforskriftene (2007 og 2015), bygges som universelt utformede med tanke på krav til stigning, men i Norge sitter vi fremdeles igjen med mange tunneler som ble bygget før kravene inntraff. Selv om vi planlegger for en tryggere tunnel fremtid, så gjenstår det mange års levetid i de farlige tunnelene, som er utformet på en måte som gjør det umulig å tilfredsstille krav til stigning. Disse tunnelene er også de som er overrepresentert i TØIs rapport 1948/2023.

Sikkerhetsutrustning – tryggere systemer?

Tunnelenes krav til minste tillatte sikkerhetsutrustning har endret seg over tid, etter hvert som ny teknologi blir tilgjengelig. Det er ikke gitt at all ny teknologi tas i bruk i vegtunnelene, men det blir installert mer utstyr enn noen gang.

Selv om det etableres ny moderne sikkerhetsutrustning i vegtunnelene, er det ikke gitt at sikkerhetsnivået heves. Det kan på mange måter virke som om sikkerhetsutrustningen blir installert for å underbygge, og ivareta, Statens vegvesens egen forutsetning om at tunneler skal bygges på en slik måte at de legger til rette for selvredning. Statens vegvesen etablerer utstyr, som trafikant og bruker skal kunne ta i bruk ved en hendelse. Dette krever kompetanse og en opplæring, som tunnelbrukerne kanskje ikke har i tilstrekkelig grad. På en måte kan det oppleves som at Statens vegvesen gjør de tiltak de anser nødvendige for å unngå assistert redning, og det kan oppleves på grensen til ansvarsfraskrivelse. Spesielt for de tunneler som er lange og bratte.

I forbindelse med brannen i Gudvangatunnelen i 2013, konkluderer SHT i sin rapport at Statens vegvesen må forbedre sikkerhetsutrustningen i tunnelen for å ivareta robusthet og forutsetninger for selvredning. Denne tilrådommen underbygger at det foreligger en generell forståelse om at tilstrekkelig sikkerhetsutrustning er en forutsetning for at prinsippet om selvredning ivaretas. Men kan det være så enkelt at sikkerhetsutrustningen underbygger gode forhold for selvredning? Hva er gode nok forutsetninger for selvredning når tunnelene som brenner ikke er universelt utformet? Det er vanskelig å se en god sammenheng mellom kravene til minste tillatte sikkerhetsutrustning og eksisterende lange og bratte tunnelers utforming.

Det ser ikke ut til at SHTs tilrådninger i de fem store tunnelbrannene har påvirket tunnelhåndboka i noen grad med tanke på sikkerhetsutrustning, men flere av tunnelene som er omtalt i rapporten er oppgradert med nytt sikkerhetsutstyr.

Drøfting

Gjennom analysen er det tydelig at kravene i N500 knyttet til de utvalgte størrelsene er endret, men det er dog noe uklart hvilke faktorer som har hatt en direkte påvirkning til endring av krav.

Gjennom analysen har jeg forsøkt å finne klare sammenhenger mellom kravs-utvikling i N500, for utvalgte størrelser, etter hvert som nye premissgivende lover, forskrifter, kunnskap og dokumenter er publisert. I tillegg har jeg forsøkt å se på hvorfor kravene er endret, og om det finnes noen sammenhenger mellom kravs-utviklingen og påvirkende hendelser og bestemmelser.

Man ville kanskje tro at statistikk på tunnelbranner og rapporten om de fem store tunnelbrannene ville ha innvirkning på hvordan krav i håndboka utvikles, men det foreligger ingen tydelige sammenhenger mellom statistikk og utviklingen av kravene jeg har undersøkt. Det ser heller ikke ut til at de fem store tunnelbrannene har påvirket kravs-utviklingen av håndbøkene, men hendelsene virker å ha hatt en konsekvens for de berørte objektene, da det i etterkant av hendelsene har blitt utført installasjon av nytt utstyr og det er gjort endringer knyttet til beredskapsplanene, for de berørte tunnelene.

Tunnelsikkerhetsforskriftene viser seg som tydelige premissgivende dokumenter som har resultert i endring av krav til maksimal stigning i tunneler. Det er dog uklart hvorvidt Statens vegvesen har tatt inn over seg kravet tunnelsikkerhetsforskriften stiller til risikoanalyser for etablering av langslufting. Dette kommer tydelig frem i 2022-utgaven av N500 der Statens vegvesen skriftlig beslutter at norske vegtunneler skal bygges med langsluftings-prinsipp. Dette strider imot tunnelsikkerhetsforskriften, som sier at det kun kan etableres langsluftings-prinsipp dersom det foreligger en risikoanalyse som viser at konkrete tiltak er truffet. Det foreligger stor usikkerhet til hvor stor verdi en risikoanalyse har, når konklusjonen er forutbestemt.

