

Risiko for brann i tunge kjøretøy i vegtunneler med høy stigning

TØI rapport 2017/2024 • Forfattere: Tor-Olav Nævestad, Alena Katharina Høye, Jenny Blom, Lars Even Egner
• Oslo 2024 • 72 sider

Rapporten undersøker sammenhengen mellom høy stigningsgrad i vegtunneler og risiko for brann i tunge kjøretøy. Det er særlig undersjøiske tunneler som har lange og bratte stigninger. Våre analyser viser at brannrisikoen i vegtunneler øker mest fra en stigning på 7 prosent, og vi betrakter en maksimal stigning på 7 prosent som et «knekkpunkt». Lavere stigningsgrader medfører imidlertid også økt brannrisiko. Også lengden på bratte stigninger har sammenheng med brannrisikoen. Jo lengre en bratt stigning er, desto flere branner er det i tunnelen. Dette gjelder både for stigninger fra 5 prosent og for stigninger fra 7 prosent. Lengde-effekten er imidlertid betydelig større for lengden på stigninger over 7 prosent. Undersjøiske vegtunneler har høyere risiko for kjøretøybrann enn andre tunneler. Det kan i hovedsak forklares med at de har lange og bratte stigninger, og den kraftige økningen av brannrisikoen fra 7 prosent kan forklares med at de fleste undersjøiske tunneler har stigninger som er både lange og over 7 prosent. De fire mest brannutsatte har nesten 5500 meter i gjennomsnitt med stigning over 7%. Det gjelder Oslofjordtunnelen, Eiksundtunnelen, Bømlafjordtunnelen og Byfjordtunnelen. Årsaken til tungbilbranner i lange og bratte tunneler er først og fremst tekniske problemer. Motoren blir svært varm når man bruker retarder nedover, og enda varmere når man kjører oppover. Retarder er et uavhengig bremsesystem, som betjenes med en hendel ved rattet, som bremser motoren nedover. Mangelfullt vedlikehold på tunge kjøretøy er gjerne en underliggende årsak til brannutvikling. Vi diskuterer ulike tiltak for å redusere risiko for brann, blant annet basert på erfaringer med tiltak i tunneler i alpeland. Vi diskuterer også hvordan nye drivstofftyper og energibærere de neste 10-20 årene kan påvirke risikoen for brann og konsekvensene av brann. Det mest relevante tiltaket for å forebygge branner i tungbiler i norske vegtunneler er at man ikke bygger lange og bratte vegtunneler, der det kan unngås. De andre mest relevante tiltakene som vi identifiserer i studien er teknologi for automatisk slukking av brann i motorrom, vedlikehold av kjøretøy, teknisk kontroll av kjøretøy, termportaler og samvirkende ITS.

Bakgrunn

Norge er blant de landene i verden som bygger flest vegtunneler. Det er godt over 1250 vegtunneler i Norge. I et trafiksikkerhetsperspektiv kan det nevnes at vegtunneler vanligvis er minst like sikre som, eller sikrere enn, tilsvarende vegstrekninger i fri luft uten vegkryss, avkjørsler eller gang- og sykkeltrafikk. Vegtunneler fortjener likevel spesiell oppmerksomhet



fra et trafikkikkerhets- og beredskapsperspektiv, spesielt på grunn av katastrofepotensialet ved brann.

Selv om risikoen for trafikkulykker er lavere i vegtunneler enn en tilsvarende veg i dagen, er katastrofepotensialet knyttet til brann høyere. Kjøretøybrannene med katastrofepotensial i vegtunneler er gjerne knyttet til tunge kjøretøy, som ofte har drivstoff og last som kan gi grunnlag for betydelig varme- og røykutvikling. Det gjelder særlig i tunneler med høy stigningsgrad (>5%), som først og fremst er undersjøiske. Vegtunnelene med høy stigningsgrad utgjør til sammen omtrent 5% av vegtunnelene. Disse hadde 38% av brannene og tilløpene i perioden 2008-2021. Gitt tunge kjøretøys brannrisiko i vegtunneler med høy stigningsgrad, er det viktig å få kunnskap som kan brukes for å utvikle effektive tiltak for å redusere risiko for kjøretøybranner. Med tunge kjøretøy mener vi store lastebiler (dvs. over 7,5 tonn).

Mål

Denne studien har som mål å kartlegge:

- 1) Årsakssammenhenger mellom stigning i tunneler og tungbilbranner.
- 2) Tiltak i og ved tunnelene, som kan kompensere for risikoen som er knyttet til høy stigningsgrad i tunneler, og hvilken effekt man kan forvente av tiltakene.
- 3) Endringer i løpet av perioden 2008-2021, som kan ha påvirket risikoen for tungbilbranner i tunneler med høy stigning, og undersøke hvilke endringer i løpet av de neste 10-20 årene som kan forventes å påvirke risikoen for tungbilbranner i bratte tunneler.

Risikobegrepet

Denne studien handler om risiko for tungbilbranner i vegtunneler. Generelt kan risikobegrepet brukes på ulike måter, men i denne studien har vi en trafikkikkerhetsfaglig definisjon av risikobegrepet. Dvs. at vi definerer risiko som antall branner i forhold til et eksponeringsmål, for eksempel antall tunneler eller million kjøretøykilometer i tunnel. Risikoen og faktorer som påvirker risikoen, undersøker vi med hjelp av modellberegninger. Potensielt relevante faktorer som vi har undersøkt i modellberegninger, er bl.a. maksimal stigning, lengden på bratte stigninger, fartsgrense, antall løp, trafikkmengde og andel tunge kjøretøy.

Mens den trafikkikkerhetsfaglige risikoforståelsen handler om hvorvidt branner oppstår, definerer man risiko i en beredskapsfaglig forståelse som kombinasjonen av sannsynlighet og konsekvens. I de tilfellene hvor vi beskriver konsekvenser av brann, omtaler vi det eksplisitt som konsekvenser. Alle beskrivelser av risiko handler om antall branner.

