



Statens vegvesen

Vegtunneler

NORMALER

Håndbok 021





Statens vegvesen

Vegtunneler

Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i vegvesenets håndbokserie, en samling fortløpende nummererte publikasjoner som først og fremst er beregnet for bruk innen etaten.

Det er Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene. Ansvaret for grafisk tilrettelegging har Grafisk senter i Statens vegvesen.

Vegvesenets håndbøker utgis på to nivåer:

Nivå 1 – Gul farge på omslaget – omfatter forskrifter, normaler og retningslinjer godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2 – Blå farge på omslaget – omfatter veiledninger, lærebøker og vegdata godkjent av den avdeling i Vegdirektoratet som har fått fullmakt til dette.

Vegtunneler

Håndbok nr 021 i vegvesenets håndbokserie

Opplag:

Trykk:

ISBN 978-82-7207-611-4

Forord

Statens vegvesens normaler er gitt med hjemmel i forskrifter etter vegloven §13 vedrørende anlegg av veg.

Håndbok 021 gjelder alle typer vegtunneler. Normalen gjelder for nye tunneler, den skal også legges til grunn ved sikkerhetsmessig oppgradering av utstyr i eksisterende tunneler. Alle avvik fra kravene gitt i normalen skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Normalen erstatter utgaven fra juni 2002. Denne utgaven representerer en oppdatering av teksten i håndbok 021 fra 2002 i henhold til EU-direktiv 2004/54/EF om minstekrav til sikkerhet i vegtunneler. Oppdateringen er utført i løpet av 2006.

Normalen omfatter alle forhold ved gjennomføringen av et vegtunnelprosjekt, fra tidlig planlegging til ferdig produkt, samt drift og vedlikehold. Tunneler utgjør en betydelig del av vegnettet i Norge. Det er lagt vekt på forholdet til omgivelsene, i samsvar med de krav som stilles til å ivareta natur- og bymiljø.

Bygging av tunneler medfører et langsiktig vedlikeholdsansvar. Det er derfor nødvendig at valg av løsninger og teknisk utstyr blir gjort på bakgrunn av levetidsbetraktninger der også drifts- og vedlikeholdskostnader er vurdert.

En del av emnene i håndboka som faller utenfor begrepet normalstoff er tatt med her av hensyn til tilgjengeligheten. Det er ellers henvist til andre normaler og retningslinjer i stedet for å gjenta teksten her.

Håndbok 021 vil være tilgjengelig på Statens vegvesens intranettsider og internettsider.

Vegdirektoratet, november 2006.

Ansvarlig avdeling: Utbyggingsavdelingen

Innhold

1 Det formelle grunnlaget for planlegging av tunneler	11
101 En kort oversikt over aktuelle lover og forskrifter	11
102 Saksbehandlingsprosessen etter plan- og bygningsloven	12
102.1 Oversiktsplanlegging	12
102.2 Reguleringsplan	14
102.3 Byggesaksbehandling	16
102.31 Generelt om søknads- og meldeplikten for vegtiltak	16
102.32 Nærmere om unntak fra byggesaksbehandling	17
102.33 Saksbehandling for søknad og melding	18
102.34 Saksbehandling ved søknad om dispensasjon	19
2 Geologiske forundersøkelser	21
201 Generelt	21
202 Tidlig oversiktsplan	21
203 Oversiktsplan (fylkesdelplan/kommunedelplan)	22
204 Reguleringsplan	22
205 Konkurransesgrunnlag	23
205.1 Supplerende grunnundersøkelser	23
205.2 Geologisk og geoteknisk rapport som del av konkurransegrunnlag	23
3 Hensynet til omgivelsene	25
301 Generelt	25
302 Krav og restriksjoner	25
303 Registreringer og måleprogrammer	25
304 Vibrasjoner og bygningsbesiktigelse	25
305 Krav til begrensnig av lekkasjer	26
305.1 Tetthetskrav	26
305.2 Metoder for å oppnå tetthetskravene. Organisering av arbeidene	26
306 Midlertidig utslipp av vann	27
306.1 Generelt	27
306.2 Søknadens innhold	27
306.3 Kontroll og tilsyn	28
307 Bruk av kjemikalier i tunnelarbeider	28
308 Permanent utslipp av vann	28
309 Utslipp av gasser og partikler	29
309.1 Konsekvensanalyse	29
309.2 anbefalte luftkvalitetskriterier	29
309.3 Utslipp gjennom ventilasjonstårn	29
310 Rensing av tunnelluft	30
311 Støy nær tunnelåpninger	30

4. Geometrisk utforming	31
401 Generelt	31
402 Valg av tunnelklasse	32
403 Tunnelprofiler	32
404 Sideareal	39
405 Sikring av farlige sidehinder	39
406 Utforming under vegbanenivå	39
407 Tunnelprofil for betongtunneler	40
408 Utvidelse for nisjer	40
408.1 Utforming og plassering av havari- og snunisjer	40
408.2 Nisjer for tekniske rom	42
408.3 Utvidelse i høgfjellstunneler i områder med kolonnekjøring	42
409 Fluktveier og nødutganger	42
409.1 Tverrforbindelser	43
409.2 Nødutganger og rømmingstunnel	43
410 Enfeltstunneler	43
411 Gang- og sykkeltrafikk	44
412 Linjeføring	44
412.1 Generelt	44
412.2 Dimensjonerende hastighet	45
412.3 Horisontalkurvatur/sikt	45
412.4 Vertikalkurvatur	46
412.5 Forbikjøringsmuligheter	46
412.6 Vertikalkurveradius	47
413 Kryss i forbindelse med tunneler	47
413.1 Kryss utenfor tunnelåpningen	48
413.2 Kryss i tunnel	48
413.21 Generelt	48
413.22 Rundkjøring	43
413.23 Av- og påkjøringsramper - toplankryss	49
413.24 T-kryss	49
414 Utstyr, trafikkskilt og vegoppmerking	49
414.1 Generelt	49
414.2 Utstyr og trafikkskilt utenfor tunnel	50
414.3 Trafikkskilt i tunnel	51
414.4 Vegoppmerking og visuell føring	52
5. Estetikk og kjøreopplevelse	53
501 Overordnede mål	53
502 Dagsonene	53
502.1 Generelt	53
502.2 Lokalisering	54
502.3 Utforming	56

502.31	Terreng og bygningsmessige konstruksjoner	56
502.32	Eksisterende og ny vegetasjon	57
502.33	Tunnelportal og andre konstruksjoner	59
502.4	Vegutstyr og skilt	60
503	Tunnelen	60
503.1	Generelle mål	60
503.2	Linjeføring	60
503.3	Utforming av tunnelrommet	60
6.	Trafikk- og brannsikkerhet	61
601	Generelt	61
601.1	Eksisterende tunneler	62
602	Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning	62
602.1	Sikkerhetstiltak og -utrustning i de ulike tunnelklasser	62
602.2	Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustning av tunnel	66
602.201	Avbruddsfri strømforsyning (reservestrøm)	66
602.202	Evakueringsbelysning	66
602.203	Nødutgangsskilt	66
602.204	Nødstasjon	66
602.205	Slokkevann	68
602.206	Rødt stoppblinksignal	68
602.207	Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel	69
602.208	Variable skilt og kjørefeltsignaler	69
602.209	ITV-overvåking	70
602.210	Høydehinder	70
602.3	Nødkommunikasjon og kringkastingsanlegg	71
602.31	Kommunikasjonsanlegg	71
602.32	Kringkastingsanlegg med «avbrytfunksjon»	72
602.33	Mobiltelefon	72
603	Trafikkstyring og hendelsesdetektering	72
603.1	Behovsanalyse	72
603.2	Hovedtyper av trafikkstyringssystemer	73
603.21	Forhåndsprogrammerte tiltak	73
603.3	Hendelsesdetektering - tekniske løsninger	74
603.31	Indirekte detektering	74
603.32	Direkte detektering	74
604	Arbeidsvarsling	75
605	Brannsikring	75
605.1	Generelt	75
605.2	Brannmotstand. Krav til konstruksjoner og utstyr	76
606	Transport av farlig gods	76
607	Beredskapsplan	77

7. Arbeider foran stuff, stabilitetssikring og vann- og frostsikring	79
701 Etablering av forskjæring og påhugg	79
702 Arbeider foran stuff	79
702.1 Sonderboring	79
702.2 Forinjeksjon	80
703 Stabilitetssikring	81
703.1 Generelt	81
703.2 Metoder	81
704 Krav til utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler	81
705 Frostinntrengning i tunneler	82
705.1 Generelt	82
705.2 Frostinntrengning	82
706 Vann- og frostsikring ved avskjerming	83
706.1 Generelt	83
706.2 Valg av konstruksjon	83
707 Frostsikring ved hjelp av frostporter	83
708 Portaler	84
8. Drenering	85
801 Generelt	85
802 Drenssystem	85
803 Grøfter	85
804 System for oppsamling av vaskevann	85
805 Kummer for slokkevann	87
806 Pumpestasjoner, pumpeledninger	87
9. Vegfundament og vegdekke	89
901 Generelt	89
902 Traubunn	89
903 Overbygning uten krav til frostsikring	89
903.1 Forsterkningslag	89
903.2 Bærelag, bindlag og slitelag	90
904 Frostsikret overbygning	90
904.1 Frostsikringslag	90
904.2 Isolasjonsmaterialer og sementstabilisert grus (Cg)	90
904.3 Bindlag og slitelag	91
10. Tekniske anlegg	93
1001 Krav til teknisk utstyr	93
1001.1 Generelle krav til elektrotekniske anlegg	93
1001.2 Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning	93
1001.3 Kapslingsgrad	93
1001.4 Kabler	93
1001.5 Tekniske rom	94

1002 Strømforsyning	94
1003 Belysning	94
1003.1 Generelt	94
1003.2 Lysforhold utenfor tunnel - adaptasjonsluminansen	94
1003.3 Belysning i tunnel	95
1003.31 Krav til belysningsnivå (luminansnivå) i tunnel. Soneinndeling	95
1003.32 Belysning i nisjer	97
1003.4 Armaturavstand	97
1003.5 Armaturer	97
1003.6 Sikkerhetsbelysning	97
1004 Ventilasjon	97
1004.1 Krav til luftkvalitet i tunneler	97
1004.11 Generelt	97
1004.12 Tillatt konsentrasjon for karbonmonoksid, nitrogendioksid og siktforurensning	97
1004.2 Mekanisk ventilasjon ved langslufting	98
1004.21 Generelt	98
1004.22 Impulsventilatorer	99
1004.23 Ventilatorer plassert i ventilasjonstårn eller tverrslag	99
1005 Brannventilasjon	99
11. Drift og vedlikehold	101
1101 Generelt	101
1102 Vedlikeholdsmetoder	101
1102.1 Generelt	101
1102.2 Kalendertidsbasert vedlikehold	101
1102.3 Driftstidsbasert vedlikehold	102
1102.4 Tilstandsbasert vedlikehold basert på inspeksjon	102
1102.5 Tilstandsbasert vedlikehold basert på måling av tilstand	102
1102.6 Erfaringsdata fra systematisk vedlikehold	102
1103 Vedlikehold av konstruksjoner	103
1103.1 Generelt	103
1103.2 Funksjonskontroll	103
1103.3 Tilstandsvurdering	103
1104 Vedlikehold av vegdekke og drencsystem	104
1104.1 Generelt	104
1104.2 Funksjonskontroll	104
1104.3 Spesielle krav	104
1105 Vedlikehold av tekniske installasjoner	104
1105.1 Generelt	104
1105.2 Vedlikeholdsmanual	104
1105.3 Funksjonskontroll	105
1105.4 Tilstandsvurdering / inspeksjon	105
1106 Renhold	105
1107 Vintervedlikehold	106

12. Dokumentasjon ved overlevering	107
Vedlegg	109
A Vurdering og beregning av luftforurensning fra vegtunneler	109
B Beregning av støyutstråling fra vegtunneler	113
C Ventilasjon	115
1 Beregning av nødvendig friskluftbehov	115
2 Beregning av nødvendig skyvkraft ved langslufting	118
D Beregningsmodell for brannventilasjon	121
E Årsmiddeltemperatur og frostmengder	144

1 Det formelle grunnlaget for planlegging av tunneler

101 En kort oversikt over aktuelle lover og forskrifter

Formell avklaring for offentlige veganlegg, herunder også tunneler, skjer i første rekke etter plan- og bygningsloven (PBL). Viktige deler av det formelle grunnlaget er også regulert gjennom forskrifter etter PBL. Dette gjelder særlig:

- forskrift om konsekvensutredninger (KON), og
- forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker (SAK).

I tillegg til behandlingen etter PBL, vil det for tunnelanlegg også være nødvendig med avklaring etter bestemmelser i andre lover. Viktige særlover som kommer inn ved planlegging av tunneler omtales nedenfor.

Forurensningsloven

I forhold til nye anlegg vil forurensningsloven gjelde for forurensning fra anleggsvirksomheten og forurensning forårsaket av selve vegkonstruksjonen.

For forurensning som kan oppstå i anleggsfasen vil det som hovedregel være nødvendig med tillatelse fra forurensningsmyndigheten (som regel Fylkesmannen) etter forurensningsloven § 11. Tillatelse etter denne bestemmelsen er blant annet nødvendig for virksomhet som overskrider "...vanlig forurensning fra midlertidig anleggsvirksomhet".

Det kan også bli krevd tillatelse for permanent utslipp til luft, vann eller til grunnen forårsaket av selve vegkonstruksjonen. Videre er det gjennom forskrift etter forurensningsloven § 9, fastsatt av Miljøverndepartementet (MD) 3. april 1989 bestemt at bakkeplanering er søknadspliktig etter forurensningsloven.

Spørsmålet om behov for tillatelse etter foru-

rensningsloven bør avklares med forurensningsmyndighetene i en tidlig fase av planleggingen, for eksempel i forbindelse med behandling av oversiktsplan av veganlegget.

For øvrig henvises det til kapittel 3 "Hensynet til omgivelsene".

Lov om vassdrag og grunnvann

For veganlegg som faller inn under definisjonen av vassdragstiltak i vannressursloven § 3 kan det være nødvendig med konsesjon etter vannressursloven § 8. Etter § 8 første ledd kreves det konsesjon fra vassdragsmyndigheten for å "iverksette vassdragstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen almene interesser i vassdraget eller sjøen". I utgangspunktet er det tiltakshaver som må vurdere om det foreligger konsesjonsplikt. Dessuten kan vassdragsmyndigheten (NVE) ved forskrift eller enkeltvedtak fastsette om et vassdragstiltak er konsesjonspliktig. Også rådighet over eller påvirkning av grunnvann er konsesjonspliktig, dersom vassdragsmyndigheten har bestemt det i forskrift eller i det enkelte tilfelle. Siden det ikke er fastsatt noen forskrift med nærmere bestemmelser om hvilke tiltak som er konsesjonspliktige må en i stor grad basere seg på at vassdragsmyndigheten avgjør spørsmålet om konsesjonsplikt for veganlegg i det enkelte tilfelle. Avklaring av om konsesjonsbehandling er nødvendig eller ikke bør skje på et tidlig tidspunkt i planarbeidet, helst i forbindelse med oversiktsplanprosessen for veganlegget.

Kulturminneloven

Veganlegg som kommer i konflikt med kulturminner som er vedtatt fredet etter kulturminneloven §§ 15, 19 eller 20, vil ikke kunne gjennomføres uten at Riksantikvaren først fatter et vedtak om dispensasjon eller unntak fra fredningsbestemmelsene i kulturminneloven. Forholdet til automatisk fredete kulturminner

(blant annet ivaretagelse av undersøkelsesplikten etter kulturminneloven § 9) forutsettes avklart i forbindelse med planleggingsprosessen etter plan- og bygningsloven.

Naturvernloven

Veganlegg som er i konflikt med vernede områder etter naturvernloven (landskapsvernområde, nasjonalpark, naturreservat eller naturminne) vil ikke kunne gjennomføres uten at det blir fattet vedtak om unntak fra vernebestemmelsene etter naturvernloven § 23. I utgangspunktet er det Regjeringen som har myndighet til å gjøre unntak, men myndigheten til å gjøre unntak er i visse tilfeller delegert til Fylkesmannen.

Brann- og eksplosjonsvernloven

Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver gjelder for tunneler i drift, og gir blant annet brannvernmyndigheten i kommunen hjemmel til å gi pålegg om brannsikringstiltak (jf. brannvernloven § 37). I Tunnelbrannveilederen utarbeidet av Vegdirektoratet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap legges det opp til at brannsikkerheten i nye tunneler avklares i forbindelse med reguleringsplanlegging etter plan- og bygningsloven.

Lover og forskrifter som omhandler elektriske anlegg og elektrisk utstyr

Alle elektriske anlegg skal installeres og drives etter norm fra Norsk elektroteknisk komite (NEK 400).

EU-direktiv om minimum sikkerhet i europeiske tunneler på TERN-vegnettet

EU-direktivet gjelder for alle tunneler lengre enn 500 meter på TERN-vegnettet. Direktivet er gjeldende fra 27. juli 2006 med overgangsbestemmelser. Direktivet er inntatt i norsk lovverk (Veglovens § 13), det er her fastlagt at direktivet

også skal gjøres gjeldende for tunneler lengre enn 500 meter på riksvegnettet.

Andre særlover som kan få betydning ved planlegging av tunnelanlegg er blant annet:

Havne- og farvannsloven
Kommunehelsetjenesteloven
Viltloven
Lakse- og innlandsfiskeloven
Reindriftsloven
Jordloven
Skogbruksloven

For nærmere omtale av disse lovene vises det også til Vegdirektoratets (VD) informasjonshefte om "Forholdet til ulike spesiallover ved vegplanlegging etter plan- og bygningsloven" (PAN 7002, 1995) og håndbok 054 "Oversiktsplanlegging" (kapittel 3.5).

Generelt bør det på et tidlig stadium i planleggingen av et tiltak etter plan- og bygningsloven tas kontakt med aktuelle særlovmyndigheter med sikte på å få deres vurdering av hvorvidt og i hvilken grad det vil være nødvendig med særlovsbehandling av tiltaket i tillegg til avklaring etter plan- og bygningsloven.

102 Saksbehandlingsprosessen etter plan- og bygningsloven

102.1 Oversiktsplanlegging

I retningslinjene for planlegging av riks- og fylkesveger etter PBL (for tiden T-1057, kapittel 4.2) er det fastsatt at avklaring av vegtraséer fortrinnsvis bør skje gjennom formell oversiktsplan i form av en kommunedelplan eller fylkesdelplan. PBL kapittel V og VI, særlig §§ 19-4 og 20-5, inneholder detaljerte regler for behandlingen av henholdsvis fylkes(del)planer og kommune(del)planer.