Statens vegvesen tenker på fremtiden, og utvikler regelverket slik at fremtidens tunneler planlegges og bygges etter strengere krav. Ettersom de «farlige tunnelene» allerede er bygget og er i drift i Norge, kunne man kanskje tenke seg at det skulle vært utviklet egne krav til barrierer i N500 for eksempelvis bratte tunneler. Man kunne se for seg at det burde utarbeides et tillegg til N500 og/eller egne krav til eksisterende bratte tunneler for å heve sikkerhetsnivået, i de tunnelene som faktisk brenner. Dette er ikke tilfellet ved utviklingen av kravene i N500. Det kan se ut til at kravene i N500 utvikles til å ivareta tunnelsikkerhetsforskriftens krav til sikkerhetsutrustning i nye tunneler. Selv om det pågår et tunneloppgraderingsprosjekt, for å sikre minste tillatte sikkerhetsnivå i norske vegtunneler, finnes det parametere som det ikke er mulig å gjøre noe med. En del av N500 kunne tatt for seg de tunneler som ikke kan oppnå minste tillatte sikkerhetsnivå iht. tunnelsikkerhetsforskriften, eksempelvis som følge av stigning, og utarbeidet egne krav for disse tunnelene, for å heve sikkerhetsnivået.

Behovet for selvredning i vegtunneler er som oftest utløst av tilløp til brann og tunnelbrann, som resulterer i farlig brannrøyk. Statens vegvesen formaliserte i 2022 at norske vegtunneler skal være tilrettelagt for selvredning. Det er derfor forutsatt at norske vegtunneler som planlegges og bygges etter dette, utformes på en slik måte at selvredning ivaretas, og Statens vegvesen skal legge til rette for at selvredning kan gjennomføres. Barrierene som Statens vegvesen etablerer er i hovedsak sikkerhetsutrustning og eventuelle nødutganger. Vegtunnelene blir installert med mer og mer utstyr, for å ivareta kravet til selvredning. Med dette utstyret følger også et stort drift- og vedlikeholdsansvar, og økte kostnader knyttet til nettopp drift og vedlikehold, og installasjonen av utstyret. Levetiden på utstyret er som regel kort, antatt 20-25 år, og tunnelen i utgangspunktet dimensjoneres for 100 år. Omfanget av barrierer for å ivareta kravet om selvredning virker uhensiktsmessig, da man kanskje heller skulle utviklet byggemetoder som krever færre barrierer, og fremdeles ivaretar kravet til selvredning. Statens vegvesen kunne også sett på muligheter for å utvikle beskrivelser og metoder for å ivareta selvredningsprinsippet i norske vegtunneler. I gjeldende regelverk er det definert at tunnelen skal tilrettelegges for selvredning, uten at det beskrives hva som ligger i at tunnelen er egnet for selvredning. Håndboka kunne definert hva som ansees som tilstrekkelig utforming for å ivareta selvredning, fremfor å kun nevne at tunnelen skal være tilrettelagt for selvredning.

Tunneler med stigning > 5% er statistisk sett oftere utsatt for tunnelbranner, og disse tunnelene er heller ikke universelt utformet for rømning. Det kan virke som om de viktigste faktorene for endringer av krav i N500 er resultat av nye pålagte krav, og ikke nødvendigvis som et resultat av risikobasert proaktiv tenkning. Dette blir tydelig når N500 stiller krav til maksimalt 5% stigning, da det kommer som et resultat av at tunnelsikkerhetsforskriftene krever det.

Gjennom Nullvisjonen har Norge et mål om å oppnå maksimalt 350 hardt skadde og drepte, hvorav maksimalt 50 omkomne, innen år 2030. Innen år 2050 har Norge et mål om ingen drepte i vegtrafikken. Konsekvensen av denne visjonen, er at den på et eller annet tidspunkt kan bli oppfattet og forventet til å være et mål som skal oppnås. Det kreves store endringer knyttet til sikkerhetsstyring og utforming av infrastruktur dersom man skal kunne tenke seg en måloppnåelse innen år 2050. Infrastrukturen må bygges og styres på en slik måte at det ikke finnes mulighet for at trafikanter og brukere kan gjøre feil. Dersom man tar med kravet om selvredningsprinsippet som en forutsetning for utforming av vegtunneler, kan jeg ikke se at nullvisjonen kan oppnås når man overlater en stor del av usikkerheten til trafikanter som blir ansvarsbelagt for selvredning ved uønskede hendelser og ulykker. Dette blir underbygget av at selvredningen ikke fungerte under de fem store tunnelbrannene i Norge.

Gjennom analysen og arbeidet med oppgaven er det gjort funn som indikerer at de endrede kravene knyttet til de utvalgte størrelsene kun er basert på nye pålagte overliggende krav. Det kan være andre krav som har blitt endret i perioden 1992-2024 som følge av andre premissgivende krav, dokumenter og kunnskap, men disse er ikke omfattet av denne analysen.