Metoder

Vi bruker tre metoder i studien:

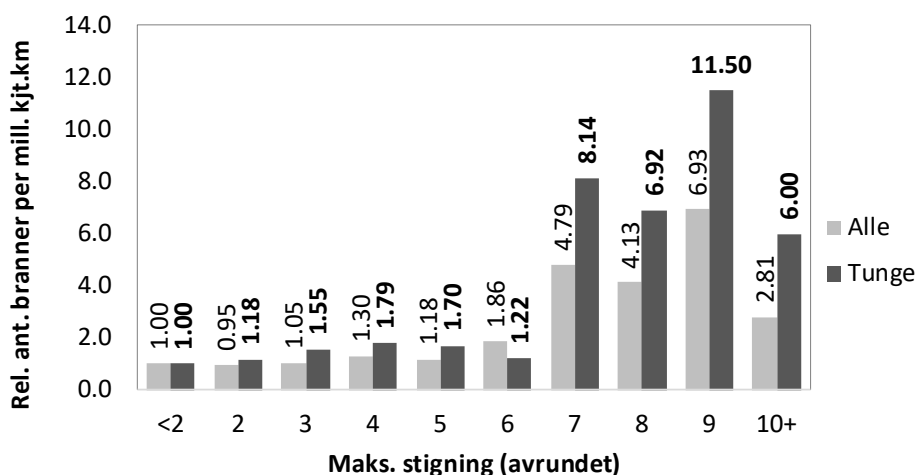
- 1) **Litteraturstudie** for å identifisere studier som undersøker sammenhengen mellom kjøretøybranner i vegtunneler og høy stigningsgrad, fortrinnsvis for tunge kjøretøy. Vi vurderer om studiene sier noe om knekkpunkter, der brannrisikoen øker betraktelig, samt om det finnes studier som sier noe om tiltak for å forebygge tunge kjøretøys brannrisiko i vegtunneler med høy stigningsgrad.
- 2) **Statistiske modeller** for å beregne normale antall branner i norske vegtunneler, dvs. gjennomsnittlige antall branner i tunneler med visse egenskaper, bl.a. en viss lengde, trafikkmengde, fartsgrense mv. Modellene er basert på Negative Binomial regresjon og bygger på data for tunneler som ble åpnet før 2016 og som var åpne for trafikk i minst ett av årene 2008-2021. Analyseenheten i alle modellene er én tunnel i ett år.

- 3) **Kvalitative intervjuer** med 23 fagpersoner for å få informasjon om sammenhenger mellom stigning og brannrisiko, årsaker til kjøretøybranner i bratte tunneler samt tiltak og utviklingstrekk. Informantene er personer fra bransjeorganisasjoner, tungbil-sjåførere, tungbilforsikring, nasjonal ulykkesgranskning, bilprodusenters ulykkesgranskning, branninspektører fra brannvesen i nærheten av brannutsatte vegtunneler, tunnelforvaltere, lastebilprodusenter, lastebilmekanikere, personer involvert i tungbilopplæring, og personer som er eksperter på analyse og tiltak i Europeiske tunneler som har hatt sterkt fokus på brannforebygging (St. Gotthart, Tauern, San Bernadino, Mont Blanc). De sistnevnte er enten tunnelforvaltere eller personer som er involvert i brannsikkerhetsarbeidet i disse tunnelene.

Del 1: Årsakssammenhenger mellom stigning i tunneler og tungbilbranner

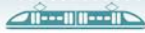
Tunnelsikkerhetsforskriften krever at kompensierende tiltak etableres ved en stigning på 3 prosent, og tillater ikke stigning over 5 prosent. Stigninger over 5 prosent tillates kun under visse forutsetninger, bl.a. at ingen annen løsning er geografisk mulig. Vi gjennomfører oppdaterte statistiske analyser for å undersøke om dagens kunnskapsgrunnlag gir støtte for å definere terskelverdiene for stigning i tunnelforskriften, eller om vi ser andre tydelige «knekkpunkter», dvs. stigningsgrader der risikoen for brann eller tilløp til brann øker betydelig.

Figur S.1 viser relative antall branner per mill. kjøretøykilometer for alle kjøretøy og for tunge kjøretøy i perioden 2008-2021, etter maksimal stigningsgrad i tunnelene. Relative antall branner er beregnet i forhold til «flate tunneler» hvor maks stigning er under 2 prosent. For eksempel har tunneler med en stigningsgrad på 7% 8,14 ganger så mange tungbilbranner som flate tunneler, mens tunneler med 9% stigning har 11,50 ganger så mange tungbilbranner som flate tunneler.



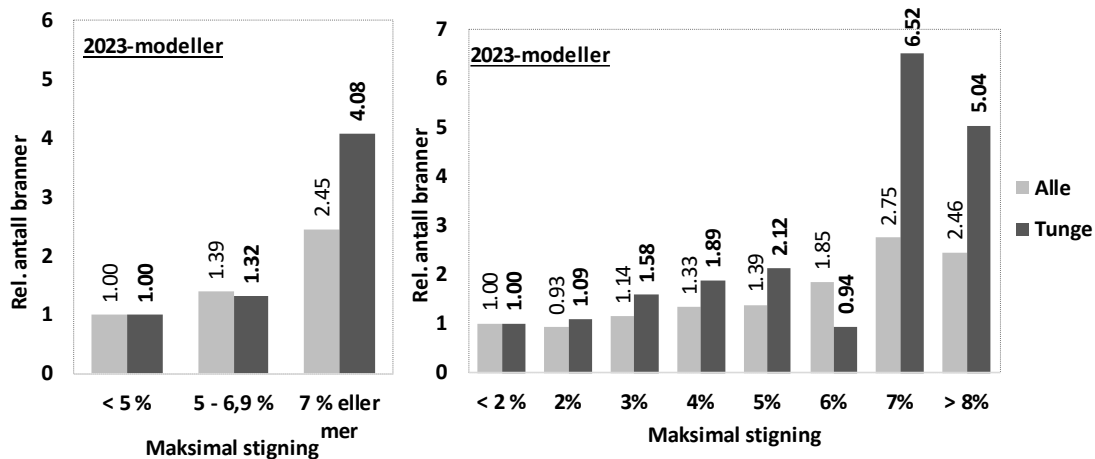
Figur S.1: Relative antall branner per million kjøretøykilometer etter maksimal stigningsgrad (maksimal stigningsgrad er avrundet; dvs. at f.eks. «2» inneholder stigninger fra 2,00 til 2,99 prosent).