I en innledende fase i en oversiktsplanprosess kan det i tillegg være aktuelt med egne utredninger (se håndbok 054 "Oversiktsplanlegging. Veg- og transportplanlegging etter plan- og bygningsloven", kapittel 6.1). Slike utredninger kan enten utføres som en selvstendig oppgave eller inngå som en formell prosess etter plan- og bygningsloven.

Arealdelen av kommunedelplanen vil være rettslig bindende for arealbruken straks den er vedtatt, jf. PBL § 20-6 nr. 2. Dette innebærer at det ikke vil være anledning til å gjennomføre tiltak som er i strid med arealbruken som er vedtatt i planen, med mindre tiltaket får en formell avklaring gjennom dispensasjon fra eksisterende plan, endring av planen eller utarbeidelse av ny kommunedelplan eller at avklaringen foretas i forbindelse med senere utarbeidelse av reguleringsplan. En fylkesdelplan er ikke rettslig bindende for arealbruken, men vil være retningsgivende for kommunal og statlig planlegging og virksomhet.

Planinnhold og utredninger

Krav til planinnhold og utredninger når oversiktsplanen skal gi grunnlag for å fatte beslutning om valg av vegtrasé og vegstandard, framgår av retningslinjene for planlegging av riks- og fylkesveger etter PBL (T-1057, kapittel 4.3).

På oversiktsplannivået vil det generelt være nødvendig med forholdsvis omfattende utredninger. I retningslinjene er det for eksempel krav om at kostnadene for alle alternative planløsninger i kommunedelplanen skal beregnes med en nøyaktighetsgrad på $\pm 25\%$. Dette gjør det nødvendig med forundersøkelser og utredninger som er tilpasset dette kravet, se kapittel 2 "Geologiske forundersøkelser".

Tidlig i oversiktsplanleggingen bør det i samarbeid med planmyndighetene utarbeides et

planprogram som blant annet omfatter hovedproblemstillinger i det forestående planarbeidet, kfr. håndbok 054 (kapittel 6.3). Dersom det skal utarbeides konsekvensutredning som en del av planarbeidet, vil utredningsprogrammet være en del av planprogrammet.

Noen forhold som det vil være særlig behov for å vurdere/avklare på dette nivået ved planlegging av tunnelanlegg er:

- Forhold som vil kreve tillatelse etter forurensningsloven § 11.
- Mulige konsekvenser for vassdrag (her under grunnvann). Avklaring med vassdragsmyndigheten om det vil være nødvendig med konsesjonsbehandling etter vannressursloven.
- Konflikt med automatisk fredete kulturminner og/eller kulturminner vedtatt fredet etter kulturminneloven §§ 15,19 og 20. For vegtiltak som kan være i konflikt med vedtaksfredete kulturminner, og som vil kreve vedtak om dispensasjon eller unntak fra fredningsbestemmelsene av Riksantikvaren, må spørsmålet om dispensasjon/unntak tas opp på oversiktsplannivå.
- Tiltakets innvirkning på områder eller forekomster som er vernet etter naturvernloven. Det bør tas kontakt med Fylkesmannen for å få avklart om anlegget er i strid med vernebestemmelsene. Spørsmålet om det kan gjøres unntak fra vernebestemmelsene bør avklares før det fattes planvedtak etter PBL.
- I Tunnelbrannveilederen framgår det at det i forbindelse med avklaring av vegtrasé vil være naturlig at Statens vegvesen i samråd med lokal brannmyndighet foretar en grov vurdering av brannsikkerheten i den framtidige tunnelen. Generelt vil det være lite aktuelt å fatte endelig beslutning om sikkerhetstiltak for tunneler på oversiktsplannivå. Spørsmål som kan ha stor betydning for prosjektets totale kostnader bør imidlertid avklares på dette nivået.

Planutforming

Når det gjelder fylkes(del)planer er det ikke gitt nærmere bestemmelser i PBL for hvordan planen skal utformes. Retningslinjer for framstilling av kommune(del)planer er gitt i Miljøverndepartementets og Samferdselsdepartementets "Retningslinjer for planlegging av riks- og fylkesveger etter PBL" (T-1057) og i Miljøverndepartementets veileder "Kommuneplanens arealdel" (T-1382). I håndbok 054 kapittel 7.3.2 er det gitt konkrete eksempler på planframstilling av veglinjevalg i overensstemmelse med retningslinjene i T-1057 og T-1382.

Dersom tunnelen vil innebære restriksjoner i forhold til eksisterende arealbruk på overflaten, bør dette gå frem av planen. Dette vil være viktig både av hensyn til de som blir berørt av prosjektet og for å sikre Statens vegvesen bedre kontroll med at det ikke blir satt igang tiltak som kan vanskeliggjøre gjennomføringen av planen og at det ikke åpnes for tiltak som kan virke uheldig inn på det ferdige veganlegget. Ved siden av at tunneltraséen på plankartet er vist som "...viktige ledd i kommunikasjons-systemet", eventuelt som "...båndlagte områder.", bør det være en beskrivelse av hvilke restriksjoner tunnelen ventes å medføre for virksomhet på overflaten. Dersom planlagt arealbruk på overflaten er "byggeområder" (f.eks. boligområde) eller "landbruks-, natur- og friluftsområder" der spredt utbygging er tillatt, kan restriksjoner i en viss utstrekning tas med i bestemmelsene til planen. Når det gjelder andre arealbrukskategorier, der adgangen til å fastsette bestemmelser er meget begrenset, bør restriksjonene for området over tunnelen omtales i planbeskrivelsen.

Konsekvensutredninger etter PBL kapittel VII-a

PBL kapittel VII-a med tilhørende forskrift om konsekvensutredninger innebærer mer

omfattende krav til saksbehandling for enkelte vegtiltak. Det er forutsatt at behandlingen etter reglene om konsekvensutredninger skal utføres samordnet med behandlingen av den første formelle planen etter PBL hvor det blir tatt beslutning om valg av trasé eller korridor.

Hvilke tiltak som er konsekvensutredningspliktige framgår av forskriften om konsekvensutredninger §§ 2 og 3. For konsekvensutredningspliktige tiltak skal tiltakshaveren utarbeide en melding med forslag til utrednings-program. På grunnlag av dette forslaget skal Vegdirektoratet (for stamveger og nye vegforbindelser) eller plan-myndigheten (for øvrige veger) fastsette et utredningsprogram som er styrende for hvilke utredninger som skal gjennomføres og for innholdet i KU-rapporten som tiltakshaveren skal utarbeide.

I rundskriv fra Miljøverndepartementet om konsekvensutredninger etter PBL (T-2/2000) er det gitt utdypende kommentarer til saksbehandlingsreglene i PBL kapittel VII-a og forskriften om konsekvensutredninger. Miljøverndepartementet har også utarbeidet en egen veileder for forståelsen av kriteriene i forskriften § 4 (T-1380).

102.2 Reguleringsplan

Med unntak for enkelte mindre inngrep er det krav om utarbeidelse av reguleringsplan for alle riks- og fylkes-veganlegg, jf. retningslinjene for planlegging av riks- og fylkesveger etter PBL (for tiden T-1057, kapittel 5.2). For nye tunneler skal det derfor alltid utarbeides reguleringsplan. Reguleringsplanen er, i likhet med arealdelen av kommuneplanen, rettslig bindende, jf. PBL § 31.

En vedtatt reguleringsplan gir grunnlag for vedtak om ekspropriasjon etter vegloven § 50.

Tunneltraséen og viktige forhold omkring teknisk utstyr knyttet til sikkerheten skal være avklart i reguleringsplanarbeidet. Dette krever blant annet samarbeid med lokale brannvesen.

Innhold og utforming

Kravene til innhold i reguleringsplanen er beskrevet i retningslinjene for planlegging av riks- og fylkesveger etter PBL (T-1057, kapitlene 3.2, 5.1 og 5.4).

Kravene i retningslinjene innebærer blant annet at det i reguleringsplanarbeidet skal gjennomføres supplerende forundersøkelser, se kapittel 2 "Geologiske forundersøkelser". Kostnadene skal beregnes med en nøyaktighetsgrad på $\pm 10\%$. Dersom annen nøyaktighet benyttes skal dette begrunnes.

Den rettslig bindende reguleringsplanen består av et plankart med ett eller flere reguleringsformål etter § 25 og reguleringsbestemmelser i medhold av § 26. At reguleringsplanen er rettslig bindende innebærer at det ikke vil være anledning til å gjennomføre tiltak som er i strid med arealbruken som er vedtatt i planen, med mindre tiltaket får en formell avklaring gjennom dispensasjon fra eksisterende plan, endring av planen eller utarbeidelse av ny kommune(del)plan eller reguleringsplan.

I Miljøverndepartementets veileder "Reguleringsplan. Bebyggelsesplan" (T-1381) er det gitt en detaljert norm for tegning av regulerings- og bebyggelsesplankart. I veilederen er det også tatt inn en lang rekke planeksempler som gir anvisning på hvordan plankartet og tilhørende planbestemmelser kan utformes.

Det foreligger ingen spesielle krav i lov eller forskrift om utforming av reguleringsplaner for tunneler. I hvert enkelt prosjekt skal det tas stilling til hvilke forhold reguleringsplanen skal avklare.

Ut fra følgende forhold bør reguleringsplanen i tillegg fastsette en detaljert utforming av tunnelen med dagsoner:

- Det er forutsatt at det foretas en detaljert avklaring av alle sikringstiltakene som et ledd i reguleringsplanbehandlingen, jf. Tunnelbrannveilederen.
- Unntak fra byggesaksbehandling for tunneler er betinget av at tunnelens plassering, utformingen av tunnelportalene og eventuelle restriksjoner på bruken av områdene over tunnelen er bestemt i reguleringsplan eller bebyggelsesplan, jf. "Offentlige veianlegg og byggesak" (Melding HO-2/2000). Særlig tunnelens plassering og restriksjoner på bruken av områdene over tunnelen er mer hensiktsmessig å avklare gjennom reguleringsplanbehandling enn gjennom byggesaksbehandling.

Andre forhold som vil være av betydning for hvor detaljert en bør gå til verks ved reguleringen av tunnelområdet er blant annet:

- eksisterende, planlagt og forventet virksomhet på overflaten eller i grunnen
- type tunnel, overdekning, grunnforhold
- sikring av utførte tetttiltak.

Planen skal gi nødvendig sikkerhet mot virksomhet som kan skade tunnelkonstruksjonen. Det bør derfor vurderes om det skal fastsettes en sikkerhetssone rundt tunnelen. Dette innebærer at restriksjoner på overflaten og i grunnen må tas inn på plankartet og/eller i reguleringsbestemmelsene. Eksempler på slike restriksjoner er forbud mot nærmere angitte byggearbeider, sprengninger og borer i berggrunnen. Alternativt kan planen inneholde en mer generell bestemmelse om at det ikke gjennomføres tiltak som kan skade tunnelen, og at bestemte tiltak skal godkjennes av Statens vegvesen.

Forutsetningene om at reguleringsplanen skal gi grunnlag for erverv av nødvendig grunn og rettigheter til tiltaket og gi de berørte en best mulig forståelse av hvilke virkninger gjennomføring av planen vil ha, nødvendiggjør at slike restriksjoner framgår klart av planen.

Noen holdepunkter ved tunnelregulering:

- For selve tunnelkonstruksjonen med tilhørende sikkerhetssone (forutsatt at den reguleres) og dagsoner vil det være mest naturlig å benytte reguleringsformålet "Offentlige trafikkområder" etter PBL § 25 nr. 3.
- Selv om tunnelen ikke medfører fysiske inngrep på overflaten vil det være aktuelt å kombinere formålet "offentlige trafikkområder" med det reguleringsformålet som er aktuelt for bruken av arealet over tunnelen. Særlig i tilfeller hvor det er nødvendig å få fastsatt restriksjoner på bruken av arealet over tunnelen, vil det være aktuelt å synliggjøre arealet med restriksjoner ved å kombinere reguleringsformål eller bruke et annet reguleringsformål enn det som benyttes for områdene rundt tunneltraséen.
- For portalkonstruksjoner og betongtunneler vil anleggsfasen innebære midlertidige inngrep på overflaten som ofte vil ha større konsekvenser for berørte grunneiere og rettighetshavere enn de varige restriksjonene. Slike inngrep skal gå klart frem av reguleringsplanen. Dette kan f.eks. skje ved at reguleringsformålet "offentlige trafikkområder" kombineres med reguleringsformålet for den framtidige arealbruken på overflaten, og at forholdet mellom de to reguleringsformålene fastsettes nærmere i reguleringsbestemmelsene. Bestemmelsene kan blant annet inneholde en beskrivelse av inngrepet

i anleggsperioden, og regler om opparbeidelse av - og restriksjoner på - arealet over tunnelen etter at anlegget er avsluttet.

- Planen bør inneholde midlertidige anleggstiltak som anleggsveger, midlertidige vegomlegginger, riggområder, massedeponi (midlertidige og permanente) slik at reguleringsplanen gir grunnlag for eventuell ekspropriasjon til slike tiltak.
- Flest mulig spørsmål knyttet til ytre miljø bør søkes avklart i reguleringsplan på detaljert nivå. Dersom det ikke er avklart på tidligere plannivå om tunnelanlegget skal ha tillatelse etter bestemmelser i særlov (for eksempel utslippstillatelse etter forurensningsloven § 11, konsesjon etter vannressursloven mv.), skal denne avklaringen finne sted på reguleringsplannivå. Ved utarbeiding av reguleringsplan er det krav om å undersøke om tiltaket vil ha innvirkning på automatisk fredete kulturminner, jf. kulturminneloven § 9.
- En detaljert avklaring av brannsikrings tiltakene skal gjennomføres som et ledd i reguleringsplanbehandlingen.
- Planen skal entydig fastlegge om det skal erverves eiendomsrett til volumet over tunneler med liten overdekning og for betongtunneler.

102.3 Byggesaksbehandling

102.31 Generelt om søknads- og meldeplikten for vegtiltak

Etter § 93, første ledd bokstav j) i plan- og bygningsloven er det i utgangspunktet søknadsplikt for alle vegtiltak. Det er imidlertid gjort omfattende unntak for offentlige vegtiltak, jf. "Forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker" (SAK) §§ 5 og 6. Unntaket fra søknadsplikten gjelder for alle vegtiltak som er detaljert avklart gjennom reguleringsplan eller bebyggelsesplan etter PBL. Videre er

offentlige veganlegg der Statens vegvesen er tiltakshaver alltid unntatt fra bestemmelsene om ansvar og kontroll.

Bakgrunnen for de unntaksbestemmelsene som er innført for offentlige veganlegg hvor Statens vegvesen er tiltakshaver, er følgende:

- det er ikke nødvendig med ny behandling i byggesak av forhold som er avklart gjennom reguleringsplan eller bebyggelsesplan
- berørte myndigheter, grunneiere, rettighetshavere og naboer skal enten gjennom behandling av reguleringsplan/bebyggelsesplan eller gjennom byggesaksbehandling, sikres rett til medvirkning når det gjelder den fysiske utformingen av tiltaket
- regelverket gitt i medhold av vegloven, og Statens vegvesens kompetanse og ressurser, innebærer at etaten har best forutsetning for å sikre veganlegg av god teknisk kvalitet.

Arbeid i tilknytning til midlertidige eller transportable bygninger, konstruksjoner eller anlegg er i utgangspunktet meldepliktige, jf. PBL § 85 annet ledd og SAK § 2. Regelen om meldeplikt gjelder imidlertid ikke for bygninger, konstruksjoner eller anlegg på bygge- eller anleggstomt eller i umiddelbar nærhet av slik tomt. Slike tiltak skal likevel ikke plasseres slik at de hindrer almen ferdsel eller friluftsliv eller på annen måte fører til vesentlige ulemper for omgivelsene.

Selv om offentlige vegtiltak i stor grad vil være unntatt fra byggesaksbestemmelsene, er det noen byggesaksregler som alltid gjelder, se "Offentlige veianlegg og byggesak" (Melding HO-2/2000):

- § 74 nr. 2 om estetikk
- § 77 om utføring av byggearbeid og krav til produkter for byggverk
- § 92 a om endring eller fjerning av tiltak
- kapittel XVIII om straffeansvar
- kapittel XIX om ulovlig byggearbeid.

For saksbehandlingen ved søknad og melding, vises til avsnitt 102.33.

102.32 Nærmere om unntak fra byggesaksbehandling

Dersom vegtiltaket ikke er detaljert avklart i reguleringsplan eller bebyggelsesplan, skal det søkes om byggetillatelse for gjenstående detaljer knyttet til utformingen. Reglene om ansvar og kontroll kommer som nevnt likevel ikke til anvendelse.

Dersom det er ønske om å detaljere reguleringsplanen slik at vegtiltaket blir unntatt fra byggesaksbehandling, er det viktig å være oppmerksom på at dette medfører mindre handlingsrom i den videre prosjekteringen, og at det kan føre til behov for ny planbehandling for forhold hvor byggesaksbehandling ellers ville ha vært tilstrekkelig.

Gjennom søknad eller melding vil berørte naboer og gjenboere ofte bli orientert om tidspunktet for gjennomføring av tiltaket og om praktiske forhold i anleggsperioden. For tiltak som er unntatt fra byggesaksbehandling, forutsettes det at tiltakshaver gir tilsvarende informasjon om gjennomføring.

I temaveiledningen "Offentlige veianlegg og byggesak" (Melding HO-2/2000) er det for en lang rekke enkelt-elementer som kan inngå i veganlegg gitt en detaljert beskrivelse av kravet til byggesaksbehandling. Utdrag for det som er særlig aktuelt for tunneler er tatt med i den etterfølgende opplistingen. Tekst som står i tilknytning til (A) er å anse som absolutte krav til avklaring i reguleringsplan for at det ikke skal være krav om søknad eller melding. Tekst som står i tilknytning til (B) er ikke absolutte krav, men dokumentasjon som likevel bør legges fram.

« Tunneler

(A) Unntak fra byggesaksbehandling er betinget av at tunnelens plassering, utformingen av tunnelportalene og eventuelle restriksjoner på bruken av områdene over tunnelen, er bestemt i reguleringsplan eller bebyggelsesplan. Eventuelle restriksjoner på bruken av områdene over tunnelen, må framgå av planbestemmelsene. I tillegg må det være en henvisning til nødvendige tekniske tegninger som viser utformingen av tunnelportalene, og eventuelt andre bygningsmessige tiltak.