Konklusjoner og anbefalinger

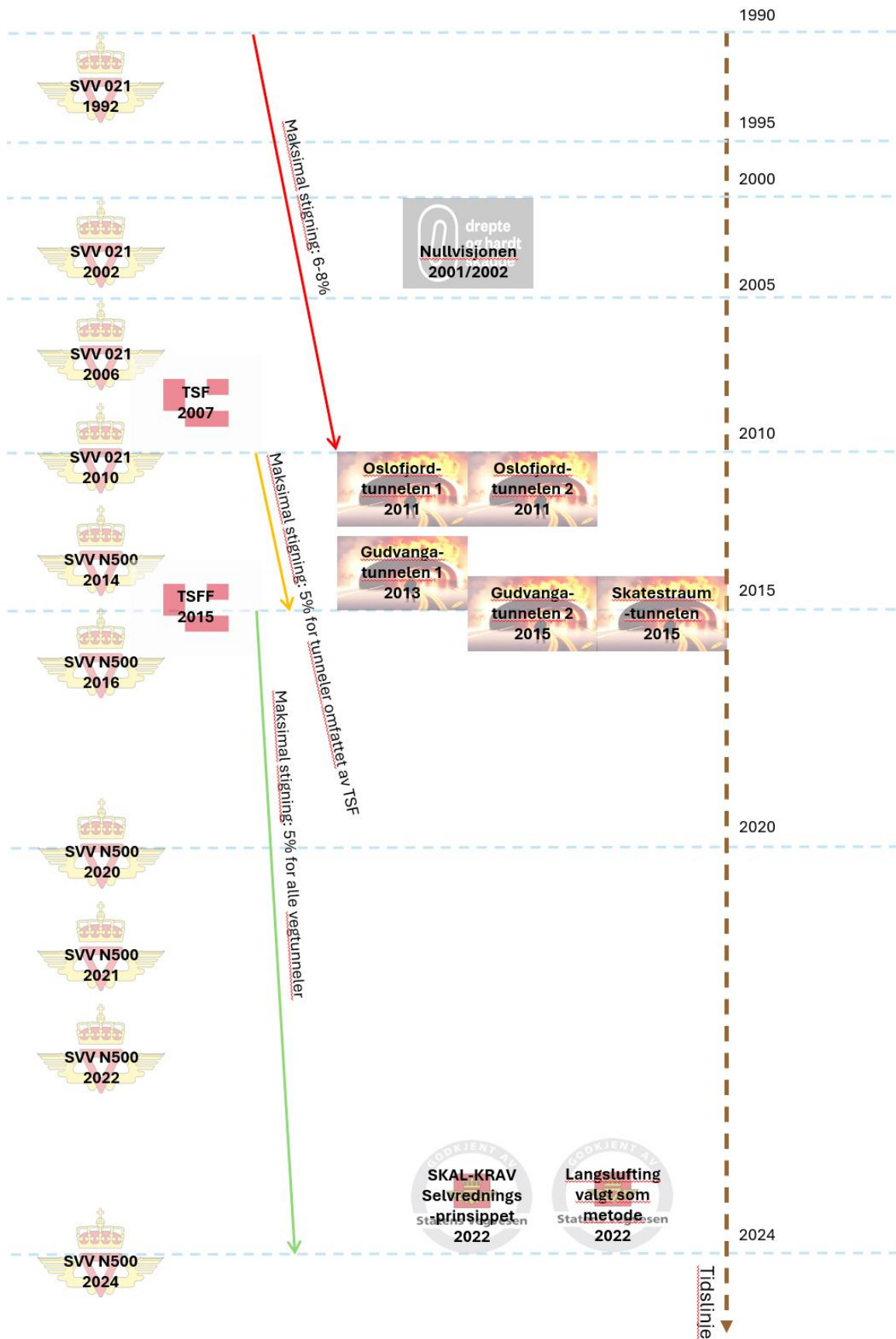
Arbeidet med oppgaven har i stor grad handlet om analyser av de publiserte tunnelhåndbøkene (SVV håndbok 021/N500) og hvordan krav knyttet til utvalgte størrelser har endret seg. Jeg har også sett på hvordan premissgivende krav og dokumenter har påvirket tunnelhåndbøkene ved publisering. Tidslinjen på neste side viser hovedfunnene jeg har gjort (viser også til vedlegg 1 for utfyllende informasjon).