Tunneler med stigning har generelt flere branner enn flate tunneler. Brannrisikoen øker mest fra en stigning på 7 prosent. Verken over eller under 7 prosent maksimalstigning kan man se noen klar sammenheng mellom stigning og brannrisiko. Dermed kan man betrakte en maksimal stigning på 7 prosent som et «knekkpunkt».



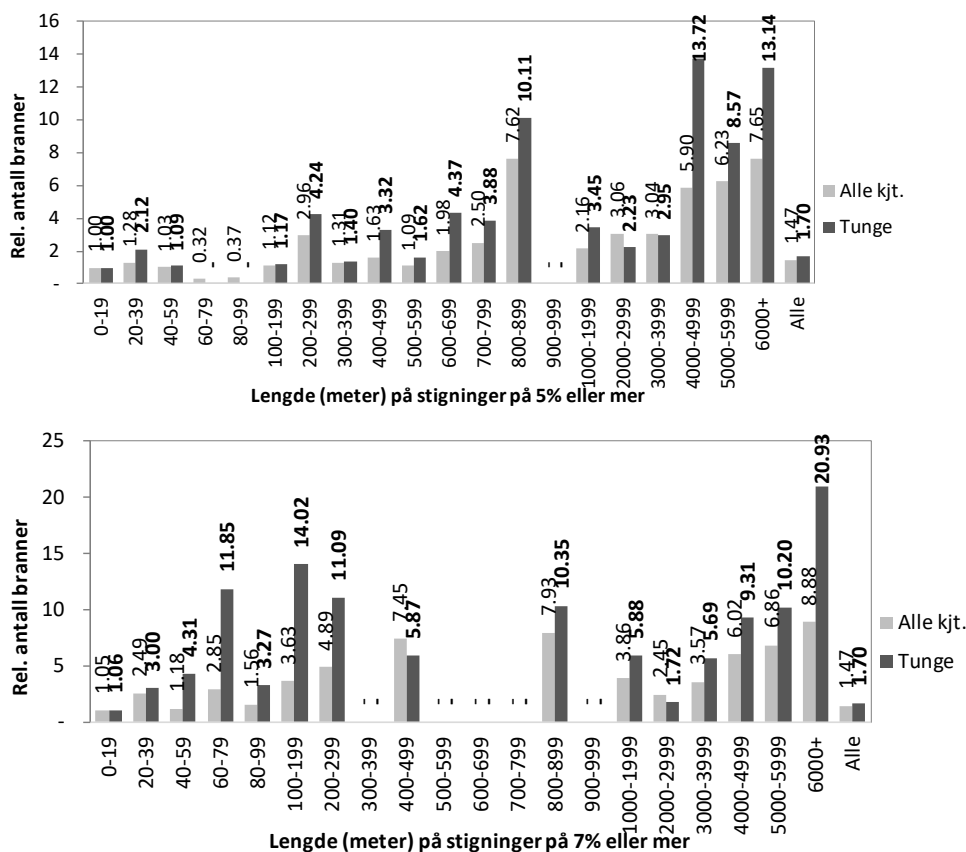
Vi har også gjennomført modellberegninger. Til forskjell fra risikoberegningene (som kun kontrollerer for kjørte km, kontrollerer modellberegningene for en rekke tunnelegenskaper; «prediktorvariabler»). Modellberegninger med dummyvariabler for maks. stigning (dvs. kun to verdier; for eksempel under og over 7% stigning) (figur S.2) viser at:

- Tunneler med en maksimal stigning på **7 prosent eller mer** har signifikant **flere branner** enn mindre bratte tunneler; dette gjelder både totalt antall branner og tunge kjøretøybranner.
- Tunneler med en maksimal stigning på **5-7 prosent** har også **flere branner** enn mindre bratte tunneler, men færre enn tunneler med en maksimal stigning på 7 prosent eller mer.
- Koeffisienten for **undersjøisk tunnel** viser at undersjøiske tunneler har signifikant **flere branner** enn andre tunneler. Dette gjelder både det totale antall branner (+70 prosent) og tunge kjøretøybranner (+33 prosent). Her er det kontrollert for hvorvidt tunnelene har en maksimal stigning på 5 eller 7 prosent eller mer.



Figur S.2: Relative antall branner i modellberegninger med dummyvariabler for maksimal stigning (forklaringer se tekst).

Lengden på bratte stigninger. Figur S.3 viser sammenhengen mellom lengden på bratte stigninger og relative antall branner, totalt og i tunge kjøretøy. Også lengden på bratte stigninger har sammenheng med brannrisikoen. Jo lengre en bratt stigning er, desto flere branner er det i tunnelen. Dette gjelder både for stigninger fra 5 prosent og for stigninger fra 7 prosent; lengde-effekten er imidlertid betydelig større for lengden på stigninger over 7 prosent. Tidligere forskning viser at undersjøiske tunneler er overrepresenterte i statistikken over kjøretøybranner (Nævestad og Blom 2023). At undersjøiske tunneler har flere branner enn andre tunneler, kan i hovedsak forklares med at de har lange og bratte stigninger.