(B) Det bør legges fram tilleggsinformasjon i form av illustrasjoner som gir de berørte forståelse av hvordan tunnelportalene vil bli.

Det vises forøvrig til Tunnelbrannveilederen fra Vegdirektoratet og Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.

Betongtunneler

(A) For betongtunneler vil reglene for tunneler gjelde tilsvarende. I tillegg vil unntak fra byggesaksbehandling være betinget av at masseoverdekning og bruk av arealet over tunnelen er bestemt i reguleringsplan eller bebyggelsesplan.»

«Ventilasjonsanlegg og elektriske installasjoner

Ordinære ventilasjonsanlegg og elektriske installasjoner som er en del av veianlegget, dvs. at de kan anses som veitekniske installasjoner, krever verken søknad eller melding.

Dette gjelder imidlertid ikke for større anlegg, f.eks. ventilasjonstårn, som er synlige for naboene.

(A) Dersom plassering, utforming, materialvalg for slike større anlegg er bestemt i reguleringsplan eller bebyggelsesplan, vil det likevel ikke foreligge plikt til å utarbeide søknad.

Ventilasjonsanlegg og elektriske installasjoner

som inngår i bygninger, omfattes ikke av unntakene fra byggesaksbehandling etter SAK §§ 5 og 6.»

For tilsvarende omtale av øvrige elementer som kan være aktuelle i tilknytning til et veganlegg vises det til melding HO-2/2000, kapittel 4.

102.33 Saksbehandling for søknad og melding

Saksbehandlingsreglene for søknad eller melding framgår av kapittel III og IV i forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker (SAK).

Etter SAK § 5 annet ledd siste punktum, kommer reglene om ansvar og kontroll uansett ikke til anvendelse for offentlige veganlegg hvor Statens vegvesen er tiltakshaver. Dette betyr også at kravene i forskriften §§ 14 og 15 til dokumentasjon i søknaden ikke kommer til anvendelse for det som gjelder ansvar og kontroll. Kravene som likevel gjelder framgår av SAK § 14 nr. 4, 6 og 7.

Trinnvis saksbehandling, jf. SAK §§ 13 og 15, vil bare unntaksvis være hensiktsmessig for offentlige vegtiltak, i og med at trinn 2 i saksbehandlingen i all hovedsak går ut på å avklare forhold vedrørende ansvar og kontroll. Det bør derfor legges opp til at søknader om offentlige vegtiltak behandles i ett trinn.

Som en følge av at vegtiltak i utgangspunktet skal behandles etter reglene om søknad, er saksbehandlingsreglene for melding i SAK kapittel IV i liten grad aktuell for vegtiltak. Unntaket fra dette er enkelte anleggstiltak som vil kunne behandles etter reglene om melding, jf. forskriften § 2 nr. 2. For disse tiltakene vil saksbehandlingsreglene i forskriften § 23 gjelde. Dette innebærer blant annet at det ikke kreves nabovarsel, jf. forskriften § 23 fjerde ledd.

Ett-trinns søknadsbehandling	Melding (Gjelder midlertidige anleggstiltak som er meldepliktige etter PBL § 85)
Forhåndskonferanse (Behovet for forhåndskonferanse avklares i den enkelte sak) Blankett NBR nr. 5170 og nr. 5169	Forhåndskonferanse Blankett NBR nr. 5170 og nr. 5169
Referat fra forhåndskonferanse Blankett NBR nr. 5171	Referat fra forhåndskonferanse Blankett NBR nr. 5171
Nabovarsel Blankett NBR nr. 5154 Gjenpart av nabovarsel Blankett NBR nr. 5155	Nabovarsel Blankett NBR nr. 5154 Gjenpart av nabovarsel Blankett NBR nr. 5155
Søknad om igangsettingstillatelse (Ev. søknad om enkle tiltak) Blankett NBR nr. 5151	Melding om tiltak Blankett NBR nr. 5153
Tillatelse til tiltak Blankett NBR nr. 5151	

Oversikt over søknadsprosessen for søknadsbehandling og melding

Det presiseres at det på grunn av unntaket fra bestemmelsene om ansvar og kontroll for offentlige veganlegg der Statens vegvesen er tiltakshaver, ikke vil være behov for å fylle ut de delene av skjemaene i oversikten som omhandler disse temaene ved byggesaksbehandlingen.

102.34 Saksbehandling ved søknad om dispensasjon

For søknad om eventuelle dispensasjoner fra EU-direktivet (2004/54/EF) henvises til håndbok 269 "Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler".

2 Geologiske forundersøkelser

201 Generelt

I forhold til veg i dagen stilles det spesielle krav til de geologiske undersøkelsene for tunnel. Forundersøkelsene for tunnelprosjekter skal avklare alternativer og total kostnader, samt sikkerhetsmessige, samfunnsmessige og miljømessige forhold knyttet til prosjektene iht. håndbok 054 "Oversiktsplanlegging", håndbok 140 "Konsekvensanalyser" og håndbok 151 "Styring av utbyggingsprosjekter".

Det kreves blant annet geologiske undersøkelser som omfatter detaljert geologisk og ingeniørgeologisk kartlegging. Denne kartleggingen suppleres ofte av geotekniske, hydrogeologiske, og geofysiske undersøkelser. For geotekniske undersøkelser vises det til håndbok 016 "Geoteknikk i vegbygging".

En kvalitetsmessig og rasjonell gjennomføring krever at undersøkelsene utføres systematisk og trinnvis, og at resultatene vurderes grundig før neste planfase. Omfanget av forundersøkelsene skal tilpasses det aktuelle plannivået.

Gjennomføring og rapportering av undersøkelsene skal utføres slik at overføring av data fra en planfase til neste er sikret.

Omfang og type av forundersøkelser skal ses i sammenheng med aktuelle tiltak og prosedyrer under driving (se for øvrig avsnitt 702 "Arbeider foran stoff").

202 Tidlig oversiktsplan

Forundersøkelsene på dette plannivået skal gi grunnlag for å vurdere det geologiske grunnlaget for gjennomførbarheten av prosjektet. Særlig viktig er det å oppnå en forståelse av de regionalgeologiske forhold.

Følgende vurderinger skal inngå:

- Lokalisere egnede tunnelstrekninger

- Kartlegge hvilke områder som kan være kritiske for kostnader og sikkerhet og dermed gjennomførbarheten av de alternative tunnelstrekninger.

Undersjøiske tunnelprosjekter skal planlegges ut fra et krav til minste bergoverdekning på 50 m. For avvik fra dette gjelder spesielle krav, se avsnitt 204.

Forundersøkelsene skal som et minimum omfatte:

- Innsamling og vurdering av eksisterende informasjon.
Geologiske og topografiske kart, publikasjoner (NGU, NGI etc.) og eventuelle rapporter fra tidligere utførte undersøkelser.
- Studie av flyfoto (M = 1 : 15 000 – 1 : 30 000)
- Befaring i marken. Geologisk kartlegging i målestokk 1 : 5000. Se håndbok 015 "Feltundersøkelser"
- Vurdering av områder som kan være spesielt utsatt for påvirkning fra tunnelen. Dette gjelder forhold som drenering, setninger, rystelser, utslipp mv.
- Kart som grovt angir antatt løsmassemekthet
- Vurdering av usikkerhet vedrørende bergoverdekning.

Forundersøkelsene skal sammenstilles i en rapport som i tillegg skal inneholde:

- En oversikt over områdets geologi, og en beskrivelse av strukturgeologiske og hydrogeologiske forhold som kan være av betydning for gjennomførbarhet og valg mellom alternativer
- Oversikt over områder som krever spesielle tiltak i forbindelse med gjennomføringen
- Vurdering av gjennomførbarhet
- Forslag til plan for videre forundersøkelser.

203 Oversiktsplan (fylkesdelplan/kommune-delplan)

Forundersøkelsene på dette plannivået skal danne det geologiske grunnlaget for valg av veglinjealternativ.

Forundersøkelsene skal baseres på utførte forundersøkelser fra tidligere planfase, og skal som et minimum omfatte:

- Flyfotostudier basert på stereoskopiske foto (M = 1 : 6 000 – 1 : 15 000) sammenholdt med topografiske kart (M = 1 : 1000 - 1 : 5 000). På basis av disse kartlegges løsmasser og berg i dagen, svakhetssoner og strukturretninger i berget.
- Felt- og grunnundersøkelser. Undersøkelsene og vurderingene skal omfatte følgende:
 - Løsmasser, typer og mektighet. For undersjøiske tunneler angis også vann dybder
 - Bergarter og bergartsgrenser. For undersjøiske tunneler angis også bergarter på land på begge sider av fjorden/sundet
 - Lagdeling og foliasjon
 - Sprekkemønster og sprekketetthet
 - Svakhetssoner
 - Bergoverdekning
 - Hydrologiske og hydrogeologiske registreringer:
 - o Måleprogram for grunnvannsnivå og poretrykk der dette er nødvendig, inkludert registrering av vannreservoarer og myrområder samt årtidsvariasjoner for disse
 - o Sårbarhet i forhold til flora og fauna
 - o Kartlegging av setningsømfintlige områder
 - o Krav til begrensnings av innlekkasje i de ulike deler av tunnelen
 - Kvalitet på steinmaterialer med tanke på eventuell bruk i vegbyggingen
 - Grunnundersøkelser for aktuelle deponier

- Påhuggsmuligheter, forskjæringer, rasfare
- Behov for og gjennomføring av kjerneboringer
- Behov for og gjennomføring av seismiske undersøkelser.

Hvis det er krav om et måleprogram for grunnvannstand og poretrykk skal det foretas hyppige registreringer for å dokumentere de naturlige variasjoner over tid (f.eks. med månedlige intervaller).

Grunnundersøkelser skal sikre at de tekniske løsningene som foreslås er gjennomførbare og videre danne grunnlag for mengdeanslag.

Etter at forundersøkelsene er utført skal det utarbeides en rapport med et detaljeringsnivå som er tilpasset plannivået.

Det skal skilles mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger.

204 Reguleringsplan

I reguleringsplanfasen skal behovet for supplerende undersøkelser fra kommunedelplanfasen vurderes.

Hensikten med vurderingene på dette plannivået er først og fremst å:

- bestemme det geologiske grunnlaget for kostnadsoverslaget
- angi usikkerheten i resultatene fra undersøkelsene med eventuelle konsekvenser for kostnadsoverslaget.

Tunnelens innvirkninger på influensområdet skal undersøkes og vurderes i detalj.

Følgende skal gjennomgå og utføres:

- Gjennomgang av resultatene fra tidligere undersøkelser

- Planlegging og gjennomføring av supplerende grunnundersøkelser inkludert verifikasjon av tidlige konklusjoner
- Rystelser

Grenser for tillatte rystelser innen influensområdet fastlegges, og det planlegges et måleprogram for oppfølging. Plan for bygningsbesiktigelse, registrering av setninger og skader samt tidspunkt for iverksettelse avklares.

Grunnvann, poretrykk og setninger

Med utgangspunkt i undersøkelser utført i forbindelse med kommunedelplan foretas en vurdering av hvilke skader som kan oppstå og hvilke tiltak som er nødvendige for å sikre omgivelsene. Det skal også vurderes om det skal søkes om konsesjon for regulering av vann, utdrenering mv. som alternativ til en omfattende gjennomføring av tettarbeider.

Følgende forhold skal blant annet utredes:

- influensområder
- kartlegging av tykkelse og setningsømfintlighet til løsmasser
- registrering av fundamenteringsforhold for byggverk
- fastlegging av tillatte innlekkasjer langs tunneltraseen
- vurdering av aktuelle tiltak for å oppfylle fastsatte lekkasjekrav.

For undersjøiske tunneler gjelder spesielt: Overdekning mindre enn 50 m kan bare aksepteres i tilfeller der det er særskilt godt dokumentert at forholdene er gunstige. Overdekning mindre enn 50 m skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Rapporter

Det utarbeides egne rapporter til bruk i forbindelse med reguleringsplanarbeidet.

205 Konkurranses grunnlag

I prosjekteringsfasen skal prosjektet videre bearbeides frem til ferdige konkurranses grunnlag.

205.1 Supplerende grunnundersøkelser

Det kan være aktuelt med supplerende grunnundersøkelser for å bekrefte mengdeanslagene eller som følge av andre forhold som avdekkes under prosjekteringen, som for eksempel detaljer ved portalområder / forskjæringer som er vesentlige for etablering av påhugg.

Det kan i tillegg være aktuelt å justere planlagt omfang av kartlegging og overvåkning av omgivelsene, blant annet basert på de måleresultater som foreligger.

205.2 Geologisk og geoteknisk rapport som del av konkurranses grunnlag

Det skal utarbeides en egen rapport som en del av konkurranses grunnlaget. Rapporten utarbeides på grunnlag av foreliggende undersøkelser. Arbeidsbeskrivelser knyttet til tetting, driving, sikring, komplettering etc. behandles andre steder i konkurranses grunnlaget og er ikke en del av geologisk og geoteknisk rapport

Rapporten skal gi entreprenøren et grunnlag for egne vurderinger og tolkninger av geologiske forhold.

Rapporten skal derfor inneholde:

- Beskrivelse av geologiske, hydrogeologiske og geotekniske forhold langs tunneltraseen
- Kart og lengdeprofil som viser forløp av bergartsgrenser og svakhetssoner samt bergoverdekning. Det skal klart fremgå om viste forløp er basert på undersøkelser, observasjoner eller tolkninger
- Analyse av sprekketetthet og sprekkorientering

- Gjengivelse av eventuelle måleresultater fra de utførte detaljundersøkelsene. Eventuell henvisning til rapporter der ikke medtatte resultater finnes
- Spesielle lokale forhold som det bør varsles om (f.eks. brønner)
- Referanseliste. Rapporter i referanselisten skal være tilgjengelig for eventuelt gjennomsyn.

3 Hensynet til omgivelsene

301 Generelt

Det er byggherrens ansvar å gjennomføre en vurdering av risiko for ytre miljø og sørge for at arbeidene gjennomføres i henhold til gjeldende lover og forskrifter.

Når det gjelder de hensyn som skal tas til landskap, estetikk mv. henvises til kapittel 5 "Estetikk og kjøreopplevelse".

302 Krav og restriksjoner

Byggefasen skal gjennomføres slik at de krav som er satt i forbindelse med utarbeidelsen av planene og gjennom godkjenning av prosjektet oppfylles.

Kravene vil blant annet omfatte følgende forhold:

- setninger, rystelser, luftsjokk, støy, utslipp
- naturmiljø, vannbalanse
- forutsetninger i vedtatte planer (spesielt reguleringsplan)
- søknads- og meldeplikt i henhold til plan- og bygningsloven og andre lover og forskrifter
- arbeidstidsbegrensninger
- nabokontakt og nærinformasjon.

303 Registreringer og måleprogrammer

Basert på utført kartlegging av forholdene og de gitte krav, foretas en vurdering av hvilke registreringer og måleprogrammer som er nødvendige for å sikre gjennomføringen.

Dette vil blant annet omfatte:

- behov for og omfang av bygningsbesiktigelse
- program for vibrasjonsmålinger
- behov for setningsbolter for registrering og senere kontrollmålinger

- behov for registrering av grunnvannsnivå (se avsnitt 203)
- målinger for dokumentasjon av vannlekkasjer i tunnel i forhold til fastsatte innlekkasjekrav
- vannkvalitet for utslippsvann fra tunnel etter forutsatt rensing
- oppfølging av vannkvalitet i resipienten
- støymålinger for dokumentasjon av at fastsatte krav holdes.

Basert på vurderinger som legges til grunn skal det utarbeides et detaljert måleprogram. Det skal også tas stilling til hvem som skal ha ansvaret for gjennomføring av de ulike målingene.

Vanlig ansvarsdeling mellom byggherre og den som utfører arbeidet vil være:

Byggherreansvar:

- fastsette nødvendige restriksjoner og krav
- eiendomsbesiktigelser
- måleprogrammer
- skadeoppgjør

Den utførendes ansvar:

- utførelse i henhold til gitte krav
- målinger der det er definert at den utførende har dokumentasjonsansvaret
- skadeansvar hvis fastsatt krav ikke er oppfylt

304 Vibrasjoner og bygningsbesiktigelse

Det skal fastsettes grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner. En metode for å fastsette veiledende grenseverdier er gitt i NS 8141 "Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk".

Grenseverdiene settes for å unngå mulige skader. Vanligvis settes grenseverdiene slik at de gjelder for fundament eller bærende konstruksjon nær fundament.

Eventuell fare for skadelige deformasjoner/setninger i undergrunnen på grunn av vibrasjonsinduserende virksomhet skal vurderes spesielt. Dette gjelder også mulig skade på rystelsesutsatt inventar, dataanlegg etc. og eventuell sjenanse for beboere.

Grenseverdien gjelder toppverdien for vertikal svingehastighet i mm/sek. og bestemmes på bakgrunn av følgende forhold:

- grunnforhold der byggverket står
- type byggverk og tilstand av anvendte byggematerialer
- fundamenteringsmåte
- avstand til vibrasjonskilden
- type vibrasjonskilde (sprengning, riving, peling, etc.)

Ved spesielle grunnforhold, ved avstander kortere enn 5 m og under andre spesielle forhold bør det foretas egen risikoanalyse.

Besiktigelse og registrering av bygninger skal skje sammen med eier og utføres av en nøytral fagkyndig. Beskrivelsen suppleres med fotografier eller videoopptak.

I områder hvor det er fastsatt grenseverdier skal det alltid utføres vibrasjonsmålinger. Veiledningen i NS 8141 angir krav til måleutstyr og hvorledes måling av vibrasjoner skal utføres og rapporteres. Målingene skal sikre nødvendig dokumentasjon og gi grunnlag for løpende justeringer av salveopplegg.

305 Krav til begrensning av lekkasjer

305.1 Tetthetskrav

Kartlegging og vurdering av konsekvenser for omgivelsene som følge av innlekkasjer i tunnelen skal utføres som en del av forundersøkelsene, kfr. kapittel 2 "Geologiske forundersøkelser".

Basert på disse skal det vurderes om det skal settes definerte krav til tetthet for tunnelen. Kravene kan variere langs tunneltraséen avhengig av forhold som influensområde, setningsømfintlighet og risiko for skadelige virkninger på omgivelsene.

305.2 Metoder for å oppnå tetthetskravene. Organisering av arbeidene

Hvis det er satt krav til tetthet for hele tunnelen eller deler av denne, er det flere forhold som må følges opp kontinuerlig for å sikre at kravene oppnås.