Tidslinjen viser tidsaksen fra 1990 øverst til 2024 nederst. Statens vegvesens normal vegtunneler er vist med navn og utgivelsesår til venstre i tidslinjen. Deretter vises inntoget av tunnelsikkerhetsforskriftene, som gjennom analysen synes å være de største driverne for endringer av krav knyttet til de utvalgte størrelsene. Deretter vises de ulike kravene gitt til maksimal stigningsgrad, nullvisjonen, de fem store tunnelbrannene og formalisering av krav til selvredning valg av ventilasjonsmetode for norske vegtunneler.

Gjennom analysen har jeg forsøkt å besvare hvordan krav i N500 har utviklet seg i perioden 1992-2024, med et blikk på noen utvalgte størrelser.

- Selvredningsprinsippet
- Universell utforming
- Brann i tunnel
- Ventilasjonsprinsipper
- Geometrisk utforming
- Sikkerhetsutrustning

Jeg har forsøkt å se på grunnlag for hvorfor kravene knyttet til de utvalgte størrelsene har endret seg, og om det finnes noen sammenhenger mellom de utvalgte størrelsene, uønskede hendelser og endringer av krav.



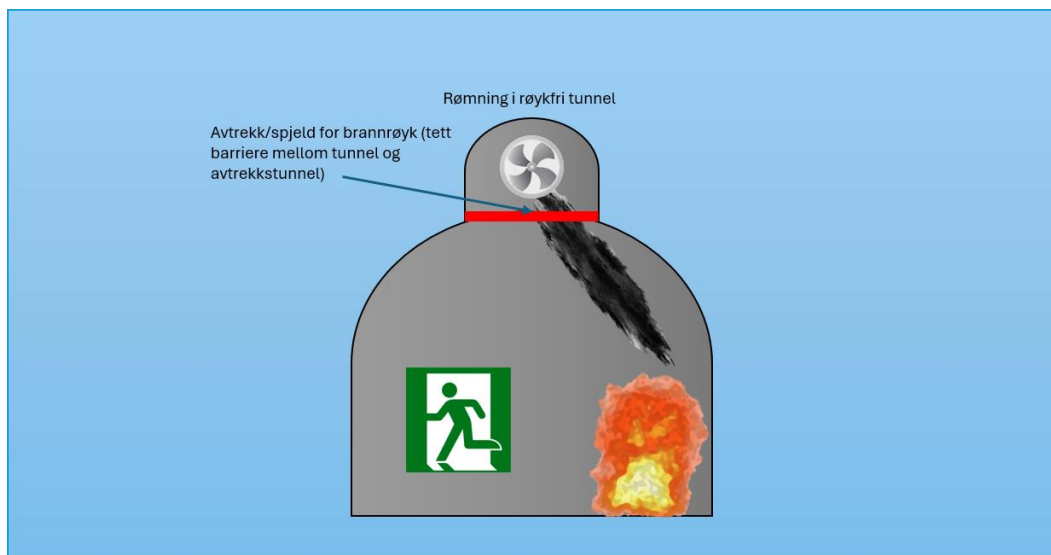
Figur 8: Forenklet presentasjon av tidslinjen for analysearbeidet.

I perioden 1992 til 2024 er det publisert flere versjoner av håndbok N500, med nye og endrede krav. Håndboka har gjennom hele perioden vært gjeldende for planlegging, bygging og forvaltning av vegtunneler og dannet rammene for videre utvikling av håndboka i seg selv. I den samme perioden er det tilkommet nye premissgivende krav og dokumenter man skulle tro hadde innvirkning på utviklingen av tunnelhåndboka, og det har skjedd uønskede hendelser og ulykker som også kunne være med på å skjerpe kravene i tunnelhåndboka. Det virker som om uønskede hendelser, ulykker og ny kunnskap (rapporter fra TØI) ikke har vært særlig premissgivende for utviklingen av krav i håndboka, men det er beviselig at uønskede hendelser og ulykker har medført oppgradering og utskiftning av sikkerhetsutstyr i objektene som har vært omfattet av ulykkene. De klareste signalene på at premissgivende krav og dokumenter har påvirket kravene i tunnelhåndboka er vedtakene om minste tillatte sikkerhetsnivå i vegtunneler, etter tunnelsikkerhetsforskriftene. Da tunnelsikkerhetsforskriftene ble vedtatt, ble det gjort endringer av krav knyttet til spesielt størrelsene *geometrisk utforming* og *sikkerhetsutrustning*. Bestemmelser knyttet til ventilasjonsprinsipp i tunnelhåndboka og tunnelsikkerhetsforskriften virker for meg litt avvikende fra hverandre.