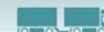
Figur S.3: Relative antall branner per million kjøretøykilometer i tunneler, etter antall meter med stigning på 5 prosent eller mer (øverst), eller 7 prosent eller mer (nederst). Relative antall branner i tunneler med null meter stigning på 5 / 7 prosent eller mer er satt lik én i begge figurene.

Modellberegninger: Vi har beregnet modeller hvor lengden på bratte stigninger i tunnelen er blant prediktorvariablene. Disse viser at:

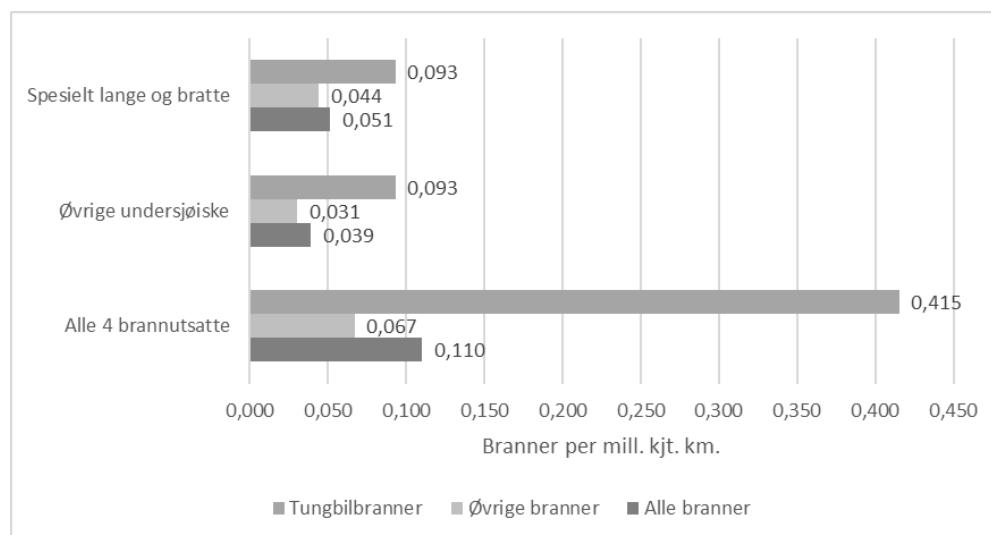
- Tunneler med **lengre bratte stigninger** har **flere branner** enn tunneler med kortere bratte stigninger.
- Sammenhengen er sterkere for **tunge kjøretøybranner** enn for alle branner, og den er statistisk signifikant i begge modellene for tunge kjøretøybranner.
- For stigninger over 5 prosent er det ingen stor forskjell mellom alle og tunge kjøretøybranner; siden resultatene gjelder relative antall, betyr det at risikoøkningen i forhold til flate tunneler er omtrent like stor for tunge og alle kjøretøybranner.
- For stigninger over 7 prosent finnes man en langt større risikoøkning for tunge kjøretøybranner enn for det totale antallet branner.

Brannutsatte undersjøiske vegtunneler

Nævestad og Blom (2023) finner at fire undersjøiske vegtunneler har halvparten av alle brannene og tilløpene i tunneler med høy stigningsgrad (112 av 226) i perioden 2008-2021. Disse er Oslofjordtunnelen (39 branner og tilløp), Bømlafjordtunnelen (32), Byfjordtunnelen (23) og Eiksundtunnelen (17). Vi har sammenlignet noen generelle tunnelegenskaper mellom de fire mest brannutsatte tunnelene, øvrige undersjøiske tunneler og fem lange undersjøiske tunneler med stigning over 7%. De fem lange undersjøiske tunneler med stigning over 7% er valgt slik at de har lignende maksimal stigning (7-9 prosent) og lignende lengde (over 5 km) som de mest brannutsatte undersjøiske tunnelene.



Vi finner at antall tungebilbranner per mill. kjøretøykilometer er 4,5 ganger så høyt i de mest brannutsatte tunnelene som i de øvrige undersjøiske tunnelene. For det totale antall branner er forholdstallet på 2,8. For branner som ikke er tungebilbranner er forholdstallet 2,2. Det betyr at forskjellen i brannrisikoen er størst for tungebilbranner.



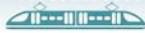
Figur S.4: Branner per mill. kjøretøykilometer i undersjøiske tunneler; de fire brannutsatte, øvrige undersjøiske (n=29) og fem lange undersjøiske med stigning over 7%, dvs. som ligner på de fire brannutsatte (stigning 7-9 prosent og tunnallengde over 5 km).

Vi har sett på faktorer som kan forklare hvorfor de fire mest brannutsatte tunnelene har høyere forekomst av branner. De mest brannutsatte tunnelene har over dobbelt så lange bratte stigninger i gjennomsnitt som de øvrige undersjøiske tunnelene, og nesten dobbelt så lange bratte stigninger i gjennomsnitt som de lange undersjøiske tunnelene med stigning over 7%. Selv om de lange undersjøiske tunnelene med stigning over 7% er omtrent like lange som de brannutsatte (6086 meter i gjennomsnitt mot 7025 meter i gjennomsnitt), har de ikke like lange strekninger med stigninger over 7% som de brannutsatte tunnelene (2871 meter i gjennomsnitt mot 5497). Lengden på den bratte stigningen ser dermed ut til å være forklaringen på den høye brannrisikoen i de mest brannutsatte tunnelene.

Kommentar til analysene.