Forinjeksjon er normal tettemetode under tunneldriving.

Etterinjeksjon av tunneler kan lett gi dårlige resultater, da det er begrenset hvor store trykk som kan benyttes og massen lett finner direkte utganger i tunnelen.

Hvis det er fare for at tetthetskravene ikke kan oppnås med systematisk forinjeksjon skal de aktuelle deler av tunnelen i tillegg kunne tettes med en membranisolert eller vanntett betongutføring dimensjonert for det aktuelle vanntrykket. Det må da forberedes for dette, for eksempel ved valg av tunnelprofil, i forbindelse med drivingen.

Vanninfiltrasjon fra terreng eller fra tunnelen kan bidra til å holde grunnvannstanden og poretrykket oppe i anleggsperioden. Effekten av vanninfiltrasjon er imidlertid vanskelig å forutsi. Vanninfiltrasjon krever også løpende ettersyn og vedlikehold. Metoden er derfor bare unntaksvis aktuell som permanent tiltak.

For å kunne utføre forinjeksjon basert på systematisk sonderboring, skal det settes kriterier for når injeksjon skal utføres basert på målte lekkasjer fra sonderingene.

For i tilstrekkelig grad å avdekke behovet for injeksjon bør antall sonderhull vurderes nøye. I en startfase bør antall sonderhull økes i forhold til det som normalt anses nødvendig.

I tillegg skal det vurderes hvilke forhold som parallelt skal følges opp for å kunne styre og justere tettestarbeidene i tunnelen slik at det ikke oppstår uforutsette konsekvenser. Dette gjelder forhold som:

- lekkasjemålinger i tunnelen. Disse utføres ved at det måles totallekkasjer ut av tunnelen og over seksjoner
- målinger av grunnvannstand, poretrykk og setninger
- registrering av vannstand i ev. vann og myrer
- inngang av vann i ev. infiltrasjonsbrønner.

All informasjon som registreres skal vurderes samlet.

306 Midlertidig utslipp av vann

306.1 Generelt

Det skal søkes om utslippstillatelse for midlertidige utslipp som følge av anleggsarbeidene.

De ulike utslipp kan deles inn i følgende kategorier:

Kategori A:

Avløp fra sanitæranlegg i forbindelse med brakkeforlegning, kontorer mv.

Kategori B:

Avløp fra verksted og vaskeplasser

Kategori C:

Utslipp av driftsvann og drensvann under driving og bygging av tunnelen.

Søknad om midlertidig utslipp behandles av Fylkesmannens miljøvernavdeling i henhold til rundskriv T-5191.

Mindre anlegg av kategori A og B behandles av kommunen. Mindre anlegg kan defineres som anlegg med en belastning på mindre enn 25 personekvivalenter.

Utslipp som følge av bruk av eventuelle kjemiske injeksjonsmidler skal behandles som egen sak.

306.2 Søknadens innhold

1. Opplysninger om søker

Søker skal defineres. Vanligvis vil dette være byggherren. Hvis andre skal stå som søker (f.eks. entreprenør) skal dette avklares med Fylkesmannens miljøvernavdeling på forhånd.

2. Orientering om prosjektet

Beskrivelse av prosjektet med angivelse av omfang og varighet. I tillegg angis riggarealer, massedeponier mv. Orienteringen skal inneholde nødvendige kartbilag.

3. Omfang av søknaden

Beskrivelse av de ulike typer utslipp med angivelse av forventet omfang, vannmengde og

vannkvalitet. Når det gjelder driftsvann og drensvann under tunneldriften angis innhold av suspendert materiale, nitrogen fra sprengstoff og pH som følge av bruk av sementprodukter.

4. Beskrivelse av resipienten

Beskrivelse av vannkvalitet og vannføring over året for resipienten.

5. Rensetiltak

- Planlagte rensertiltak beskrives.
- Tiltak for avløp fra verksted og vaskeplasser dimensjoneres etter "Forskrift om utslipp av oljeholdig vann" T-1043.
- Tiltak for sanitæravløp dimensjoneres etter "Forskrift om utslipp fra separate avløpsanlegg", T-616.
- Driftsvann og drensvann fra tunneldriften. Normal rensemetode vil være bruk av oljeutskiller og sedimenteringsbasseng. Ved svært sårbar resipient kan ytterligere rensing utføres med sandfilter.

6. Vurdering av utslippet (miljøriskovurdering)

Det gis en oversikt over brukerinteressene for resipienten samt en vurdering av mulige effekter av utslippet.

7. Øvrige opplysninger:

Følgende forhold skal også omtales i søknaden:

- sigevann fra massedeponi
- rutiner for tømning av slam og olje fra oljeavskiller
- sikring av olje- og drivstofflager.

306.3 Kontroll og tilsyn

Vanligvis kreves et program for overvåking av vannkvaliteten på avløpsvannet etter rensing og en tilsvarende oppfølging av vannkvaliteten i resipienten.

Sammen med utslippssøknaden bør det vedlegges et forslag til et kontroll- og overvåkingsprogram som har til hensikt å sikre at rensertiltakene fungerer som forutsatt.

307 Bruk av kjemikalier i tunnelarbeider

Ved bruk av kjemiske injeksjonsmidler eller andre kjemikalier, er produsent, importør og/eller omsetter av slike stoffer pålagt å utarbeide og utlevere dokumentasjon (HMS-datablad). Produktdatablene skal blant annet angi kjemisk sammensetning, helse- og miljøfare og forebyggende tiltak.

Prosedyre for anskaffelse av helse- og miljøfarlige kjemikalier er gitt i håndbok 214 "Helse, miljø og sikkerhet (HMS)".

Forholdene i resipienten skal kartlegges med hensyn til vannmengder, og på grunnlag av dette beregnes eventuelle fortyninger. I tillegg kartlegges brukerinteresser, biologiske forhold mv. i resipienten.

Vurdering av miljørisiko ved å benytte de aktuelle stoffene foretas av fagkyndig personell.

Viser miljørisikovurderingen at det er fare for forurensning av det ytre miljø, skal byggherren sørge for å innhente nødvendig tillatelse fra forurensningsmyndighetene.

308 Permanent utslipp av vann

Det er ikke krav om søknad for permanent utslipp av drensvann.

Ved planlegging av tunnelen skal det tas hensyn til hvilke forutsetninger som vil bli lagt til grunn når det gjelder renhold som del av drift og vedlikehold.

Som hovedregel skal det legges opp til en vaskefrekvens som sikrer at det ikke kreves spesielle tiltak for å samle opp vaskevannet utenfor tunnelen.

For tunneler med lange intervaller mellom vaske eller spesielt store trafikkmengder, skal det vurderes om vaskevannet kan bli så forurenset at det er nødvendig at utslippssystemet utenfor tunnelen utformes slik at eventuelt miljøfarlig vaskevann kan håndteres.

309 Utslipp av gasser og partikler

309.1 Konsekvensanalyse

I vegtunneler vil ventilasjonsløsningen være av avgjørende betydning for mengden av utslipp og utslippssted. I forbindelse med reguleringsplanarbeidet skal det utføres en konsekvensanalyse av tunnelventilasjon, herunder en vurdering av eventuelle behov for og plassering av ventilasjonstårn, rens tiltak mv. Se for øvrig kapittel 1 "Det formelle grunnlaget for planlegging av tunneler" avsnitt 102.

I konsekvensanalysen beregnes luftforurensningsnivå ved boliger i forhold til Statens forurensningstilsyns anbefalte luftkvalitetskriterier. Det bør samtidig sikres at ikke grenseverdiene i forskrift til forurensningsloven om lokal luftforurensning og støy overskrides.

Ut fra beregnet forurensningskonsentrasjon i utslippet skal graden av luftforurensning på de nærmeste omgivelsene vurderes. Med grad av luftforurensning menes en sammenligning basert på luftforurensningsnivå og Statens forurensningstilsyns anbefalte luftkvalitetskriterier.

For vurdering og beregning av luftforurensning fra vegtunneler, se vedlegg A.

309.2 Anbefalte luftkvalitetskriterier

Anbefalte verdier for luftkvalitet gitt av Statens forurensningstilsyn er vist i tabell 3.1.

309.3 Utslipp gjennom ventilasjonstårn

Dersom det er vanskelig å oppnå de anbefalte luftkvalitetskriteriene ved utlufting gjennom tunnelåpning, er utlufting gjennom ventilasjonstårn et alternativ.

Spredning av utslippet fra ventilasjonstårn beregnes ved hjelp av de spredningsmodeller som benyttes for piper/ skorsteiner. Ventilasjonsluftens jetstrøm rettes vertikalt oppover. Dette innebærer at forurensningene blir tynnet ut før de når bakken.

Høyde og tverrsnitt på tårn bestemmes av luftmengde og krav til luftkvalitet på bakkenivå. I tillegg skal det tas hensyn til fare for støy fra ventilasjonstårnet (spesielt ved høye lufthastigheter).

Tabell 3.1 Anbefalte luftkvalitetskriterier for luft utenfor tunnel

Grenseverdier C	Måleenhet	Midlingstid*				
		15 min.	1 time	8 timer	24 timer	6 mnd
CO	mg/m ³	80	25	10		
NO ₂	µg/m ³	500	100		75	50
Svevestøv PM ₁₀	µg/m ³				35	
Svevestøv PM _{2,5}	µg/m ³				20	

* Midlingstid er det tidsrom som det gjennomsnittlige forurensningsnivået skal beregnes for.

Fra SFT-rapport nr. 92:16 "Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier".

310 Rensing av tunnelluft

Det finnes i dag utstyr som gjør det mulig å rense tunnelluften for både partikler og NO₂.

Nødvendigheten av rensetiltak bestemmes av tillatte konsentrasjoner i tunnel eller anbefalte luftkvalitetskriterier utenfor tunnel.

Hvis det planlegges ventilasjonsløsning som inkluderer rensetiltak, kreves det godkjennelse fra Vegdirektoratet.

Rensing av partikler

For å rense tunnelluften for partikler kan det benyttes elektrostatiske filter. Denne teknologien gjør det mulig å fjerne 80-95 % av partiklene fra tunnelluften som går gjennom filteret og knyttes til spesielle partikkelfraksjoner.

For å oppnå en best mulig virkningsgrad skal dimensjonering og planlegging tilpasses den aktuelle tunnelen.

Elektrostatiske filtre for rensing av partikler kan monteres i sidetunnel, som overliggende installasjon, eller i tilknytning til ventilasjonstårn.

Ekspløsjonsrisiko er tilstede ved omfattende lekkasje av tyngre, brennbare gasser/væsker. Ved montering i sidetunnel anbefales derfor bygging av opphøyet kant ved innløp til filternisjen for å avlede gassene.

Rensing av NO₂

For å rense tunnelluften for NO₂ benyttes en spesiell type aktivt kull. Det er mulig å fjerne opptil 70 % av NO₂-innholdet i tunnelluften. På grunn av plassbehovet plasseres rensaneanlegget i en sidetunnel.

311 Støy nær tunnelåpninger

I nærheten av tunnelportaler finnes to bidrag til støynivået:

- støy fra åpen vegstrekning utenfor tunnelen
- støy fra selve tunnelen

Inne i tunnelen oppstår et høyere lydnivå på grunn av refleksjoner enn det man har i tilsvarende avstand på en dagstrekning. I tillegg til avstand og skjermingsforhold, er lengden av tunnelen og stigningsgradienten på vegbanen i tunnelåpningen av avgjørende betydning for avstrålt støy. Sterkere stigning vil gi høyere støynivå på grunn av akselerasjon.

Miljøverndepartementets rundskriv T-8/79 "Retningslinjer for vegtrafikkstøy - planlegging og behandling etter bygningsloven", angir veiledende grenseverdier for støy ved nyanlegg. Grenseverdier i "Forskrift til forurensningsloven om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy" skal overholdes ved eksisterende veier.

Det er utarbeidet en enkel metode for beregning av støyutstråling fra vegtunneler som er egnet for å vurdere behovet for tiltak. Beregningsmetoden er vist i vedlegg B. Metoden gir beregnet lydnivå fra tunnelåpningen. Summert med bidraget fra vegstrekningen utenfor tunnelen, gir dette totalt lydnivå i mottakerpunktet. Totalnivået sammenliknet med veiledende retningslinjer avgjør om det er behov for å gjennomføre støyreducerende tiltak.

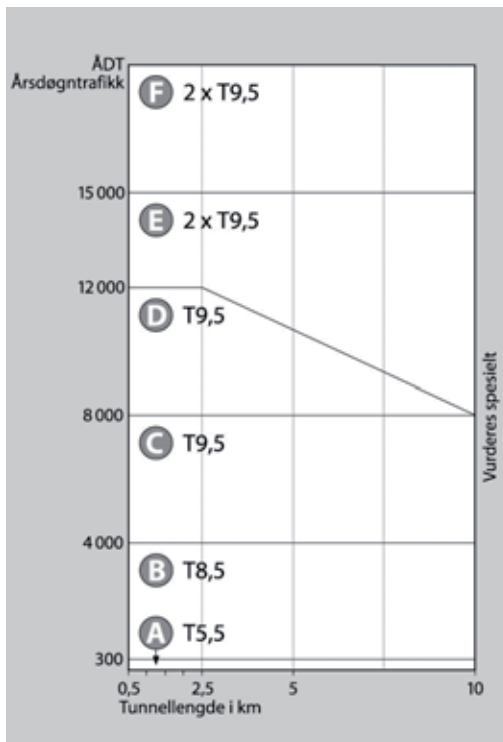
4 Geometrisk utforming

401 Generelt

Tunnelene skiller seg fra veg i dagen blant annet gjennom forhold som:

- liten eller ingen sideaktivitet
- andre forhold vinterstid
- jevne lysforhold over døgnet og året, bortsett fra i inngangssonen
- vanskelig å bedømme stigning og fall
- vanskelig å bedømme avstanden til neste kjøretøy
- andre forhold til sikkerhet, rednings-tjeneste etc.

Dette gjør at flere utformingselementer må være annerledes enn for veg i dagen.



Figur 4.1 Tunnelklasser

Viktige elementer i denne forbindelse er:

- valg av riktige konstruksjons- og utstyrs-løsninger i plan- og byggefasen med tanke på levetidskostnader
- tilstrebe en ensartet standard for tunneler av samme type og trafikkmengde når tunnelene ligger på samme vegstrekning

Krav til standard øker med økende trafikk-mengde og tunnellengde. Tunnelene er derfor delt inn i klasser som blir bestemmende for geometrisk kvalitet og utrustning.

Ved utforming av en tunnels tverrsnittsgeometri og horisontale og vertikale profil, samt atkomstveiene, skal det tas spesielt hensyn til sikkerheten, da disse parameterne har en betydelig innvirkning på sannsynligheten for ulykker og for hvor alvorlige de blir.

En bør tilstrebe å begrense tunnallengden for bytunneler og motorvegtunneler til maksimum 4 km. En dagsone på 200 m eller mer vil være en effektiv sperre for spredning av gasser og ekstreme temperaturer i tunnelen.

402 Valg av tunnelklasse

Trafikkmengde angis vanligvis som årsdøgntrafikk (ÅDT). ÅDT er total trafikkmengde pr. år dividert med 365 og angis som sum trafikk i begge retninger.

Tunnelklasse skal velges ut fra den trafikkmengde som kan forventes 20 år etter åpningen, ÅDT (20).

Ved ujevn trafikkmengde over døgnet eller over året, eller hvis det er stor usikkerhet i beregningsgrunlaget for ÅDT(20), skal tunnelklasse velges ut fra en spesiell vurdering. Valg av annen tunnelklasse skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Tunnelene deles inn i tunnelklasser basert på trafikkmengde og tunnellengde, se figur 4.1. Tunnelklassene er utgangspunktet for å bestemme tunnelprofil, antall tunnellop, behov for havarinisjer, snunisjer, gangbare tverrforbindelser, nødutganger samt sikkerhetsutrustning. Når det gjelder krav til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning henvises til kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet".

Figur 4.1 gjelder for tunneler over 500 m. I utgangspunktet velges tunnelprofiler iht. figur 4.1 også for tunneler under 500 m, men kan fravikes ved at skulderbredden i dagen føres uendret gjennom tunnelen.

Tunneler på enfeltsveger (ÅDT < 300 på fylkesveg) defineres som tunnelklasse A. For slike tunneler velges tunnelprofil iht. figur 4.4.

Tunneler i klasse C og D bygges med tunnelprofil T9,5. Tunneler i klasse E og F bygges med tunnelprofil T9,5 for hvert av løpene. Tunneler i klasse B bygges med tunnelprofil T8,5.

Dersom trafikkmengden ÅDT(20) gir tunnelklasse E i løpet av perioden, skal det vurderes

når løp nummer to skal bygges. I de tilfeller bygging av løp nummer to utsettes, skal det legges til rette for enkel etablering av dette tunnellopet på et senere tidspunkt.

Hvis bygging av tunnellop nummer to utsettes, kan dette medføre krav om at forbikjøringsfelt skal bygges, i henhold til avsnitt 412.5 "Forbikjøringsmuligheter".

Dersom trafikkmengden ÅDT(20) gir tunnelklasse D skal det på lignende måte vurderes når de ekstra sikkerhetstiltakene som ligger under tunnelklasse D skal gjennomføres. Tiltakene skal senest være gjennomført når trafikkmengden ligger innenfor den aktuelle tunnelklassen.

403 Tunnelprofiler

Tunnelprofilene gis betegnelse etter total bredde i kjørebanelnivå, se figur 4.2.

Tunnelprofil T4 utformes med rette vegger.

Tunnelprofilene T5,5 - T12,5 utformes med sirkulært profil over kjørebanelnivå.