Ved å bruke modell for sikkerhetsstyring, kan man få et rammeverk for utvikling av regelverk med en viss oversikt over farer, trusler og usikkerhet. Man vil sette opp mål å styre mot, eksempelvis nullvisjonen. Man har rammebetingelser å forholde seg til, som premissgivende lovverk og forskrifter, også har man virkemidler, som omfattes av de krav og regler som man selv utvikler og benytter seg av, for å styre inn mot målsettingen. Ved å bruke dette styringsverktøyet vil man kunne endre krav og regler (virkemidler), nettopp fordi man ved denne metodikken får en oversikt over farer, trusler og usikkerhet. Dette gjør at man kan heve sikkerhetsnivå på vegtunneler uten at det nødvendigvis må skje uønskede hendelser og ulykker forut for krav- og regelverks-utvikling. Utviklingen av krav i N500 oppleves å kun skje når det innføres nye reviderte rammebetingelser, som tunnelsikkerhetsforskriften, og ikke nødvendigvis etter uønskede hendelser og ulykker.

Statens vegvesen bør i fremtiden vurdere å se på endringer i regelverket (virkemidlene) ved å tydeliggjøre hvilke faktiske rammebetingelser som ligger til grunn for de enkelte vegtunnelene. Selv om norske vegtunneler på papiret skal bygges med minste tillatte sikkerhetsnivå gitt av tunnelsikkerhetsforskriften, er det ikke gitt at alle eksisterende tunneler er tilrettelagt for nettopp dette, spesielt tunneler med stigning brattere enn 5%. Her bør det sees på avbøtende tiltak, eller eget regelverk for å heve sikkerhetsnivået i tunneler som anses som for bratte, slik at sikkerhetsnivået kan heves til et nivå som er akseptabelt for brukerne, som er ansvarliggjort for egen selvredning dersom en ulykke skulle inntreffe. Videre bør Statens vegvesen se på utforming og løsninger for hvordan man skal sikre at prinsippet om selvredning ivaretas, fremfor å kun, noe vagt, beskrive at tunneler skal *tilrettelegge for selvredning*. Statens vegvesen bør også se på alternative byggemetoder, i ett-løpstunneler, for å hindre at brannrøyk og giftige gasser skal utgjøre en fare for selvreddere. Statistisk sett, ser vi at brann i tunnel oppstår, og

rapporten om de fem store tunnelbrannene omtaler brannrøyken som farlig, ikke selve brannen. Det kunne vært interessant å studere muligheten for å eliminere brannrøyk, slik at den ikke opptrer som en fare for trafikantene. Illustrert som et avtrekksystem vist på figuren under.



Figur 9: Illustrasjon av mulig prinsipp for eliminering av brannrøyk og giftige gasser.

Denne oppgaven har ikke tatt for seg kost-/nyttevurderinger, men antakeligvis er kost-/nyttevurderinger ofte en del av grunnlaget når det kommer til utvikling av krav og hva som anses som *sikkert nok*. Et potensielt videre arbeid med denne analysen kunne vært å vurdere hvordan kost-/nyttevurderinger brukes ved utvikling av krav og regelverk. Det kunne også vært interessant å se på hvordan Statens vegvesen som regelverksutvikler beslutter hva som er riktig sikkerhetsnivå, når man ser at det i N500 er gjort valg som til dels er i strid med bestemmelser gitt av tunnelsikkerhetsforskriften. Ettersom jeg ikke har klart å avdekke hvorfor kravene i håndbøkene har endret seg, kunne det vært interessant å undersøke dette videre, med eksempelvis intervjuer av personer som har vært involvert i kravsutviklingen. Dette vil kunne danne et bedre bilde av de største driverne for forskrifts- og kravsendringer, og hvorfor nye krav blir til og gamle krav endres eller fjernes. Resultatene av disse intervjuene bør analyseres og diskuteres for å kunne danne et faktisk bilde av hvordan utviklingen foregår.

Arbeidet med denne oppgaven har også resultert i en undring av hvordan lovverket både generelt og spesielt gjelder for Statens vegvesens vegnormaler. I 2014-utgaven av SVV håndbok N500 er det listet opp en oversikt over aktuelle lover og forskrifter som er relevante for planlegging og bygging av vegtunneler. I 2016-utgaven av SVV håndbok N500 er det kun tunnelsikkerhetsforskriften som står igjen, uten at det er nevnt eller beskrevet hvordan øvrige og tidligere nevnte lover og forskrifter er ivarettatt i vegnormalen. Derfor er det noe uklart hvordan øvrig lovverk harmoniserer med vegnormalenes premissgivende lovverk. Det kunne vært interessant å analysere hvordan Statens vegvesen ivaretar øvrige forskrifts- og lovkrav i vegnormalene.