Analysene av sammenhengen mellom maksimal stigningsgrad og antall branner viser et knekkpunkt ved 7 prosent maksimal stigning hvor risikoen øker betydelig for kjøretøybrann. Resultatene kan likevel ikke tolkes slik at stigningsgraden er uten betydning under (eller over) 7 prosent. Knekkpunktet på 7% skyldes nok at de undersjøiske tunnelene er blant tunnelene med en maksimal stigningsgrad på 7 prosent eller høyere, og disse har ikke bare bratte, men også svært lange stigninger. Lengden på bratt stigning har vist seg å være av stor betydning for antall branner, især over 7 prosent. Knekkpunktet man ser ved 7 prosent maksimal stigning, oppstår altså som følge av kombinasjonen av lang og bratt stigning. Her er det med andre ord en blanding av maksimal stigning og lengden på stigning som bidrar til det tilsynelatende knekkpunktet.

At man ikke ser noen tydelig sammenheng mellom maksimal stigning og branner for stigninger på 3 til 6 prosent eller over 7 prosent, kan tyde på at maksimal stigning har størst betydning for stigninger fra 7 prosent. Det kan imidlertid også skyldes tilfeldigheter i datamaterialet. Dessuten viser analysene av sammenhengen mellom lengde på bratt stigning og antall branner at det også for stigninger på 5-7 prosent er en sammenheng mellom lengde på stigningen og



antall branner. Dermed er stigningsgraden også av betydning for brannrisikoen fra fem prosent.

På denne bakgrunnen har vi ikke grunnlag for å oppgi grenseverdier for hva som er en «trygg» stigning: Risikoen øker fra ca. 3 prosent og den øker mer, jo lengre og jo brattere stigningen er.

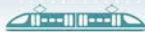
Del 2: Kompenserende tiltak

Det andre målet med studien er å kartlegge kompenserende tiltak, dvs. tiltak i og ved tunnelene som kan kompensere for risikoen som er knyttet til høy stigningsgrad i tunneler, og hvilken effekt vi kan forvente av tiltakene. Vi fokuserer primært på tiltak som kan redusere risikoen for tunge kjøretøybranner i tunneler (dvs. tiltak som følger av det vi har funnet om stigningsgrader og lengde på stigning) og tiltak som kan redusere konsekvensene ved brann. Beskrivelsen er basert på en kombinasjon av litteraturstudie og intervjuer. Vi har ikke funnet noen vitenskapelige studier som sier noe om effekter av tiltak for å redusere risikoen for tungbilbranner i vegtunneler med høy stigningsgrad. Redegjørelsen vår for kompenserende tiltak er derfor primært basert på intervjuresultater.

Det som kan nevnes først, er at det mest relevante tiltaket for å forebygge branner i tungebiler i norske vegtunneler er at man ikke bygger lange og bratte vegtunneler, der det kan unngås. Et av hovedresultatene i studien vår er at tunnelene med lange og bratte stigninger har betydelig høyere risiko for brann. Det å redusere stigningsgraden og lengden på stigningsgraden vil derfor redusere risikoen for kjøretøybranner. Dette ble også nevnt av flere av informantene i intervjuene, særlig når de lange og bratte tunnelene er ettløpstunneler uten andre evakueringsmuligheter enn gjennom tunnelmunningene. I tillegg, er det også viktig å nevne at høy stigningsgrad påvirker trafikantenes muligheter for å evakuere tunnelene (det er mer krevende å gå lange strekninger med høy stigning til fots) og mulighetene for å effektivt få kontroll på røyken gjennom brannventilasjon.

Utgangspunktet for redegjørelsen over øvrige tiltak er, at vi finner at det først og fremst er tekniske problemer i motor som er årsak til branner. Dette gjør kjøretøyet sårbar for brann når motoren blir varm av retarderbruk nedover i tunnelen, før den blir enda varmere når man kjører oppover i tunnelen igjen. Manglende eller utilstrekkelig vedlikehold øker risikoen for tekniske problemer. Det er derfor særlig relevant å sette inn tiltak for å bedre vedlikehold av kjøretøy, og også kontroll av kjøretøy. Sistnevnte er viktig, fordi vi har inntrykk av at ombygde og modifiserte tungebiler kan ha høyere risiko for brann. Basert på intervjuene som er gjennomført i denne studien, ble teknologi for automatisk slukking av brann i motorrom omtalt som det mest relevante tiltaket for å forebygge branner i tunge kjøretøy i vegtunneler. Det viktigste argumentet for denne anbefalingen er at slik teknologi finnes i buss i dag, og det er også påbudt for anleggsmaskiner som kjører i gruver. Teknologien finnes, intervjuene indikerer at den fungerer og tunge kjøretøysmotorrom er godt egnet for den.

Bakgrunnen for anbefalingen av dette tiltaket er at informantene, både i Norge og utlandet, sa at det er krevende å forebygge risikoen for brann i tunge kjøretøy. Informantene hadde mye fokus på tidlig oppdagelse og konsekvensreduering når branner inntreffer. Dette gjaldt for eksempel i tunnelene i alpeland og Oslofjordtunnelen. Konsekvensreduering kan være utfordrende i de undersjøiske vegtunnelene fordi de er lange ettløpstunneler, hvor trafikanter må evakuere gjennom tunnelmunningene, dvs. gå eller kjøre lange distanser med høy stigning. Det finnes risikoreduerende tiltak som virker relativt effektivt i alpeland, for eksempel portaler med varmescanere for tungebiler og permanente kontrollstasjoner for tungebiler. Dette er imidlertid dyrt og ressurskrevende, særlig i undersjøiske vegtunneler med lav ÅDT. Det er antakelig heller ikke like effektivt som i alpeland, fordi stigningen er inne i tunnelen, og

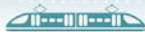


ikke før tunnelen. Da er det antakelig mer realistisk å satse på automatisk brannslukking i motorrommet på tunge kjøretøy. Dette er dessuten et tiltak som vil fungere i alle tunneler.