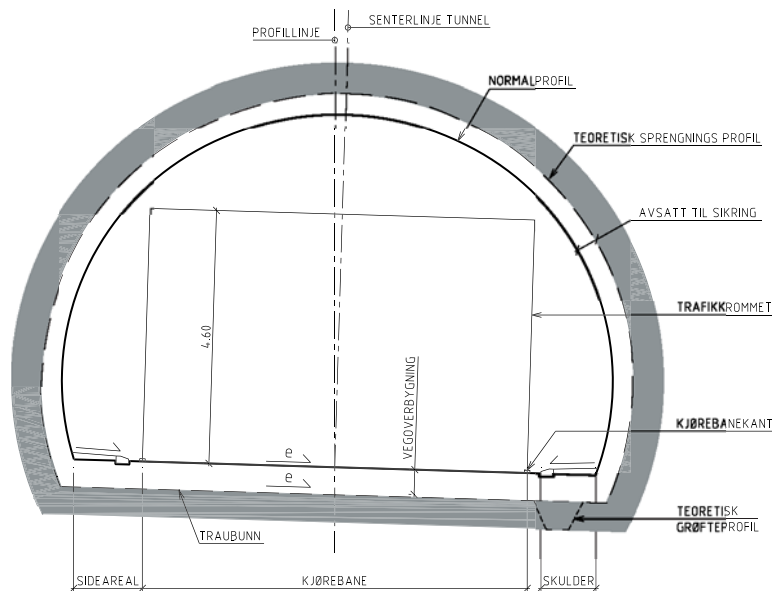
Kravet til fri høyde i tunneler er 4,6 m med unntak av tunneler for gang- og sykkeltrafikk. Kravet til fri høyde gjelder vinkelrett på kjørebanelnivå og målt midt på kantlinjen.

I normalprofilene er det lagt inn tillegg til høydekravet for å ivareta:

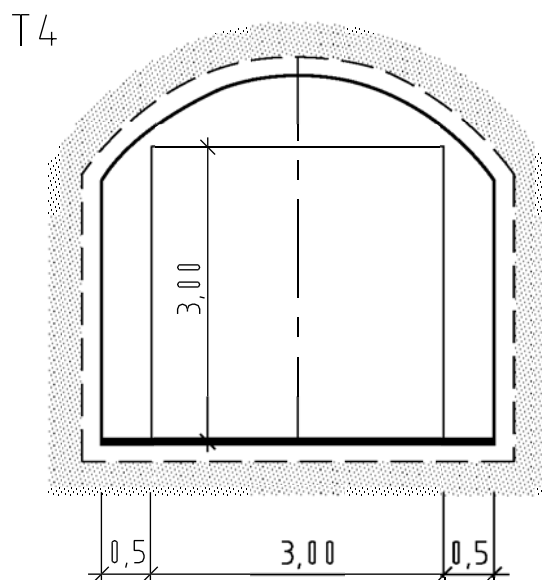
- ekstra klaring for senere justering av vegdekke
- normale toleranser for vegoverbygning og vann- og frostsikring / utstøping (samlet avvik = 0,1 m)
- kravet til fri høyde også tilfredsstilt ved kantstein.

Tunnelprofilen vil normalt gi rom for skilt og tekniske installasjoner. Behovet for lokale utvidelser vurderes i hvert enkelt tilfelle. Minimum høyde til teknisk utrustning skal være 4,8 m over kjørebane. For sidemontert utstyr som skilt o.l. skal klaring til trafikkrømmet vurderes spesielt. Av hensyn til rømming bør sidemonterte skilt plasseres slik at fri høyde under skiltet er minimum 2,0 m. For krav til skilt se avsnitt 414.

Tunnelprofilen i tunneler lengre enn 500 m skal ha kjørefelt med bredde minimum 3,25 m. Kjørefelt beregnet på saktegående tung trafikk skal være minimum 3,5 m. Ved smalere kjørefelt skal det gjennomføres en risikoanalyse som dokumenterer samme eller bedre sikkerhet ved bruk av alternative sikkerhetstiltak.

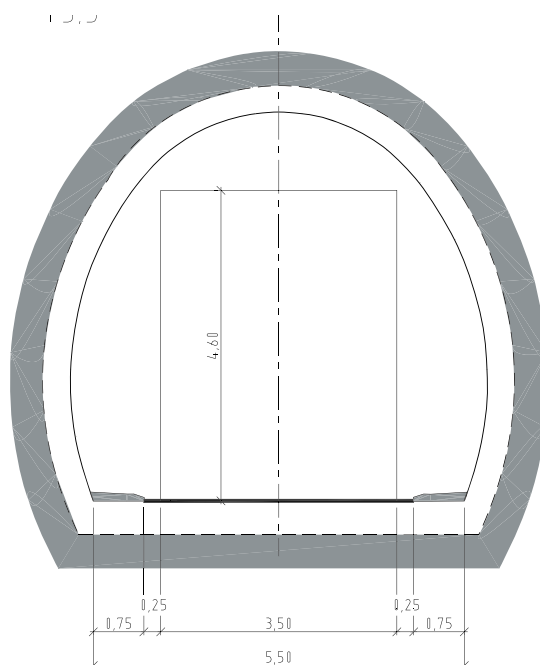


Figur 4.2 Skjematisk tunnelprofil



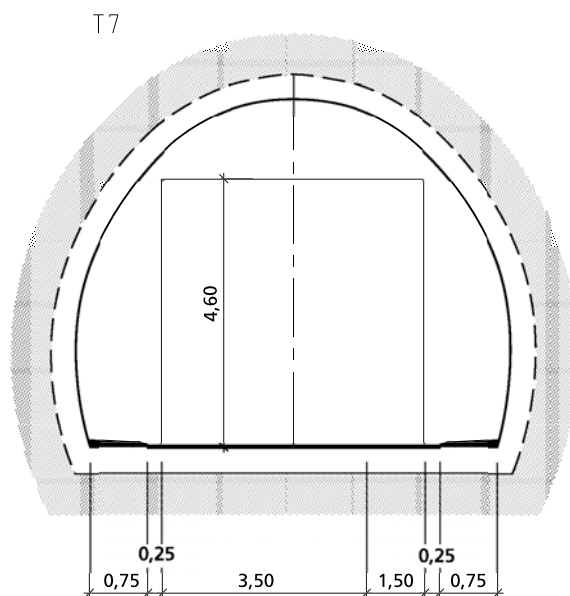
Figur 4.3 Tunnelprofil T4 (mål i m)

T4 brukes for gang- og sykkelveger. Krav til fri høyde er 3,0 m. T4 brukes for gangbare tverr-forbindelser mellom tunnellop, og for nødutganger fra tunnel til det fri.



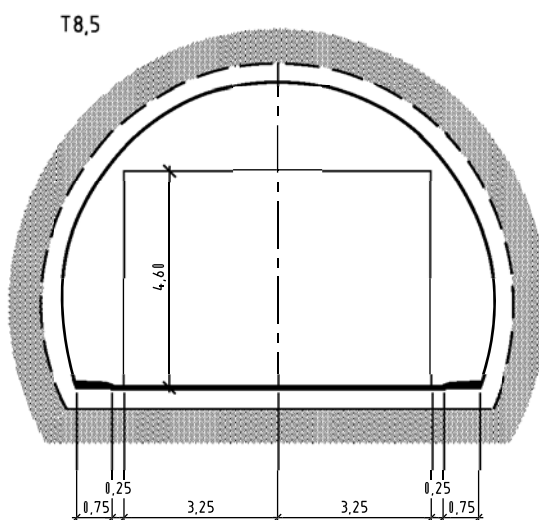
Figur 4.4 Tunnelprofil T5,5 (mål i m)

T5,5 skal brukes for av- og påkjøringsramper med ett kjørefelt uten krav til at havarert kjøretøy skal kunne passeres. T5,5 brukes for enfeltstveg med møteplasser i tunnelklasse A. Rette vegger kan alternativt benyttes i enfeltstunneler. T5,5 brukes for rømmingstunnel.

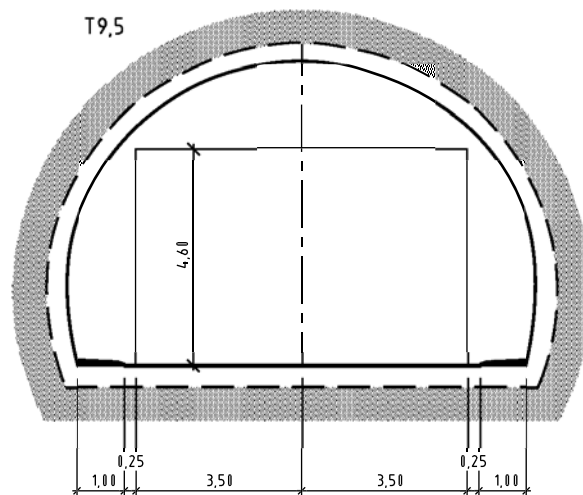


Figur 4.5 Tunnelprofil T7 (mål i m)

T7 skal brukes for av- og påkjøringsramper med ett kjørefelt der havarett kjøretøy skal kunne passeres. Kjørebanebredde 5,0 m gir mulighet for å passere kjøretøy som har fått stans. Kjøre-banen merkes med kjørefelt 3,5 m og havarifelt på 1,5 m. Havarifeltet inngår i breddeutvidelsen for å ivareta siktkrav.

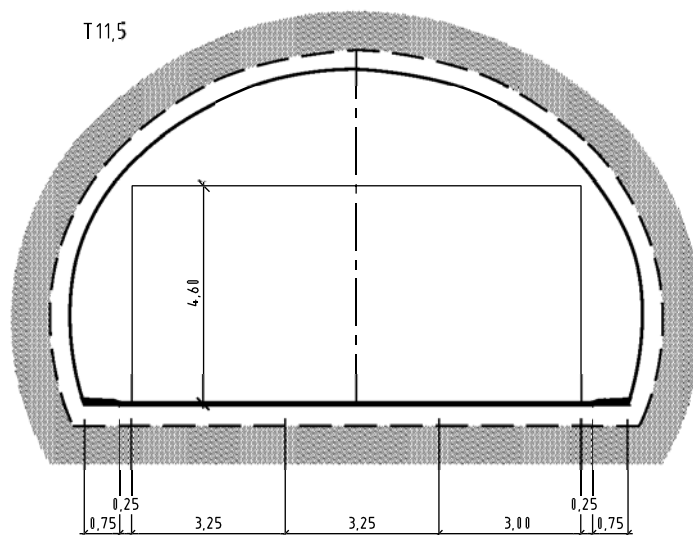


Figur 4.6 Tunnelprofil T8,5 (mål i m) T8,5 skal brukes for tunneler i tunnelklasse B.



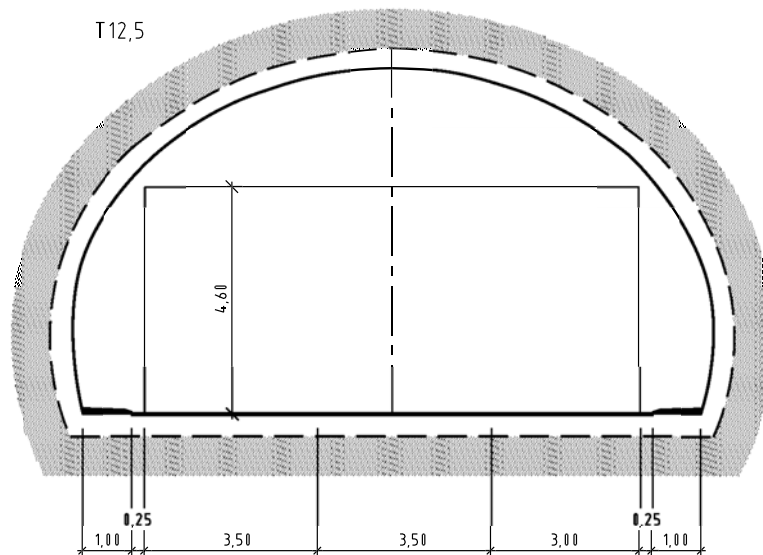
Figur 4.7 Tunnelprofil T9,5 (mål i m)

T9,5 skal brukes for tunneler med toveistrafikk i tunnelklasse C og D. T9,5 skal brukes for hvert løp i tunnelklasse E og F.



Figur 4.8 Tunnelprofil T11,5 (mål i m)

T11,5 skal brukes der det er behov for tre kjørefelt eller havarinisje i tunnelklasse B. Profilet gir også rom for to kjørefelt og en gang- og sykkelveg adskilt med betongrekkverk (se figur 4.16). Figuren viser normal feltinndeling ved havarinisje. I andre situasjoner må feltinndeling vurderes ut fra trafikksituasjonen på stedet.



Figur 4.9 Tunnelprofil T12,5 (mål i m)

T12,5 skal brukes der det er behov for tre kjørefelt eller havarinisje i tunnelklasse E og F. Figuren viser normal feltinndeling ved havarinisje. I andre situasjoner må feltinndeling vurderes ut fra trafikksituasjonen på stedet.

Geometriske mål

Geometriske mål er gitt i tabell 4.1 og vist i figur 4.10 og 4.11.

Tverrsnittsdata for tunnelprofilene under gitte forutsetninger fremgår av tabell 4.2 og figur 4.2.

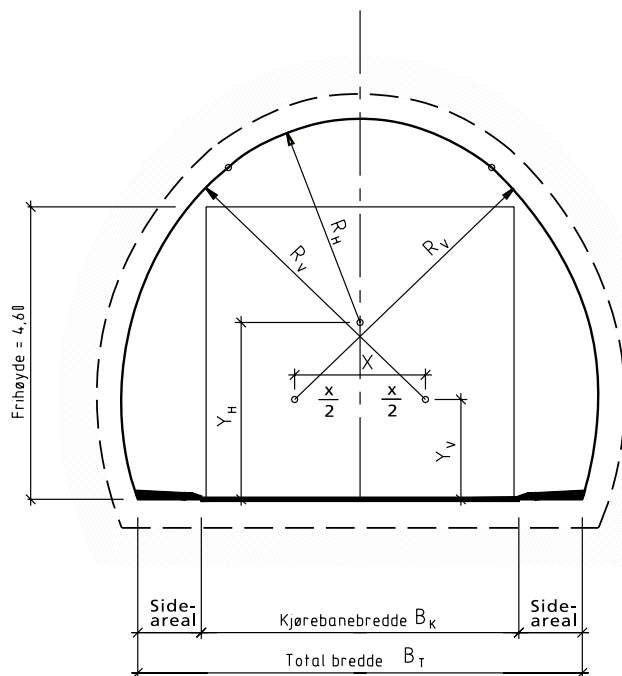
Tabellene gjelder for tunnelprofiler med ensidig tverrfall. Ved ensidig tverrfall dreies profilet om senter veggbane. Tabellene gjelder derfor uavhengig av tverrfallets størrelse.

Takfall benyttes normalt ikke i tunnel.

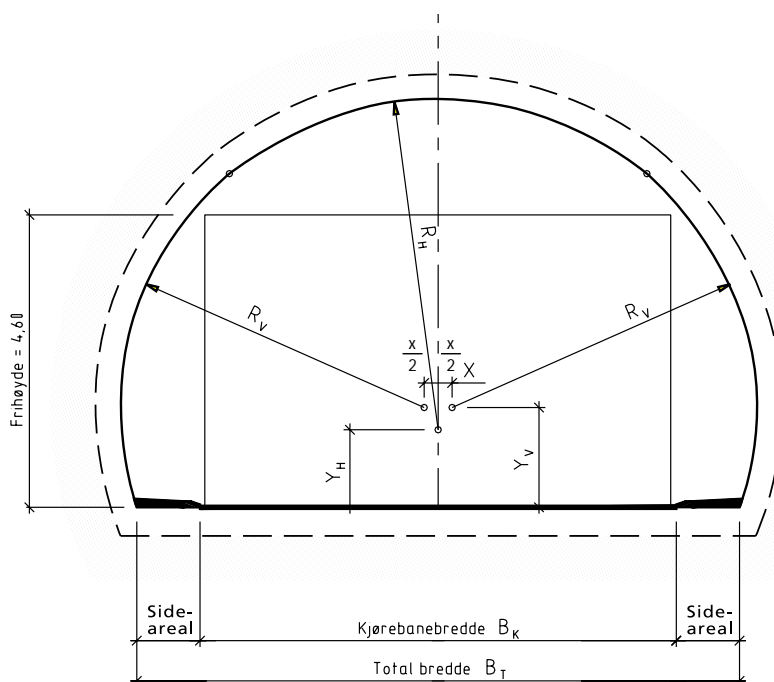
Tabell 4.1 Geometriske mål for de ulike tunnelprofilene

Profil	Total bredde B_T	Kjørebanebredde B_K	Senteravstand veggadier X	Senterhøyde veggadier Y_V	Veggradius R_V	Senterhøyde hengradius Y_H	Heng radius R_H
T4	4.0	3.0	-	-	-	1.33	2.40
T5.5	5.5	3.5	3.40	1.77	4.79	3.17	2.59
T7	7.0	5.0	2.06	1.57	4.79	2.78	3.20
T8.5	8.5	6.5	0.40	1.77	4.79	1.98	4.50
T9.5	9.5	7.0	0.44	1.57	4.79	1.22	5.20
T11.5	11.5	9.5	2.60	1.77	4.79	- 0.26	7.20
T12.5	12.5	10.0	3.44	1.57	4.79	- 0.46	7.45

Alle mål gitt i meter.



Figur 4.10 Geometriske mål for tunnelprofil T4 – T8,5 (målene gitt i tabell 4.1)



Figur 4.11 Geometriske mål for tunnelprofil T9,5 – T12,5 (målene gitt i tabell 4.1)

Tabell 4.2 Tunnelverrsnittdata for de ulike tunnelprofilene

Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil		Normalprofil	
	Area A_s m ²	Buelengde, B_s m	Area A_N m ²	Buelengde, B_N m
T4	20.31	12.31	13.65	10.04
T5.5	39.11	17.12	28.77	14.90
T7	47.85	18.32	37.23	16.01
T8.5	61.92	20.56	49.66	18.24
T9.5	66.53	21.02	53.53	18.71
T11.5	85.95	23.76	70.89	21.43
T12.5	91.23	24.30	75.41	21.99

Data vil avhenge av valgt vegoverbygning og plass avsatt for sikring. I tabellen er følgende lagt til grunn:

- AS = Areal regnet etter teoretisk sprengningsprofil. I verdiene i tabellen er det forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring.
- AN = Areal regnet etter normalprofilet over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder.
- BS = Buelengde regnet etter teoretisk sprengningsprofil ned til nivå for traubunn forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring.
- BN = Buelengde regnet etter normalprofil ned til nivå for kjørebane.

404 Sideareal

Sideareal er betegnelsen på arealet utenfor oppmerkede kjørefelt.

Skulder bør utføres med kantstein og med asfalt eller betongdekke, med minimum 5 % fall mot kjørebane. Kantstein skal være lav og ikke-avvisende, og plasseres 0,25 m fra kjørebane kant (se figur 4.2).

I innkjøringssonene, hvor miljøbelastningene er spesielt store, skal det i tunnelklasse C, D, E og F alltid benyttes betongdekke på skulder. Lengden med betongdekke bør ikke være mindre enn 200 m i hver ende av tunnelen.