Referanser

- Forskrift om anlegg av offentlig veg (2007). *Forskrift om anlegg av offentlig veg*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-03-29-363>
- Lov om likestilling og forbud mot diskriminering (2018). *Lov om likestilling og forbud mot diskriminering*, §17. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-51>
- Meld. St. 10 (2016-2017). *Risiko i et trygt samfunn — Samfunnssikkerhet*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-10-20162017/id2523238/>
- Meld. St. 17 (2001-2002). *Samfunnssikkerhet. Veien til et mindre sårbart samfunn*.
- Meld. St. 20 (2020-2021). *Nasjonal transportplan 2022-2033*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg_og_vegtrafikk/trafikksikkerhet/nullvisjonen/id2966061/
- Naturvernforbundet (2024). *Dette bør du vite om lover og regler*. Miljojuss.no. <http://miljojuss.no/om-juss-og-miljo/dette-bor-du-vite-om-lover-og-regler/>
- Njå O., Sommer M., Rake E. L., Braut G. S. (2020). *Samfunnssikkerhet: Analyse, styring og evaluering*. Universitetsforlaget.
- NOU2000: 24 (2000). *Et sårbart samfunn*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2000-24/id143248/>
- Statens vegvesen (2010). *Håndbok 021 Vegtunneler*. Side 23. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2014a). *Håndbok V129 Universell utforming av veger og gater*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2014b). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2017). *Statens vegvesens rapporter: De fem store tunnelbrannene i Norge*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2022). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen krav 5.1.1-1 (2022). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2023). *Norge – det mest trafikksikre landet i Europa*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/om-oss/presse/aktuelt/2023/06/norge--det-mest-trafikksikre-landet-i-europa/>
- Statens vegvesen (2024a). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2024b). *Statens vegvesen utgir vegnormaler, retningslinjer og veiledninger*. Vegvesen.no. <https://store.vegnorm.vegvesen.no/>
- Store norske leksikon (2022). *Lærdalstunnelen*. Hentet fra <https://snl.no/L%C3%A6rdalstunnelen>
- Transportøkonomisk institutt (2023). *Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2021. 1948/2023*.
- Tunnelsikkerhetsforskriften (2007). *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517>

Tunnelsikkerhetsforskriften (2015). *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler*. Vedlegg I, 2.9.3. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517>

Vedlegg

Vedlegg 1: *TIDSLINJE FOR PUBLIKASJONER AV TUNNELHÅNDBOKA*

Vedlegg 2: *KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL*

Vedlegg 3: *ILLUSTRASJON AV VENTILASJONSMETODER I HÅNDBOK 021 1992-08*

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNELER

UTRUSTNING	TUNNELKLASSER					MERKNADER
	A	B	C	D	E	
Remningslys		○	○	●	●	Ca. 50 m avstand
Brannslukningsapparat	●	●	●	●	●	Klasse A,B : For hver ca. 250 m C, D : For hver ca. 125 m E For hver ca. 50 m
Brannhydrant		○	○	○	○	Vurderes i samarbeid med lokalt brannvesen
Nødtelefon	○	●	●	●	●	Klasse B : For hver ca. 500 m C, D : For hver ca. 250 m E : For hver ca. 100 m
Nødskilt	●	●	●	●	●	Skilt som viser nærmeste utgang/ nødutgang. Plasseres ved brannsluknings- apparatene.
Lyssignal for innkjøringen (rødt blink)		○	●	●	●	Styres av CO-måler eller av tunnelbetjeningen.
Bommer for stenging (manuelle)	○	●	●	●	●	Automatiske bommer vurderes ved ÅDT over 10 000
Variable tekstsilt			○	●	●	
TV-overvåking				○	○	Vurderes spesielt
Radlosamband	○	○	●	●	●	
Mobiltelefon	○	○	○	○	○	Avklares med Televerket
Nødstrømsforsyning	○	○	○	○	○	Vurderes spesielt
Kontroll av kjøretøy- høyder	○	○	○	○	●	Brukes i klasse A-D ved fri høyde lavere enn 4,8 m

● Krav

○ Vurderes

Figur 1: Sikkerhetsutrustning i tunneler (Statens vegvesen håndbok 021, 1992-08)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

UTRUSTNING	TUNNELKLASSER						MERKNADER
● Krav ○ Vurderes	A	B	C	D	E	F	
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 4 "Geometrisk utforming"
Snunisjer		●	●	●			
Rømningsmulighet til fots					●	●	Gangbare tverrforbindelser for hver 250 m
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 10 "Tekniske anlegg"						
Avbruddsfri strømforsyning (nødstrøm)		●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se avsnitt 602.201 og 1003.6
Rømningslys			○	●	●	●	Ca. 62,5 m avstand. Se avsnitt 602.202
Nødutgangsskilt					●	●	Krav også i øvrige klasser hvis tunnelen er bygget med alternative rømningsveier, f.eks tverslag. Se avsnitt 602.203
Nødtelefon		●	●	●	●	●	Klasse B: For hver ca. 500 m ¹⁾ C: For hver ca. 375 m ¹⁾ D: For hver ca. 250 m (begge sider) ¹⁾ E: For hver ca. 500 m ¹⁾ F: For hver ca. 250 m ¹⁾
Brannsløkker	○	●	●	●	●	●	Klasse B: For hver ca. 250 m ^{1) 2)} C, D: For hver ca. 125 m ^{1) 2)} E: For hver ca. 125 m ¹⁾ F: For hver ca. 62,5 m ¹⁾
Slokkevann		●	●	●	●	●	Aktuelle løsninger i avsnitt 602.206
Rødt stoppblinksignal		●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.207
Fjernstyrte bomber for stengning		○	○	○	○	●	Vurderes ut fra forventet bruksfrekvens. Se avsnitt 602.208
Variable skilt		○	○	○	○	○	Se avsnitt 602.209 og 603
Kjørefeltsignaler					○	○	Se avsnitt 602.209
ITV-overvåking					○	○	Se avsnitt 602.210 og 603
Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg		●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.3
Mobiltelefon		○	○	○	○	○	Avklares med mobiltelefonoperatørene
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.211