For at dette skal bli et virkningsfullt tiltak, bør det nok innføres som et nasjonalt krav. Det bør også være et eget EU-krav, siden litt under 10 % av lastebilkilometerne i Norge kjøres med utenlandske lastebiler. Vegen til å få gjennom slike EU-krav kan være lang, men det finnes eksempler på situasjoner hvor Norge har gått foran EU, innført strengere krav enn EU-regler og vært en pådriver for strengere EU-krav. Dette har for eksempel skjedd i busstransport, hvor Norge har gått foran EU og innført et eget nasjonalt krav om kollisjonssikring i fronten av busser. Norge har en sterk interesse av slukketeknologi i motorrom, siden vi er blant landene som har flest vegtunneler i verden. Ikke minst har vi også flere lange ettløps undersjøiske vegtunneler som er spesielt brannutsatte, sammenliknet med de øvrige tunnelene i Norge.

Portaler med automatisk varmescanning av tungbiler for å luke ut overopphetede tungbiler som kan ha forhøyet risiko for brann er et tiltak som har blitt implementert ved fjelltunneler i alpeland i de senere årene. Fjelltunnelene i alpeland har problematikk relatert til stigningsgrad, fordi de ligger nær toppen av fjell, og de er lokalisert på internasjonale transittveier. Dette betyr at kjøretøy som kjører gjennom tunnelene må kjøre betydelige strekninger med høy stigningsgrad opp til tunnelene, og strekninger med betydelig fall ned fra tunnelene. Forskjellen til de undersjøiske vegtunnelene i Norge er, at disse først og fremst har strekninger med høy stigningsgrad inne i tunnelene. De europeiske fjelltunnelene har strekninger med høy stigningsgrad før tunnelene, og et viktig brannforebyggingsiltak for disse er å unngå at overopphetede tungbiler kommer inn i tunnelene. I de undersjøiske vegtunnelene i Norge handler brannforebygging i større grad om å unngå at tungbiler blir overopphedet inne i tunnelene, særlig når de er på veg oppover og ut av tunnelene. Det kan derfor diskuteres hvor effektivt varmescanning utenfor undersjøiske vegtunneler er. Det ser ut til at omtrent 90% av brannene i tunge kjøretøy har tekniske problemer som årsak. Rundt halvparten av tungbilbrannene i norske vegtunneler som vi antar at har tekniske problemer som årsak (55 av 101) i perioden 2008-2021 er i tunneler som ikke har høy stigningsgrad. Her kan det være relevant med varmescanning utenfor tunnelene, fordi vi kan anta at varmeutviklingen her kan starte og måles utenfor tunnelen, og at den ikke er et resultat av fall/stigning inne i tunnelen. Ulike kriterier kan legges til grunn for å velge hvilke tunneler man skal velge ut for et slikt tiltak. Portaler med varmescanning kan være spesielt relevant utenfor tunneler som har lengre strekninger med fall/stigning før tunnelmunningene, tunneler med høy tungbil ÅDT, tunneler som har hatt mange tungbilbranner, spesielt lange tunneler osv.

Et annet tiltak som antakelig blir svært viktig i fremtiden er «Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)», eller samvirkende ITS, som bruker trådløs teknologi for å muliggjøre sanntids kommunikasjon fra kjøretøy til kjøretøy og fra kjøretøy til infrastruktur. Moderne lastebiler har et stort antall sensorer som gir varsler dersom det er tekniske feil med lastebilen, eller dersom en eller annen komponent er overopphedet. I fremtiden kan vi tenke oss at utstyr langs vegen før tunnelen kan kommunisere med kjøretøy og fange opp slike feilmeldinger, for eksempel om overoppheting eller alvorlige motorfeil, og «luke ut» kjøretøy, slik at de ikke kan kjøre inn i tunnelene. Dette kan for eksempel skje ved at lastebilene ledes ut til en kontrollsoner, hvor de blir fulgt opp av en kontrollør. Den samvirkende ITS-teknologien er relativt moden og bruker mange komponenter som allerede finnes som standardutstyr i nye kjøretøy, for eksempel kameraer, sensorer, og antenner. En utfordring med et slikt tiltak er at det finnes mange ulike teknologier og løsninger i kjøretøy og, at man må lage et system som kan kommunisere med alle sammen. Fortsatt er det bare pilot/forskningsprosjekter som pågår på dette feltet, og det er delte meninger om hva som blir løsningen fremover.



Del 3: Utviklingstrekk

Det tredje målet med studien er å kartlegge utviklingstrekk, dvs.: a) endringer i løpet av perioden 2008-2021 som kan ha påvirket risikoen for tungbilbranner i tunneler med høy stigning, og b) endringer i løpet av de neste 10-20 årene som kan forventes å påvirke risikoen for tungbilbranner i bratte tunneler.

Informantene nevnte særlig fire endringer i løpet av perioden 2008-2021, som kan ha påvirket risikoen for brann i tunge kjøretøy i tunneler med høy stigning:

1. Kjøretøystandarden generelt har blitt bedre (og mer brannsikker),
2. Kjøretøyenes serviceplaner og vedlikehold har blitt bedre, slik at de får utført bedre jevnlig vedlikehold (og reduserer antakelig tekniske feil som kan føre til kjøretøybrann).
3. Retarderteknologien har blitt bedre, og det reduserer antakelig sjansen for feilbremsing som kan føre til overoppheting,
4. Krav til miljøvennlig drivstoff og miljøvennlig utslippsreducerende teknologi har ført til høyere temperaturer i motor og manifold, partikkelfilter og eksosrør. Samtidig som temperaturene har økt, har imidlertid også motorene og utstyret blitt utviklet for å tåle høyere temperaturer.