405 Sikring av farlige sidehinder

Støtpute skal benyttes ved avramper og andre utforminger som gir farlige sidehinder.

Endeavslutning på utstøping skal utformes slik at sikkerhet ved påkjørsel er ivaretatt. Dette oppnås ved skrå avslutning (1:10) i minimum 0,9 meter over kjørebane nivå.

406 Utforming under vegbanenivå

Nivå for traubunn (teoretisk sprengningsprofil) bestemmes av overbygningstykkelsen. Utforming under vegbanenivå for øvrig bestemmes av grøfter for dressystem, kabeltraséer, trekkekummer, rørkryss, mv.

Den råspregte sålen skal ha tverrfall tilsvarende vegdekkets tverrfall.

For øvrig henvises til kapittel 8 "Drenering", og kapittel 9 "Vegfundament og vegdekke".

407 Tunnelprofil for betongtunneler

Valg av tunnelprofil gjøres etter en samlet teknisk/økonomisk vurdering. Hovedregelen er at de ordinære tunnelprofiler benyttes dersom ikke spesielle forhold nødvendiggjør avvik.

Eksempler på forhold som kan gi grunn for å avvike det ordinære tunnelprofilet kan være:

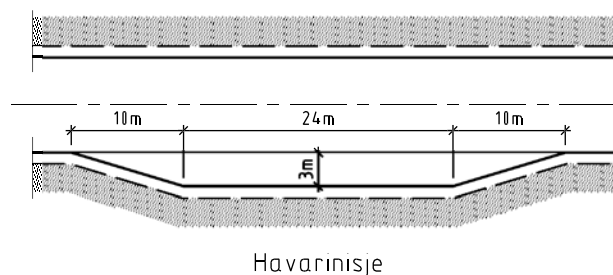
- Behov for å legge traséen grunt. Tunnel-taket legges parallelt kjørebanelen mens det sirkulære profilen beholderes for veggene
- Når det er ønskelig å redusere bredden på byggegropa
- For tunneler som skal dimensjoneres for vanntrykk gir firkantprofil mindre volum og dermed mindre oppdrift.

Hvis det er behov for å redusere høyden av betongtunneler kan teknisk utrustning og skilt plasseres over sidearealet. Det kan da bli nødvendig å øke skulderbredden.

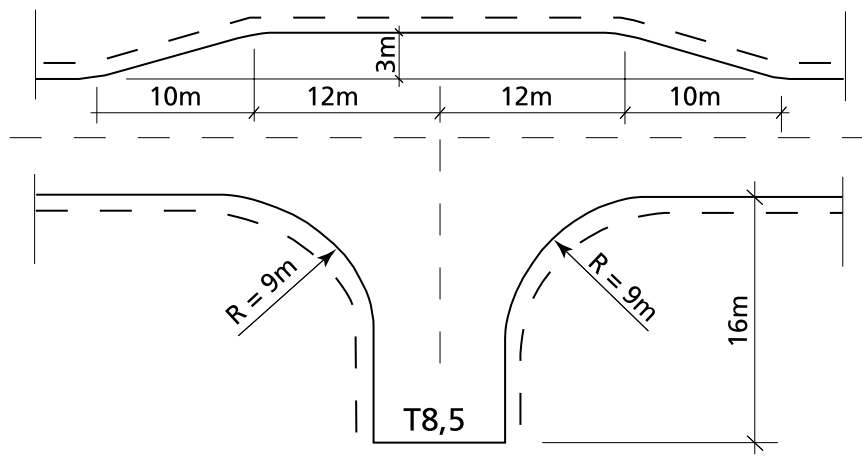
408 Utvidelse for nisjer

408.1 Utforming og plassering av havari- og snunisjer

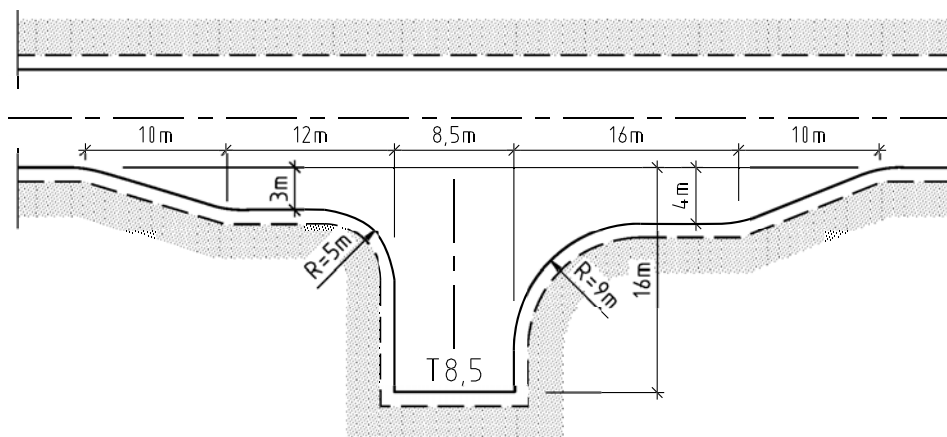
Havarinisjer skal muliggjøre parkering utenfor kjørebanelen ved nødstop. Havarinisjer utformes som vist på figur 4.12. For tunnelprofil i havarinisje, se figurene 4.8 og 4.9.



Figur 4.12 Havarinisje



Figur 4.13 Snunisje



Figur 4.14 Eksempel på snunisje for brøytebil

I toveistunneler anlegges det snunisjer. Havarinisjer vil fungere som snunisjer for personbiler. Snunisjer for større kjøretøy utformes som vist på figur 4.13.

Teknisk rom skal plasseres i egen nisje med tett vegg mot trafikkrommet. Nisjen bør plasseres ved havarinisje. Se avsnitt 408.2.

I lange tunneler kan det være behov for egen snunisje for brøytebil. Eksempel på utforming er vist i figur 4.14.

Avstanden mellom nisjene bestemmes av tunnelklassen. De gitte avstander er omtrentlige mål. Plassering skal tilpasses lokale forhold som bergforhold og geometri. Videre skal det

tas hensyn til mulighetene for å kombinere nisjene med nisjer for andre behov (f.eks. tekniske rom, pumpestasjon mv.). Avvik i plassering bør være innenfor ± 50 m for havarinisjer og innenfor ± 100 m for snunisjer.

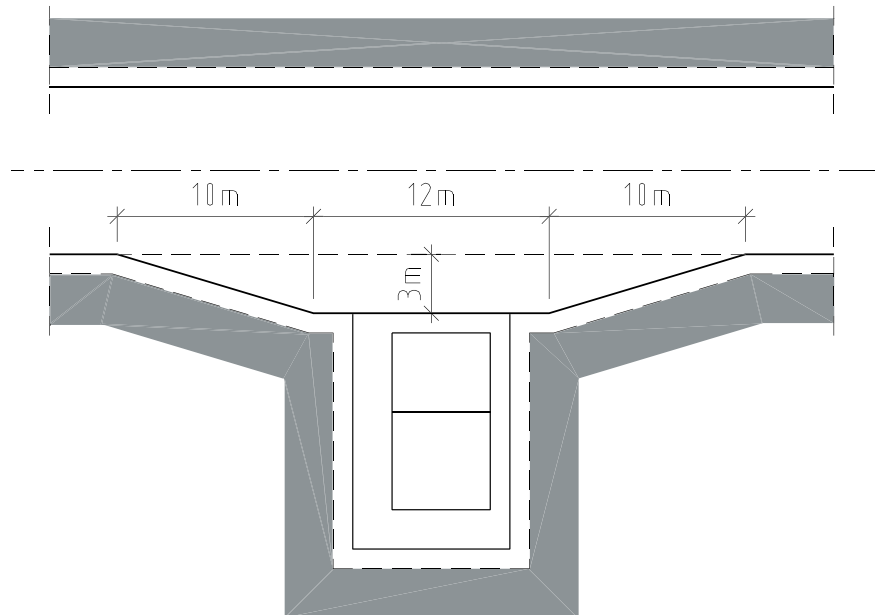
Normalavstand for nisjer fremgår av tabell 4.3. Eksempel på plassering er vist i kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet".

For tunnelklasse A, tunneler på enfeltsveg, henvises til avsnitt 410.

Første havarinisje i tilknytning til inngående kjørefelt skal ikke plasseres nærmere enn 250 m fra tunnelåpningen.

Tabell 4.3 Normalavstand for nisjer

Tunnelklasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
A	-	-	Se avsnitt 410 for møteplasser
B	500 m	2 000 m	
C	375 m	1 500 m	
D	250 m	1 000 m	
E, F	500 m	-	Angitt avstand i tunnelklasse E og F gjelder for hvert tunneløp.



Figur 4.15 Parkeringsnisje for teknisk rom

Ved utarbeidelse av nisjeplan vil blant annet følgende forhold i tillegg være med å bestemme antall og plassering av nisjer:

- Som hovedregel bør ikke nisjer plasseres i innerkurve ut fra krav til siktforhold
- Ved kryss i tunnel kan start av avkjøringsfelt og avslutning av påkjøringsfelt regnes som havarinisje
- I tunneler med $\text{ÅDT}(20) \leq 2500$ og stigning $\geq 5\%$ i en lengde over 1 km, bør det vurderes å legge inn en ekstra havarinisje pr. km i stigningen. Hvis $\text{ÅDT}(20)$ er > 2500 i tunneler med toveistrafikk er behovet for ekstra nisje ivare tatt ved at det anlegges eget forbikjøringsfelt, kfr. avsnitt 412.5.

408.2 Nisjer for tekniske rom

Tekniske rom skal plasseres i egen nisje, fortrinnsvis i forbindelse med en havarinisje, og med tett vegg mot trafikkrømmet (figur 4.15). Ut fra krav til kjøling skal tekniske rom bygges i betong.

Ved plassering av teknisk rom utenom havarinisje skal det anlegges egen parkeringsnisje. Denne skal utformes som vist i figur 4.15. Tekniske rom skal ikke plasseres på det laveste punkt i tunnelen.

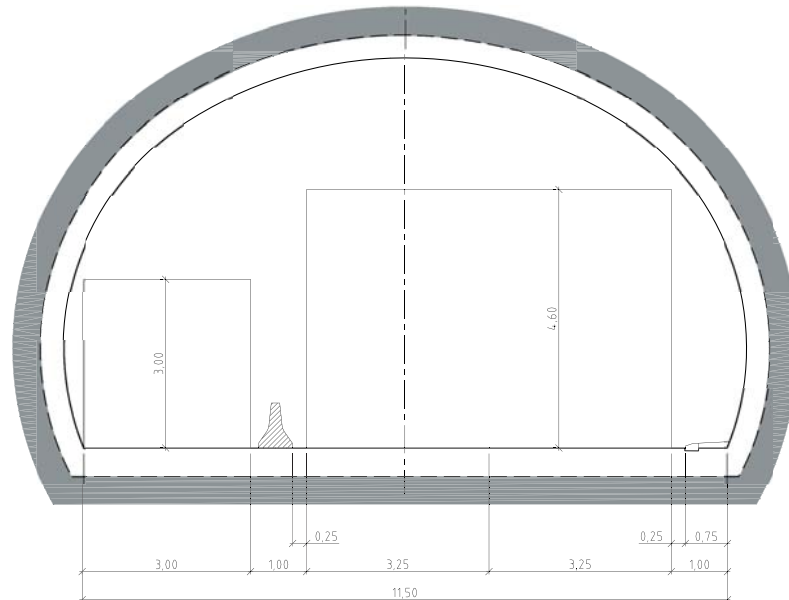
408.3 Utvidelse i høgfjellstunneler i områder med kolonnekjøring

I høgfjellstunneler med fare for periodisk stengt veg, f.eks. ved kolonnekjøring, skal det vurderes å øke bredden for å oppnå økt sikkerhet ved oppstilling av kjøretøyer.

409 Nødutganger

Nødutganger gjør det mulig for trafikantene å forlate tunnelen uten kjøretøyene sine og nå et trygt sted i tilfelle av en ulykke eller brann. De gir også redningstjenestene adgang til tunnelen til fots.

Nødutganger bygges enten som tverrforbindelser mellom tunnellop, eller direkte utgang fra tunnelen til det fri.



Figur 4.16 Gang- og sykkelveg i tofelts tunnel, tunnelprofil T11,5

Andre typer nødutganger skal godkjennes av Vegdirektoratet.

409.1 Tverrforbindelser

I tunneler med to parallelle tunnellop skal det legges til rette for rømming via gangbare tverrforbindelser mellom tunnellopene. Disse plasseres for hver 250 m.

I tunneler med parallell rømmingstunnel (se 409.2) etableres gangbare tverrforbindelser for hver 500 m.

Gangbare tverrforbindelser bygges med tunnelprofil T4.

For øvrig vises det til kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet".

409.2 Nødutganger og rømmingstunnel

I tunneler som bygges med nødutganger fra tunnelen til det fri (se avsnitt 601), eller rømmingstunnel med tverrforbindelser, skal

avstanden mellom utgangene/tverrforbindelsene ikke overstige 500 m.

Rømmingstunnel bygges med tunnelprofil T5,5. Nødutganger bygges med tunnelprofil T4.

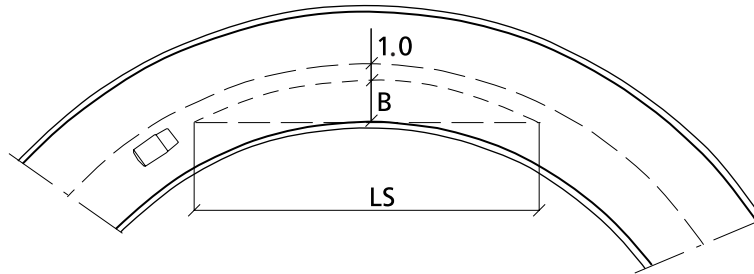
For øvrig vises det til kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet".

410 Enfeltstunneler

I enfeltstunneler med toveistrafikk skal det anlegges møteplasser. Avstanden mellom møteplassene bør være 250 m, men aldri lengre enn at bilfører kan se fra en møteplass til den neste. Møteplasser utformes som havarinisjer, se figur 4.12.

411 Gang- og sykkeltrafikk

På veg med adskilt gang- og sykkelveg føres adskillelsesprinsippet gjennom / forbi tunnelen med egen tunnel, med egen trasé i dagen eller gang-/sykkelveg skilt fra biltrafikken



Figur 4.17 Siktlinje i tunnel

med betongrekkverk. Gang- og sykkeltrafikk i tunneler uten rekkverk mot biltrafikken skal godkjennes av Vegdirektoratet når tunnelen er lengre enn 500 m. Gang- og sykkeltrafikk i tunneler lengre enn 4 km skal godkjennes av Vegdirektoratet. Det stilles spesielle krav til belysning og ventilasjon, kfr. kapittel 10 "Tekniske anlegg".

Gang- og sykkelveg skilt fra biltrafikken med rekkverk skal ha fri høyde minimum 3,0 m og bredde minimum 3,0 m mellom rekkverk og tunnelvegg.

Tunnelprofil T11,5 gir rom for gang- og sykkelbane, adskilt fra biltrafikk med betongrekkverk, sammen med en tofelts kjøreveg i tunnelklasse B (figur 4.16).

Der separat gang- og sykkelveg føres i egen tunnel, brukes tunnelprofil T4.

412 Linjeføring

412.1 Generelt

Kravene til linjeføring i tunneler avviker fra veg i dagen på grunn av spesielle kjøreforhold.

I stamvegnormalen brukes en annen linjeføringsteori som kan gi enkelte avvik i forhold

til det som er beskrevet nedenfor. Både nedenforstående og stamvegnormalen kan benyttes ved dimensjonering.

Det samme antall kjørefelt skal opprettholdes inne i og utenfor tunnelen. Enhver endring i antall kjørefelt skal forekomme i tilstrekkelig avstand før tunnelportalen, denne avstanden skal være minst den avstand et kjøretøy tilbakelegger på 10 sekunder når det kjører i høyeste tillatte hastighet. Dersom dette ikke er mulig skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten.

412.2 Dimensjonerende hastighet

I tunneler blir minste horisontalkurve bestemt av siktforholdene. Kjøredynamisk kan derfor kurvene trafikkeres med større hastighet enn den dimensjonerende. Dersom tunnelen er lang (> 2,5 km), bør dimensjonerende hastighet settes til minst 80 km/t.

Dersom tunnelen er brattere eller lik 5 % i en lengde av minst 1 km, skal dimensjonerende hastighet settes til minst 80 km/t.

For kortere tunneler og for tunneler i byområder kan det velges en dimensjonerende hastighet som er tilpasset den vegstrekningen tunnelen blir en del av.

Tabell 4.4 Krav til stoppsikt (LS) i meter for ulike stigningsgrader, ÅDT og dimensjonerende hastighet

Dim. hastig km/t	ÅDT(20) 0 - 1 500 stigningsgrad s			ÅDT (20) 1 500 - 4 000 stigningsgrad s			ÅDT(20) > 4 000 stigningsgrad s		
	≥ -8 %	-7 - +7 %	≥ 8 %	≥ -8 %	-7 - +7 %	≥ 8 %	≥ -8 %	-7 - +7 %	≥ 8 %
50	55	49	41	59	57	47	64	54	49
60	72	64	58	79	68	61	88	73	64
70	94	82	74	109	87	77	116	94	82
80	119	102	91	131	109	96	149	119	102
90	146	124	110	164	134	116	189	147	124
100	178	149	131	201	162	139	234	178	149
110	215	177	154	244	193	165	288	215	177
120	255	208	180	293	229	193	350	255	208

Se avsnitt 412.4 for bestemmelse av tillatt maksimum stigningsgrad.

412.3 Horisontalkurvatur / sikt

I hver ende av tunnelen bør det vurderes å legge inn en kurve både for å hindre forbikjøring og unngå at dagslyset i åpningen forverrer synsforholdene for trafikantene. I spesielt lange tunneler (> 6 km) kan det legges inn lange, slake kurver for å bryte monotonien.

Horisontalkurvaturen velges konstant i 2/3 av stoppsikt innenfor og utenfor tunnelåpningen. Det er spesielt viktig å unngå overgang mellom kurve og rettlinje like utenfor tunnelåpningen.

Krav til stoppsikt vil bestemme minste horisontalkurve (se tabell 4.4).

Dersom det er nødvendig/ønskelig med horisontalradius mindre enn at krav til stoppsikt tilfredsstilles, skal bredden utvides i innerkurve.