¹⁾ Nødtelefon og brannsløkker installeres i tillegg utenfor hver tunnelmunning (se avsnitt 414.2)

²⁾ Brannsløkkere monteres ensidig med angitt avstand. I tillegg monteres brannsløkkere ved alle nødtelefoner på motsatt side.

Figur 2: Sikkerhetsutrustning i tunneler (Statens vegvesen håndbok 021, 2002-06)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

● Krav ○ Vurderes	TUNNELKLASSER						MERKNADER
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 4 "Geometrisk utforming"
Snunisjer		●	●	●			
Gangbare tverrforbindelser					●	●	Hver 250. m (se avsn. 601)
Nødutganger			○	●			Krav om enten nødutganger eller egen rømnings-tunnel med tverrforbindelser for tunnelklasse D, og for tunneler lengre enn 10 km i tunnelklasse C
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 10 "Tekniske anlegg"						
Avbruddsfri strømforsyning	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se avsnitt 602.201 og 1003.6
Evakueringslys	●	●	●	●	●	●	Ca. 62,5 m avstand. Se avsnitt 602.202
Nødutgangskilt, og skilt som viser retning og avstand til nødutgang			●	●	●	●	Krav for tunneler med alternative rømnings-veier. Se avsnitt 602.203
Avstandsmarkering i tunnel	●	●	●	●	●	●	Krav for tunneler lengre enn 3 km. Skiltet plasseres for hver 1000 m. Se avsn. 414.3
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Inneholder nødtelefon og to brannslukkere. Hver 125 m. Se fig. 6.2 - 6.6. Nødstasjon installeres i tillegg utenfor hver tunnelmunning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Aktuelle løsninger i avsnitt 602.205
Rødt stoppblyksignal	○	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.206. Klasse A: krav for tunneler > 1 km
Fjernstyrte bomber for stengning		○	○	○	○	●	Vurderes ut fra forventet bruksfrekvens. Se avsnitt 602.207
Variable skilt		○	○	○	○	○	Se avsnitt 602.208 og 603
Kjørefeltsignaler					○	○	Se avsnitt 602.208
ITV-overvåking			○	○	○	○	Se avsnitt 602.209 og 603. Krav i tunneler > 3 km og > 2 000 kjøretøyer per kjørefelt
Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg	●	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.3
Mobiltelefon		○	○	○	○	○	Avklares med mobiltelefonoperatørene
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.210

Figur 3: Sikkerhetsutrustning i tunneler (Statens vegvesen håndbok 021, 2006-11)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

● Krav ○ Vurderes	TUNNELKLASSER						MERKNADER
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 4 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 4 Geometrisk utforming
Gangbare tverrforbindelser					●	●	Hver 250. m (se pkt. 4.7)
Nødutganger				●			Krav om enten nødutganger til det fri eller egen romningstunnel med tverrforbindelser for tunnelklasse D (antall kjøretøy pr kjørefelt > 4000), og for tunneler lengre enn 10 km i tunnelklasse C (jf. 5.1). Avstand hver 500 m (se pkt. 4.7)
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 10 Tekniske anlegg						
Nødstrømsanlegg	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se pkt. 5.2.2.1 og 10.3.6
Ledelys for tunnel	●	●	●	●	●	●	Ca. 62,5 m avstand. Se pkt. 5.2.2.2
Nødutgangsskilt, og skilt som viser retning og avstand til nødutgang			●	●	●	●	Krav for tunneler med nødutganger og tverrforbindelser. Se pkt. 6.2
Avstandsmarkering i tunnel	●	●	●	●	●	●	Krav for tunneler lengre enn 3 km. Skiltet plasseres for hver 1000 m. Se pkt. 6.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Inneholder nødtelefon og to brannslukkere. Se fig. 5.1 – 5.5. Hver 125 m. I spesielle tilfeller min. hver 250 m ved oppgradering (jf. 5.2.4). Nødstasjon installeres i tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Aktuelle løsninger i pkt. 5.2.2.4
Rødt stoppblinksignal	○	●	●	●	●	●	Se pkt. 6.3. Tunnelklasse A: krav for tunneler > 1km
Fjernstyrte bommer for stengning		○	○	●	●	●	Se pkt. 5.2.2.5
Variable skilt		○	○	○	○	○	Se pkt. 6.3 og 5.3
Kjørefeltsignaler					○	○	Se pkt. 6.3
ITV-overvåking			○	○	○	○	Se pkt. 5.2.2.6 og 5.3. Krav i tunneler > 3 km og > 2 000 kjøretøyer per kjørefelt
Radio- og kringkastingsanlegg	●	●	●	●	●	●	Se pkt. 5.2.3
Mobiltelefon *	○	○	○	○	○	○	Se pkt. 5.2.3.4
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se pkt. 5.2.2.7