Når det gjelder endringer i løpet av de neste 10-20 årene som kan forventes å påvirke risikoen for tungbilbranner i bratte tunneler, fokuserte informantene først og fremst på faktorer knyttet til kjøretøy, særlig hvilke drivlinjer som blir mer utbredt de neste 10-20 årene, og hvordan det kan påvirke risiko for kjøretøybrann og konsekvenser av brann i tunnel. Nasjonal Transportplan, EU-regulativer og klimamål legger politiske føringer for innføring av nullutslippskjøretøy. NTP beskriver at «innen 2030 skal ... 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy». For tunge kjøretøy trådte et EU CO₂-utslippsregulativ i kraft fra august 2019. Fra 2025 skal utslippet reduseres med 15 prosent og fra 2030 med 30 prosent i forhold til referanseperioden. Kravene gjelder i første omgang store lastebiler (>16 tonn). EUs CO₂-krav til lastebiler medfører at bilprodusentene må utvikle batterielektriske eller hydrogenlastebiler for salg i Europa frem mot 2025 og 2030. Antagelsen er at minimum halvparten av reduksjonen må nås ved å selge null- eller lavutslippslastebiler.

Gitt disse trendene, blir det dermed et spørsmål om hvilken brannrisiko det utgjør at mer av lastebilparken på norske veger i fremtiden er drevet av elektriske batterier eller hydrogen, samt trekkvogner på biogass. Informanter, som er eksperter på ulike energiformer og drivlinjer, sa at en overgang fra diesel til elektriske batterier vil føre til en nedgang i risikoen for brann i lastebiler. Samtidig kan konsekvensene av en brann i el-batteriene til en lastebil i tunnel være større sammenlignet med diesel, fordi det skal ekstreme mengder med vann til for å slukke brannen. Branner i el-personbiler slukkes mest effektivt ved at de senkes i vannbad. Det vil være vanskelig å få til det samme med brennende lastebiler i tunnel. Brann i el-batterier produserer farligere gasser enn diesel, og kan derfor gjøre større skade på mennesker som evakuerer tunnelen, og det kan gjøre det svært vanskelig, hvis ikke umulig, for brannmannskap og røykdykkere å komme til brannen for å slukke den.

En av informantene mente at elkjøretøy kommer til å bli det desidert største på lastebilfronten, men at gassdrevne kjøretøy kommer til å være aktuelle i mange år fremover. Gasskjøretøy har stor brannbelastning hvis de tar fyr inne i en tunnel. En analyse av brannrelaterte problemstillinger med gassdrevne kjøretøy i innelukkede rom, konkluderte med at hvis gassen skulle akkumuleres i et innelukket rom, kan selv små utslipp føre til eksplosjon (Reitan mfl., 2016). Risikoen for brann og eksplosjon i gasskjøretøy skal være forebygget ved at kjøretøyene er utstyrt med sikkerhetsmekanismer. Ved flere ulykker har sikkerhetsmekanismer sviktet, og det er manglende kunnskap om hvordan aldring og slitasje påvirker sikkerhetsmekanismer og



lekkasje fra tank (Reitan mfl., 2016). Vi er ikke kjent med risikoen for brann i gassdrevne kjøretøy, men brannproblematikken er absolutt til stede fordi driftstemperaturen er høyere enn for et dieseldrevet kjøretøy. Konsekvensene er også potensielt betydelige, fordi gassen må «brenne ut». Vi kjenner til en kraftig brann med en gassdrevet lastebil i Merraskottunnelen i 2021. Lastebilen hadde akkurat kjørt gjennom Oslofjordtunnelen.

Hydrogendrevne lastebiler fungerer på den måten at brenselcellene er et lite kraftverk som omdanner hydrogen til elektrisk strøm. Strømmen brukes til å drive en elmotor, som sender kraft til drivhjulene. Et batteri tjener som mellomlagring for strømmen. Tungt.no skriver 28. april 2023, at ingen hydrogenlastebiler er blitt registrert i Norge siden 2021, ifølge tall fra OFV. De fire hydrogenlastebilene som finnes i Norge, ble registrert i 2019 og 2020.¹ Samtidig lanserte Tungt.no våren 2023 nyheten om at et tysk selskap bygger en «norgesversjon» av hydrogenlastebil, som kan bestilles fra april 2023. Denne har samme nyttelast som diesellastebiler – og en modell med inntil 1400 km rekkevidde som er spesielt tilpasset nordiske forhold. Hydrogen er veldig brannfarlig og eksplosivt og gir egne utfordringer for brannssikkerheten. Det har et lavt tennpunkt, lav tennenergi og vide eksplosjonsgrenser. Når hydrogen lekker, vil det umiddelbart antennes og danne en jetflamme. Vi er ikke kjent med risiko for lekkasje eller brann i hydrogenkjøretøy.

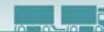
Spørsmål til fremtidig forskning

Har de utenlandskregistrerte lastebilene blitt likere de norskregistrerte? Tidligere rapporter indikerer eldre tungbiler med lavere standard og høyere brannrisiko blant de utenlandskregistrerte tungbilene. Informantene våre var litt delt når det kommer til kvaliteten på utenlandskregistrerte tungbiler, men en av informantene med god oversikt over tungbilsalg sa at utenlandske firmaer som kjører i Norge kjøper de samme lastebilene som de norske firmaene, med de samme spesifikasjonene. Vi kan kanskje derfor forvente likere standard enn det de ovennevnte tidligere rapportene skulle tilsi, i alle fall i betydelige segmenter av transportnæringen. Dette er noe som må undersøkes i fremtidig forskning.