Sammenhengen mellom horisontalkurveradius (R), stoppsikt (LS) og avstand fra bilførerens øye til tunnelveggen (B) er gitt ved formelen:

$$R = LS^2 / 8B [m]$$

Se figur 4.17 og tabell 4.4. Jf. også håndbok 265 'Linjeføringsteori' (2006: Tabell 5.4 "Samhørende verdier for avstand 1 m fra vegens senterlinje til sidehinder ved ulike kurveradier og siktkrav").

I toveis tunneler regnes øyepunktet å ligge 1,1 m over kjørebanelen og i en avstand 1 m fra vegens midtlinje.

I venstre kurve i enveistunneler legges øyepunktet 1 m fra kantlinjen.

Krav til breddeutvidelse er som for veg i dagen. Breddeutvidelse tas ensidig uten endring av radius for tunnelveggen.

412.4 Vertikalkurvatur

Mer enn 5 % stigning skal ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig. Det er spesielt gjort unntak for undersjøiske tunneler.

I tunneler med stigning mer enn 3 % skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten på grunnlag av en risikoanalyse.

Tabell 4.5 Maksimum stigningsgrad for undersjøiske tunneler

ÅDT (20)	Toveis trafikk		Ensrettet trafikk	
	0 - 1 500	> 1 500	< 15 000	> 15 000
Maks. stigning	8 %	7 %	7 %	6 %

For søknad om fravik, se håndbok 269 "Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler".

Tabell 4.5 gir maksimum tillatt stigningsgrad for undersjøiske tunneler og tunneler det gis dispensasjon for.

Tunneler av lokal karakter og med små trafikkmengder, samt bytunneler utenom det overordnede vegnettet, kan bygges med stigning opp til 10 %. Dette skal avklares med Vegdirektoratet i hvert enkelt tilfelle.

ÅDT-verdiene for ensrettet trafikk i tabell 4.5 gjelder begge tunnellop samlet.

ÅDT-verdiene i tabell 4.5 gjelder vegstreknin-ger med en normal trafikkfordeling over året og med en tungtrafikkfordeling over året på 10-15 %.

I bynære områder med typiske morgen- og ettermiddagsrush, hvor tungtrafikkandelen i maksimumstimen er < 7 %, kan ÅDT-verdiene i tabell 4.5 økes med 25 %.

412.5 Forbikjøringsmuligheter

I henhold til vegnormalenes generelle krav til forbikjøringsmuligheter pr. 5 km veg, vil det ofte være aktuelt å legge til rette for forbikjøring i tunnel. Forbikjøringsmuligheter sikres ved å sørge for at sikten er tilstrekkelig eller ved å anlegge ekstra kjørefelt. Behovet for forbikjøringsfelt vurderes på grunnlag av kapasitetsberegning.

I tunneler med toveisrafikk og med stigning \geq 5 % (se avsnitt 412.4) over en lengde større enn 1 km, skal et eget forbikjøringsfelt anlegges når ÅDT(20) er større enn 2 500. Feltet begynner senest der hastighetsdifferansen mellom tungt og lett kjøretøy blir 15 km/t eller større, og bør være minst 1 km langt.

I tunneler hvor forbikjøringsmuligheter skal sikres med tilstrekkelig sikt, bør det tilstreb-ås å benytte rettlinjer fremfor lange kurver med store radier. Dette gjelder også for tunneler med forbikjøringsfelt i lange stigninger for å gi muligheter til forbikjøring for trafikken i retningen med kun ett felt (nedover). Det stilles strenge krav for å åpne for slik forbikjøring, jf. håndbok 049.

412.6 Vertikalkurveradius

Anbefalt vertikalkurveradius i forhold til dimensjonerende hastighet er vist i tabell 4.6. I slake lavbrekkskurver vil bilførere ha vansker med å oppfatte overgangen mellom fall og stigning. Dette kan bety ufrivillig hastighetsreduksjon som gir redusert trafikkavvikling og fare for ulykker ved påkjøring bakfra.

Radius i høybrekk dimensjoneres som for veg i dagen i henhold til håndbok 017.

Overgang fra fall til stigning kan markeres med fareskilt nr. 104 "Bratt bakke", eller med horisontal merking på tunnelveggen.

Tabell 4.6 Minste tillatte vertikalkradius (m) i lavbrekk

Dimensjonerende hastighet (km/t)	30	40	50	60	70	80	90	100
H1, S1	240	420	650	930	1270	1650	2090	2580
H2, S2	140	250	390	560	760	990	1250	1550
H3, S3, A1	100	180	280	400	550	710	900	1110

413 Kryss i forbindelse med tunneler

413.1 Kryss utenfor tunnelåpningen

Når vegen gjennom tunnelen er forkjøringsveg, bør vanlige plankryss (X-kryss og T-kryss) ikke anlegges nærmere tunnelåpningen enn 2 x stoppsikt (LS). Ved gode siktforhold og tilfredsstillende forvarsel av krysset kan avstanden reduseres noe men ikke under 1,5 x stoppsikt.

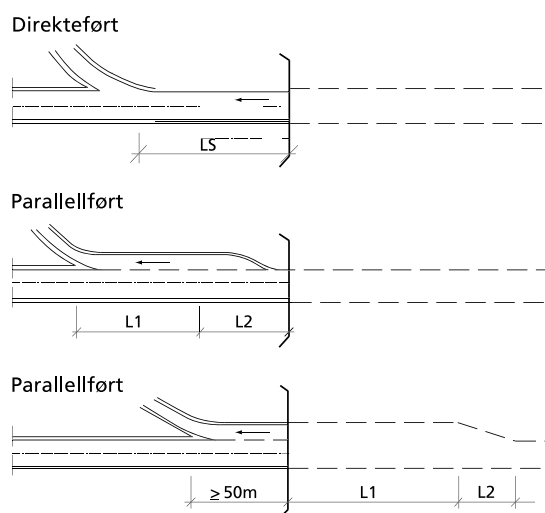
Når trafikken fra tunnelen er vikeplikts- eller signalregulert, skal avstanden fra tunnelåpning til vikepliktlinje, stopplinje eller gangfelt ikke være mindre enn stoppsikt, beregnet ut fra hastighetsnivå ved utkjøring av tunnelen. Ved tunneler i bystrøk med hastighetsnivå 50 km/t eller lavere kan denne avstanden reduseres dersom det sørges for tilfredsstillende sikt til trafikkøyer, skilt, lyssignaler og andre trafikanter. Rundkjøringer kan legges nær tunnelåpningen dersom hastighetsnivået er lavt og sentraløyen kan ses i god tid før utkjøring. Hvis rundkjøring ligger nærmere tunnelåpningen enn 2 x LS bør vikeplikten varsles med tosidig skilt i tunnelen.

Når kryss plasseres utenfor tunnelåpningen, skal det legges spesiell vekt på å unngå blanding fra sol ved utkjøring fra tunnelen.

I toplankryss ved tunnelåpning skal ingen feltlengder være kortere enn angitt i håndbok 017. Påkjøringsramper skal være avsluttet før tunnelåpning.

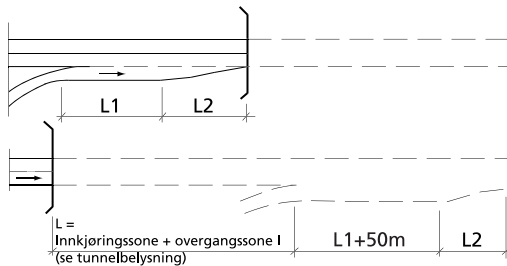
Direkteført avkjøringsrampe skal ikke starte nærmere tunnelåpning enn stoppsikt (figur 4.20). Parallellført retardasjonsfelt kan starte med overgangsstrekning ved tunnelåpningen, men kan også i sin helhet legges inn i tunnelen. I så fall må det legges inn en ekstra lengde på 50 m utenfor tunnelen. Ved slikt hastighetsendringsfelt inn i tunnelen skal det benyttes vegvisningsskilt over kjørebanelen.

Figur 4.18 Krav til lengde på retardasjonsfelt ved tunnelåpning. Verdier for LS er gitt i tabell 4.4



Dim. hastighet km/t	70 - 80	90 - 100
L1	70 m	90 m
L2	30 m	50 m

Figur 4.19 Krav til lengde på akselerasjonsfelt ved tunnelåpning og i tunnel



Dim. hastighet km/t	60	70	80	90 - 100
L1	80 m	110 m	140 m	175 m
L2	30 m	50 m	50 m	50 m

413.2 Kryss i tunnel

413.21 Generelt

Kryss i tunnel skal unngås, og unntak skal alltid godkjennes av Vegdirektoratet i en tidlig planfase.

Hvis kryss i tunnel er nødvendig for å oppnå en tilfredsstillende løsning, er det i det følgende gitt en del generelle føringer.

Før det gis tillatelse til kryss i tunnel, skal det gjennomføres bergmekaniske vurderinger for å klarlegge om nødvendige breddeutvidelser er mulige.

Av lystekniske årsaker skal ingen del av vegkryss i tunnel plasseres nærmere tunnelåpning enn en lengde tilsvarende belysningskravenes inngangssone + overgangssone I (se figur 4.19). En avkjøringsrampe kan imidlertid tas ut i overgangssonene dersom retardasjonsfeltet starter minst 100 m før tunnelåpning. I kryssområdet og på strekninger med mye kjørefeltskifte i forbindelse med kryss, skal det være et midlere luminansnivå på minimum 3 cd/m².

Ventilasjonsforholdene i tunnelen kompliseres av kryss. Det er derfor viktig å vurdere strømningstekniske forhold og ventilasjonsopplegget allerede i en tidlig planfase.

Av sikkerhetsmessige grunner skal kryss i tunnel dimensjoneres for høyere trafikkmengder enn tilsvarende for kryss i dagen. Forholdet dimensjonerende trafikk / beregnet kapasitet (v/k) skal ikke overstige 0,75 i maksimalt belastet time.

X-kryss eller signalregulerte kryss skal ikke benyttes i tunnel.

Splitter i tunnel skal beskyttes med støtpute, se avsnitt 405.

413.22 Rundkjøring

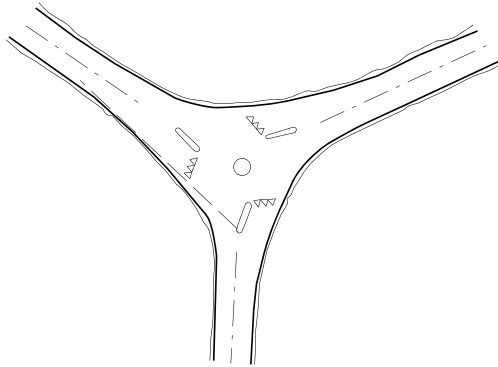
Rundkjøring i tunnel kan anvendes i by- og tettstedsområder hvor hastighetsnivået (definert som 85 % fraktilen) i tunnelen ikke er høyere enn 60 km/t. Det kan anvendes 3-armet minirundkjøring eller større rundkjøring med 3 eller 4 armer og oppbygget sentraløy (figur 4.20 og 4.21).

Minirundkjøring er primært aktuelt på lokale vegger med ÅDT(20) opp til ca. 5 000.

3-armet minirundkjøring forutsetter 120 graders vinkel mellom vegarmene, og oppmerket sentraløy med 1,5 m diameter. Med disse forutsetningene vil frisiktsonen (10 x 50 m) falle sammen med breddeutvidelsen inn mot krysset.

Mellomstor og stor rundkjøring kan utformes med pilar av berg eller betong i sentraløyen.

Størrelsen på pilaren avhenger av de bergtekniske forhold. Rundt pilaren skal det være et frisiktareal med en bredde på ca. 4,0 m. Bredden på kjørearealet i rundkjøringen bør



Figur 4.20 3-armet minirundkjøring

være 8-10 m. Ved 3-armet rundkjøring med ca. 120 graders vinkel mellom armene kan diameteren reduseres noe.

Krav til fri sikt skal være at det fra et punkt 10 m bak vikelinjen i hver tilfart er fri sikt på 50 m til venstre langs sirkulasjonsarealet og inn i foregående tilfart (figur 4.20 og 4.21).

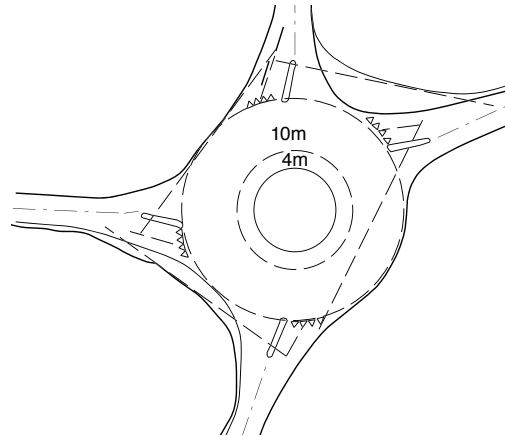
413.23 Av- og påkjøringsramper – toplankryss

Avkjøringsrampe med liten trafikk kan utformes som direkteført rampe med overgang til kurve med $R > 50$ m. Ved mindre kurveradius eller store trafikkmengder bør parallellførte felt for hastighetsreduksjon benyttes.

Påkjøringsrampe skal avsluttes med parallellført felt for hastighetsøkning. Dette feltet skal være minst 50 m lengre enn tilsvarende felt på veg i dagen, fordi siktforholdene fra rampen er dårligere ved kryss i tunnel.

Ramper i tunnel skal gis en breddeutvidelse i innerkurve for å tilfredsstille kravene til friskt i kurve. Om mulig bør ramper ikke ha krappere kurver enn $R = 50$ m.

Ved planlegging av toplankryss i tunnel skal det legges stor vekt på å finne løsninger som



Figur 4.21 Stor rundkjøring, 3- eller 4-armet

reducerer behovet for feltsskifte (veksling) inne i tunnelen.

Dersom påkjøringsramper har større trafikk enn ca. 1200 kjt/time i dimensjonerende time, bør det vurderes om rampen bør føres videre som eget felt. Eget felt for avkjørende trafikk bør vurderes dersom det er stor fare for kødannelse på avkjøringsrampen.

Der trafikken på gjennomgående felt og ramper i tunnel er så stor at det ofte kan ventes kødannelser, bør tilfartskontroll vurderes for å få kødannelser foran tunnelen i stedet for inne i tunnelen.

413.24 T-kryss

T-kryss bør ikke anvendes i tunnel, men kan unntaksvis anlegges ved lave trafikkmengder, ÅDT(20) lavere enn 500 på hovedveg, og ÅDT(20) på kryssende sideveg lavere enn 100. Utforming vurderes spesielt.

414 Utstyr, trafikkskilt og vegoppmerking

414.1 Generelt

Det skal utarbeides en detaljert skiltplan for tunnelen. Skiltplanen skal utarbeides tidlig i prosjekteringsfasen da den er vesentlig for

utforming av tunnelen og kan være styrende for viktige byggetekniske forhold i tunnelen.

Detaljerte regler for anvendelse av trafikkskilt og vegoppmerking er gitt i håndbok 050 "Trafikkskilt" og håndbok 049 "Vegoppmerking". Skilt og oppmerking i og utenfor tunnel skal følge håndbøkene. Noen skilt og enkelte typer oppmerking krever vedtak. I håndbøkene er det angitt hvilke det gjelder og hvem som er vedtaksmyndighet.

Skilting i forbindelse med regulering og overvåkningsutstyr som kommer i tillegg til ordinær trafikkskilting, er beskrevet i kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet".

414.2 Utstyr og trafikkskilt utenfor tunnel

Av trafikksikkerhetshensyn skal skilting nær tunnelåpningen reduseres til et minimum. Skiltingen vurderes for hver enkelt tunnel. Noe av sikkerhetsutrustningen i tunneler medfører et skiltbehov.

Skilt 727.4 "Tunnelnavnskilt" kan anvendes for tunneler lengre enn ca. 200 m, og skal settes opp for tunneler med lengde 500 m eller mer. Skiltet skal angi tunnelens lengde, og kan vise tunnelens navn. Skiltet plasseres 100 - 300 m foran tunnelåpningen, og minst 50 m foran andre skilt eller signaler for tunnelen. Skiltet skal ikke kombineres med andre skilt.

Når skilt 727.4 ikke anvendes, kan tunnel varsles med fareskilt 122 "Tunnel" dersom tunnelen er lite synlig og derfor kommer overraskende på trafikanten. Skilt 122 kan kombineres med underskilt 802 "Avstand" men skal ikke kombineres med underskilt som viser tunnellengde.

Forbudsskilt 314 "Høydegrense" benyttes bare for tunneler med målt fri høyde lik eller mindre enn 4,59 m. Forbudsskiltene 334 "Forbikjøringsforbud", 335 "Forbikjøringsforbud for lastebil" og 306.8 "Forbudt for gående og syklende" benyttes der det er nødvendig med slike forbud på grunn

av kurvatur eller andre spesielle forhold. Det stilles krav til tverrprofil, lys og luftkvalitet i tunneler som skal brukes av fotgjengere og syklist.

Informasjonsskilt 601 "Radiokanal" skal benyttes i alle tunneler med innlagt radiokommunikasjon. Det skal bare skiltes med frekvensen for NrK P1. Skiltet skal ikke kombineres med andre skilt.

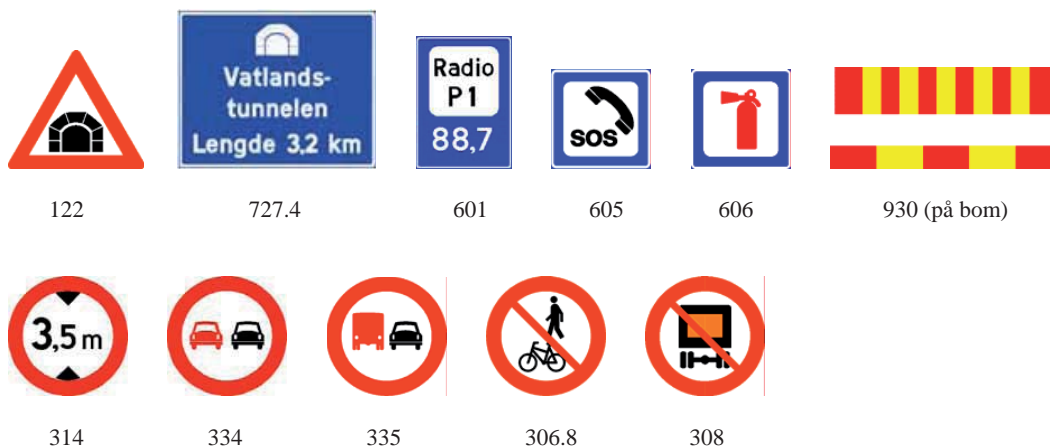
Signal nr. 1094 "Rødt stoppblinksignal" (se avsnitt 602.207 og håndbok 048 "Trafikksignalanlegg") utstyres med underskilt 808. Det skal ikke plasseres andre skilt på stolpen for rødt stoppblinksignal.