* Ikke sikkerhetsutstyr

Figur 4: Tiltak for å sikre minimum sikkerhetsnivå i tunneler (Statens vegvesen håndbok 021, 2010)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

● Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger			○	●	●	●	Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	●	●	●	●	●	●	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha håndlist. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bommer for stengning		○	●	●	●	●	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytaltersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.8

Figur 5: Tiltak for å sikre akseptabelt sikkerhetsnivå i tunneler (Statens vegvesen håndbok N500, 2016)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

● Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger			○	●	●	●	Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	●	●	●	●	●	●	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha sammenhengende lys. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bommer for stengning		○	●	●	●	●	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytaltersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.8

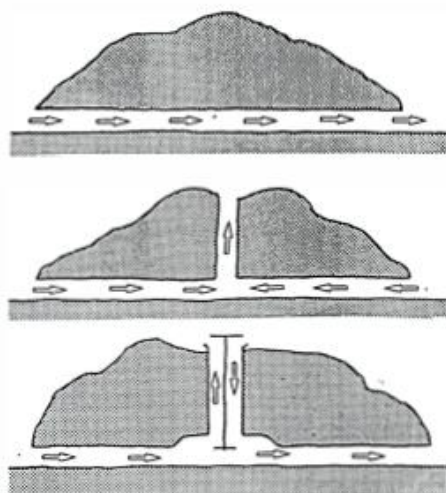
Figur 6: Tiltak for å sikre akseptabelt sikkerhetsnivå i tunneler (Statens vegvesen håndbok N500, 2020)

VEDLEGG 2: KRAV TIL SIKKERHETSUTRUSTNING I TUNNEL

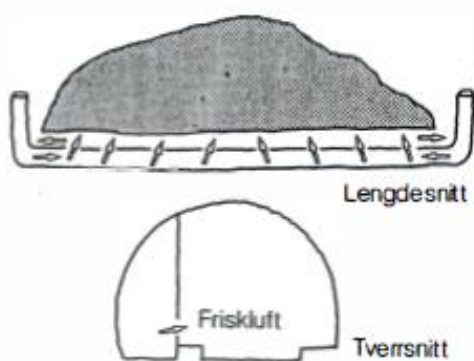
• Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		•	•	•	•	•	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		•	•	•			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger			○	•	•	•	Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	•	•	•	•	•	•	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	•	•	•	•	•	•	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha sammenhengende lys. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	•	•	•	•	•	•	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning
Slokkevann	•	•	•	•	•	•	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bomber for stengning		○	•	•	•	•	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytalersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	•	•	•	•	•	•	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	•	•	•	•	•	•	Se 4.3.2.8

Figur 7: Tiltak for å sikre akseptabelt sikkerhetsnivå i tunneler (Statens vegvesen håndbok N500, 2021)

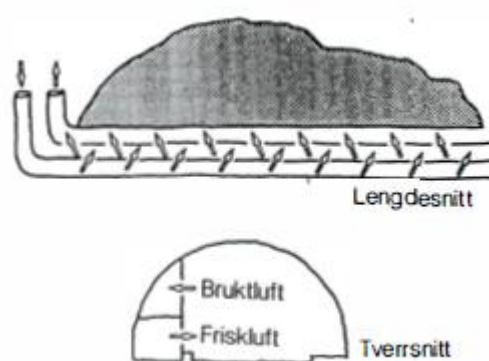
VEDLEGG 3: ILLUSTRASJON AV VENTILASJONSMETODER I HÅNDBOK 021 1992-08



Figur 1: Illustrasjon av langslufting (Statens vegvesen håndbok 021, 1992-08)



Figur 2: Illustrasjon av halvtverrlufting (Statens vegvesen håndbok 021, 1992-08)



Figur 3: Illustrasjon av tverrlufting (Statens vegvesen håndbok 021, 1992-08)