Hvor mye har tungbilsjåførers kompetanse og erfaring å si? En faktor som kan være viktig for å forklare høyere risiko for brann i tunneler med høy stigningsgrad, er tungbilsjåførers kompetanse og erfaring. Dette har vi ikke fått undersøkt tilstrekkelig i denne rapporten, selv om intervjuene tilsier at det krever kompetanse og erfaring å kjøre tungbil på optimal måte, både ned og opp bratte og lange stigninger. Fremtidig forskning bør kartlegge erfaring, kompetanse og holdninger blant norske og utenlandske tungbilsjåførere, blant annet som grunnlag for opplæring og informasjonskampanjer. Slike kampanjer kunne også potensielt sett fokusere på betydningen av vedlikehold for å forebygge kjøretøybrann, og ikke minst også legge vekt på at sjåfører ikke skal kjøre inn i lange tunneler dersom man har feilmeldinger av ulike slag, for eksempel knyttet til overoppheting.

Hva påvirker vedlikeholdsrutiner i transportselskap? En av informantene sa at «Noe av det første bileierne firer på er vedlikehold», når rammebetingelsene og økonomien blir dårligere. En annen informant sa at vedkommende hadde merket seg at det «ofte er billig last som brenner». Det kan være mange årsaker til det, men en mulig bakenforliggende årsak kan være at transportbransjer med lavere inntjening og dårligere økonomi bruker mindre ressurser på vedlikehold. Kanskje har de også eldre kjøretøy med høyere risiko for teknisk feil som leder til brann, evt. også modifiserte kjøretøy med høyere brannrisiko. Disse sammenhengene mellom

¹https://www.tungt.no/article/view/1027013/quantron_bygger_norgesversjon_av_hydrogenlastebil_ka_n_bestilles_na



økonomi, vedlikehold og brann bør undersøkes i fremtidig forskning. Påvirker utfordrende rammebetingelser vedlikehold? Varierer kvaliteten på vedlikeholdet i ulike segmenter i transportsektoren, basert på økonomi? Og hvor mye har rammebetingelser å si for brannrisiko?

Hva skal til for å innføre system for automatisk motorslukking? Vi har, som nevnt over, særlig anbefalt systemer for automatisk motorslukking som et tiltak for å forebygge risikoen for brann i tungbiler. Vegen til å få gjennom slike EU-krav kan være lang. Det finnes imidlertid eksempler på situasjoner hvor Norge har gått foran EU, innført strengere krav enn EU regler, og vært en pådriver for strengere EU-krav. Det å kartlegge hva som skal til for å få til dette, er et viktig område for fremtidig forskning.

Hvordan er brannrisikoen for nye energibærere og hvordan håndtere den? Kjøretøy med el og gass som drivstoff har andre brann-, eksplosjons- og slukkingsegenskaper enn kjøretøy med fossilt brensel, noe som gir nye problemstillinger med hensyn til brannsikkerhet på veger og i tunneler. Her bør man kartlegge mulige konsekvenser for brannsikkerhet i tunneler, utvikle scenarioer for mulige hendelser og vurdere muligheter for både forebygging og håndtering av ulike hendelser. Det vil være spesielt viktig å vurdere hvorvidt økt utbredelse av nye energibærere bør føre til endringer i dagens krav til tunnelsikkerheten.

Hvorfor har vi en sterk nedgang i ulykkesrisiko, men ikke brannrisiko? Nævestad mfl. (2022) finner at risikoen for personskadeulykker, med tunge godsbiler involvert, har blitt redusert med 73 % fra 2007 til 2020. De viktigste årsakene til reduksjonen i risiko for trafikkulykker med tunge godsbiler ser ut til å være ny kjøretøyteknologi (elektronisk stabilitetskontroll, økt karosserisikkerhet), endring i kjøreatferd (nedgang i fart) og økning i kontroller fra Statens vegvesen og politiet. Nedgangen i risiko gjelder både for norske og utenlandsregistrerte tungbiler. I vår rapport ser vi på risiko for brann i tunge godsbiler i vegtunneler i den samme perioden (2008-2021), men vi ser ikke noen tilsvarende dramatisk reduksjon i risiko for brann som ulykker. Mekanismene som ligger til grunn for trafikkulykker og kjøretøybranner ser dermed ut til å være ulike. Det har vi også belyst i denne rapporten. Til tross for dette, er det den samme kjøretøyparken og de samme sjåførene som er involvert i hendelsene med risiko for ulykker og kjøretøybranner i perioden. Vi kan kanskje anta at tilsvarende risikoreduksjoner kan oppnås for kjøretøybrann som for trafikkulykker, dersom man sammenlikner årsaksmechanismene og tiltakene som er satt inn for å unngå trafikkulykker, med årsaksmechanismene og tiltakene som finnes for å forebygge kjøretøybrann. Kanskje viser dette at automatisk slukkesystem i motorrom er et åpenbart tiltak som burde vært satt inn, på linje med effektive tiltak for å forebygge trafikkulykker (for eksempel: ABS bremses, antiskrens). En rapport av Nævestad mfl. (2022) viser at tiltak for å få ned risikoen for trafikkulykker virker. Vi kan anta at det samme gjelder for kjøretøybranner i tunneler. Det å diskutere forskjeller og likheter mellom forebygging av trafikkulykker og kjøretøybranner med tunge kjøretøy i tunneler, og det å lære av forebygging av trafikkulykker over tid osv. synes å kunne gi et godt grunnlag for videreutviklingen av tiltak for økt brannsikkerhet i norske vegtunneler.

Selv om vi ikke har sett noen klar trend i retning lavere brannrisiko for tungbiler i norske vegtunneler, vil det være interessant å følge utviklingen over tid. Et oppdatert datagrunnlag som omfatter alle nye tunnelene, og gjerne også flere år, vil gjøre det mulig å undersøke ev. endringer i brannrisikoen over tid, f.eks. som følge av utviklinger blant utenlandske tunge kjøretøy og økende utbredelse av nye drivstofftyper. Et større datagrunnlag vil også gjøre det mulig å gjøre mer detaljerte analyser av hvordan ulike kombinasjoner av stigningslengde og stigningsgrad påvirker brannrisikoen.