Bommer skal ha påmontert skilt 930 "Sperremarkering", eller ha utforming som dette skiltet i fargene rødt og gult. Se også avsnitt 602.208 "Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel". Bommer bør plasseres minimum 50 m fra tunnelåpning for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc.

Nødtelefon og brannslukkere (jf. kapittel 6) plasseres utenfor hver tunnelmunning. Plassering tilpasses den enkelte tunnel, men det vil være naturlig å samle nødstyreskap, nødtelefon, brannslukker, etc. på samme sted, det vil si i en avstand ca. 50 m fra tunnelåpningen.

Minimumsavstander mellom skilt som er gitt i håndbok 050 "Trafikkskilt" skal overholdes også inn mot tunnelportal. Håndboken gir også detaljerte bestemmelser om hvilke skilt som kan plasseres på samme stolpe/mast og maksimalt antall skilt per stolpe.

Det skal vurderes om skilt som er knyttet til tunnel og vanligvis plasseres nær tunnelinn- gang, heller bør plasseres ved siste snumulighet eller vegkryss før tunnelen. Eksempel på slike skilt og signaler er 314 "Høydegrense" kombinert med underskilt 802 "Avstand", samt signal nr. 1094 "Rødt stoppblinksignal" med tilhørende underskilt og bommer.



Figur 4.22 Aktuelle skilt utenfor tunnel

414.3 Trafikkskilt i tunnel

Antall trafikkskilt inne i tunnelen skal holdes på et minimum. Det gjelder spesielt plasskrevende skilt fordi tunnelprofilen gir begrenset plass til skilting. Kryss umiddelbart etter tunnel medfører mange skilt og bør vurderes nøye.

Alle skilt i tunnel skal være godt synlige. Dette oppnås enten ved innvendig eller utvendig belysning.

Skilting i tunnel avviker ikke fra tilsvarende skilting utenfor tunnel. Trafikkregulerende skilt, fare-, opplysnings-, markerings- og vegvisningsskilt skal derfor vurderes på samme måte som for veg i dagen. I det følgende er noen skilt som er spesielt aktuelle inne i tunnel omtalt, se figur 4.23.

Serviceskilt 601 "Radiokanal" settes opp utenfor tunnelen som beskrevet i 414.2. Der hvor Statens vegvesen eller redningsetatene kan bryte inn med melding til trafikantene, skal skiltet gjentas inne i tunnelen for hver 500 m. Skiltet skal da kombineres med gult varselblinkanlegg som aktiveres når melding blir sendt (se tabell 6.1, kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet"). Teksten på skiltet skal vise til radiokanal Nr. P1 selv om melding også gis på andre kanaler.

Alle nødtelefoner varsles med serviceskilt 605 "Nødtelefon". Alle brannslukkere varsles med serviceskilt 606 "Brannslukningsapparat". Skiltene skal være tosidig eller det settes opp ett skilt for hver kjøreretning.



Figur 4.23 Aktuelle skilt i tunnel

Figur 4.23 Aktuelle skilt i tunnel

Skilt 916 "Avstandsmarkering i tunnel" viser avstand til tunnelåpning i begge retninger. Skiltet skal monteres i tunneler lengre enn 3 000 m, og gjenværende tunnellengde skal være angitt hver 1 000. m.

Havarinisjer skal merkes med skilt 555 "Havarilomme". Havarinisjer med nødstoppsjon skal merkes med skilt 555-600.21 (se figur 4.23).

Snunisjer merkes med egne snuskilt med stoppblinksignal. Dette skal godkjennes av Vegdirektoratet. Ved fjerning av brannsløkker blir alle skilt automatisk slått på i retning innover mot stengningspunktet. I retning utover mot åpningene er alle skilt avslått.

For merking av nødutganger se avsnitt 602.203 "Nødutgangsskilt".

Enkelte innvendig belyste skilt inne i tunnel kan ha redusert størrelse i forhold til skilt i dagen. Dette gjelder trekantete og sirkelformede skilt der en for størrelsene MS (middels størrelse, hhv. 900 og 800 mm) og SS (stor størrelse, hhv. 1200 og 1000 mm) kan gå ned en størrelse. Det gjelder også opplysningsskilt 530-538, som kan reduseres med opptil 30 %, og serviceskiltene 605 og 606 som kan ha bredde 440 mm. For overhengende kjørefeltskilt 709 og 719 kan som minimum teksthøyde 210 mm benyttes. Se håndbok 050 "Trafikkskilt" for detaljer.

Skilt bør tilstrebes en mest mulig lik plassering i tunnel som på veg i dagen. Vegvisningsskilt er plasskrevende og er vanligvis mest gunstig å plassere over kjørebanelen i tunnel. Overhengende skilts virkning på ventilasjonsanlegg og belysning skal vurderes spesielt. Det er vanligvis ikke plass til mer enn én eller to tekstlinjer på vegvisningsskilt over kjørebanelen. Antall visningsmål skal derfor reduseres til et minimum. Sideplasserte skilt som er for

store i forhold til tunnelprofilen kan plasseres i havarinisjer. Fri høyde under sideplasserte skilt bør være minimum 2,0 m, se avsnitt 403 "Tunnelprofiler".

Se for øvrig kapittel 6 "Trafikk- og brann-sikkerhet".

414.4 Vegoppmerking og visuell føring

Det skal brukes kantlinjer til avgrensning av kjørebanelen mot vegkanten.

I toveistunneler skal de to kjøreretningene være atskilt langs midtlinjen (enkelt- eller dobbelt linje) med lett synlige midler.

Kantlinjer og midtlinjeoppmerking i tunneler skal utføres som profilerte. Se retningslinjer for bruk av profilert vegoppmerking. Vegbanereflektorer bør vurderes, spesielt ved lavt belysningsnivå. Vanligvis skal profilert oppmerking og vegbanereflektorer i tunnel føres minst 100 m ut av tunnelen. For øvrig utføres oppmerking som for veg i dagen, se håndbok 049 "Vegoppmerking".

I tunneler med lavt belysningsnivå og vanskelig kurvatur kan skilt 914 "Tunnelmarkering" brukes for å bedre den visuelle føringen, se håndbok 050 "Trafikkskilt" Del 2.

5 Estetikk og kjøreopplevelse

501 Overordnede mål

Som regel er tunneler en del av et mer omfattende veganlegg som igjen er en del av en vegrute. Tunnelprosjekter skal planlegges som en sekvens av vegruten den inngår i. Lengre tunneler deles inn i flere sekvenser.

Kjøreopplevelsen i bil består av bevegelse og rom som blir opplevd i en kontinuerlig rekke sekvenser. Tunnelprosjekter skal lokaliseres og utformes slik at:

- reisen blir en sammenhengende og positiv opplevelse
- dagsonene får en god landskapsarkitektonisk utforming i forhold til omgivelsene.

Lengre tunneler skal i tillegg:

- opprettholde kontinuiteten i reiseopplevelsen
- være oversiktlige og gi mulighet for å orientere seg, f.eks. gi opplysninger om hvor langt man har kjørt og hvor langt man har igjen
- gi den vegfarende mulighet til å lokalisere seg i forhold til hovedfenomenene i det landskapet tunnelen går gjennom
- gi en forståelse av eller kunnskap om området den går gjennom
- ha kontraster med gode overganger samt rytme og balanse i linjeføringen
- bestå av flere delmål.

Tunneler kan utformes som en opplevelsessti over et tema. Ulike tunneler bør ha ulike tema. Reisen kan være som å lese en fascinerende bok hvor tunnelen for eksempel forteller historien til området den går gjennom.

502 Dagsonene

502.1 Generelt

Dagsonen omfatter hele området som blir

berørt ved etablering av påhugg. Det vil si forskjæring i jord/berg, vegetasjon, påhugg, portaler, murer mv. Dagsonen skal lokaliseres og utformes som en del av omgivelsene, og slik at den inngår som en positiv del av kjøreopplevelsen.

Stort sett gjelder de samme prinsipper for lokalisering og utforming av dagsoner som for veg i dagen. Det som skiller dagsonen fra veg i dagen er at forskjæringene, tunnelpåhugget og portalene ofte vil medføre vesentlig større landskapsinngrep enn veg i dagen. Dette stiller spesielt store krav til både lokalisering og utforming av dagsonen.

Tunnelpåhugget skal lokaliseres slik at dagsonene gir minst mulig inngrep i terrenget. Sår i landskapet som følge av uheldig lokalisering skal rettes opp med nødvendige tiltak. Visuelle kontraster som er skjemmende bør ikke forekomme.

Dagsonene kan lokaliseres og utformes på to prinsipielt ulike måter. Anleggene kan:

- gis en formmessig forankring i eksisterende landskapsform
- fremstå som en positiv visuell kontrast til landskapsformen.

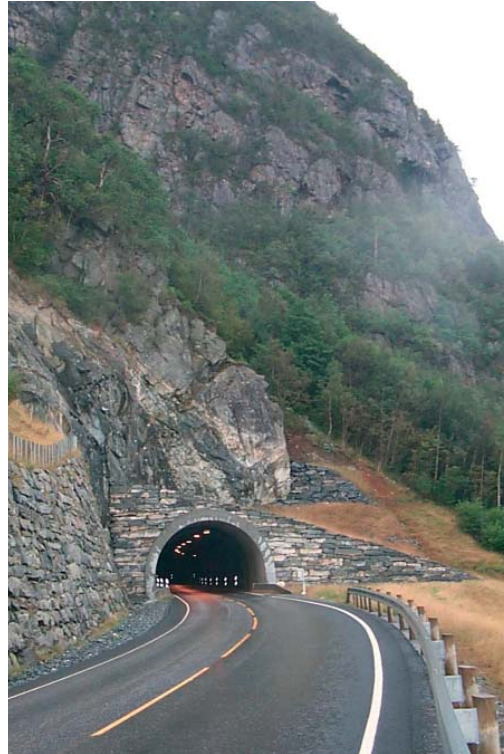
Positiv kontrast vil i de fleste tilfeller si at dagsoneanlegget behandles og utformes ut fra en formmessig idé som spiller opp mot det overordnede landskapsrommet på en positiv måte uten at dagsoneanlegget underordnes formmessig eller forsøkes gjemt bort. Et slikt byggverk/terrengform bør ha:

- god utforming
- god håndverksmessig utførelse
- materialer som gir tidløs kvalitet.

Slyngpartiet til Vinhellavegen (figur 5.1) og tunnel på riksveg 15 (figur 5.2) er eksempler på selvstendige byggverk som visuelt inngår på en



Figur 5.1 Vinhellavegen (Foto: Ingerlise Amundsen)



Figur 5.2 Riksveg 15 (Foto: Astrid Taklo)

positiv måte i det store landskapsrommet. Her er byggverkene godt utformet med materialer og håndverk som gir en tidløs kvalitet.

502.2 Lokalisering

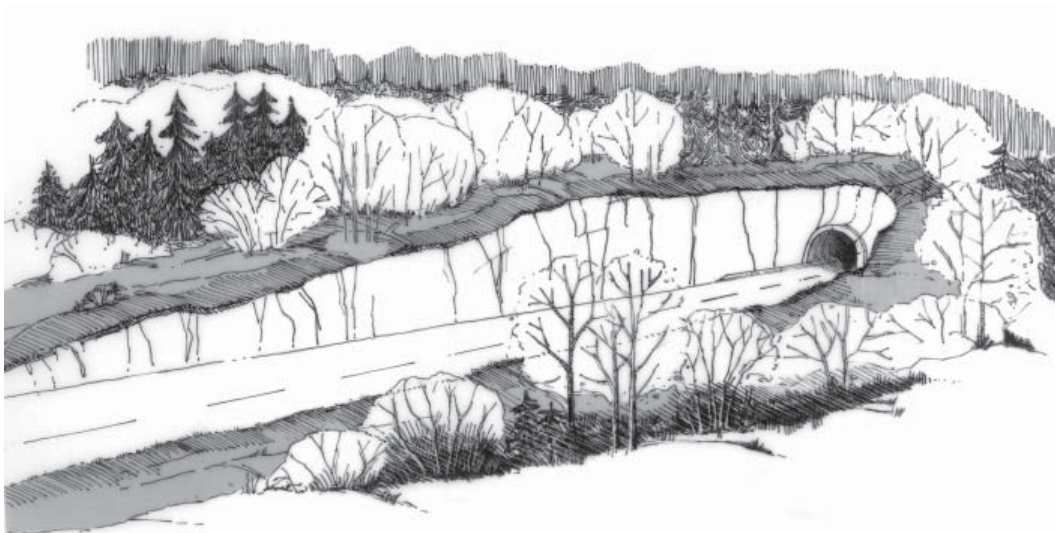
Dagsonen skal i størst mulig grad lokaliseres til de naturlige dragene i landskapet, og påhuggsområdet lokaliseres til en bratt bergskrent. Terreng som skifter relativt brått fra slakt til bratt er best egnet. Slake terrengformasjoner bør unngås fordi lange forskjæringer vil gi store sår i landskapet (figur 5.3). Det er svært kostnadskrevende å støpe lange portaler, slake av sideterreng (figur 5.4) eller gjøre andre tiltak for å sette området i stand.

- Såfremt det er mulig skal tunnelpåhugget lokaliseres slik at:
- retningen på dagsonen følger retningen på landskapsformen

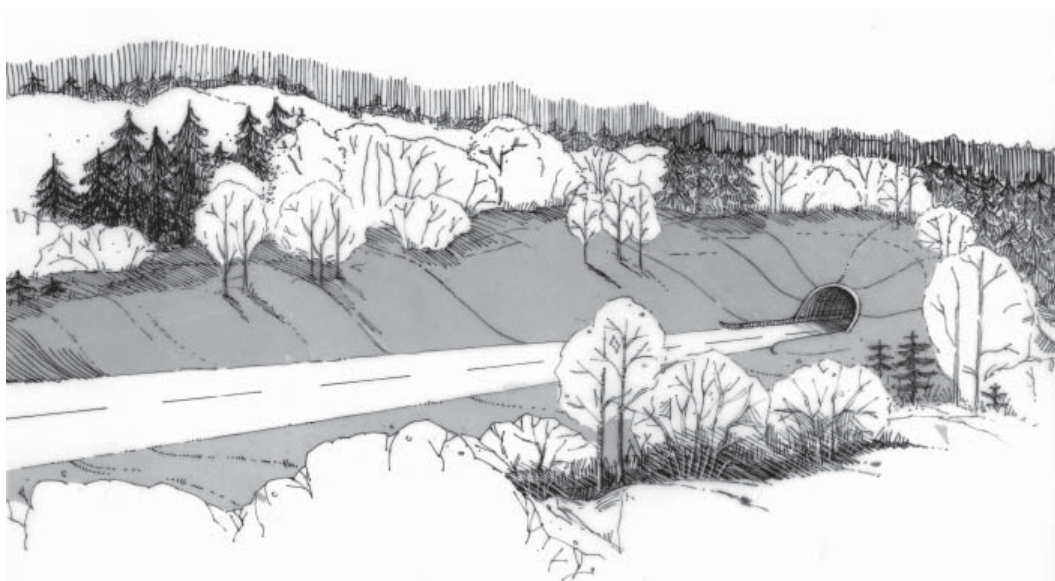
- vegen kommer vinkelrett inn mot den naturlige bergoverflaten i påhuggsområdet
- forskjæringer i jord/berg blir minst mulig.

Lange forskjæringer i dalsider bør i unngås fordi de som regel vil ligge svært eksponert. For anlegg som må ligge i dalsider skal fjernvirkningen vurderes spesielt.

I byer og tettsteder bør det tilstrebes å lokalisere dagsonene til områder som ikke har visuell kontakt med den tette og middels tette bebyggelsen. Der dette ikke er mulig, må lokaliseringen ta utgangspunkt i eksisterende bebyggelse og gatestruktur, slik at portalområdet bryter minst mulig med denne strukturen. I tettbebyggelse bør dagsonene begrenses i størst mulig grad.



Figur 5.3 Dagsone i terreng med slak helling. Forskjæringene blir lange og dype, og gir en lite positiv opplevelse av inngangen til tunnelen. Ill.: Ingeborg Langeland Degnes.



Figur 5.4 Dagsone i terreng med slak helling. For å unngå sjaktfølelsen ved innkjøringen til tunnelen, er terrenget sterkt bearbeidet. Ill.: Ingeborg Langeland Degnes.

502.3 Utforming

502.31 Terreng og bygningsmessige konstruksjoner

Dagsonen inklusive tunnelportalen skal utformes med utgangspunkt i omgivelsenes karakter. Det vil si at den gis en formmessig forankring i eksisterende landskapsform. I de tilfellene prinsippet visuell kontrast velges, skal denne kontrasten gi en positiv visuell opplevelse. Terreng og/eller bygningsmessige konstruksjoner som portalavslutninger og lignende skal være bevisst formet ut fra en formmessig idé som kan fremstå som et positivt bidrag til landskapsbildet.

I landskapstyper hvor dagsonen må ligge i en dalside stilles det spesielle krav til utforming av denne sonen. I mange tilfeller vil utforming som gir en formmessig positiv kontrast være aktuell i slike situasjoner.

Når dagsonene skal gis en forankring i landskapsformen skal den i størst mulig grad se ut som en naturlig del av landskapet. Utformingen skal omfatte:

- plassering av påhugg
- lengden på portalen
- sidearealene inn mot portalåpningen
- portalbygget.

Tunnelen bør ikke begynne i en vertikalkurve.

Som regel bør et tidligst mulig påhugg tilstrebes. I mange tilfeller vil dette kreve spesielle sikrings tiltak. Sidearealene inn mot portalåpningen skal gis et mest mulig rolig og harmonisk uttrykk. I større trafikklanskap kan terrengformer og beplantning brukes til å dele landskapet inn i mindre landskapsrom.

Terrengformingen skal i størst mulig grad:

- gi dagsoneanlegget et åpent preg
- begrense synlige bergskjæringer.

En god lokalisering i terreng som skifter relativt brått fra slakt til bratt gir best mulighet for en

god terrengforming og et landskapsarkitektonisk godt resultat.

Dagsonene i relativt slakt terreng krever ofte en mer omfattende bearbeiding for at kjøreopplevelsen skal bli god.

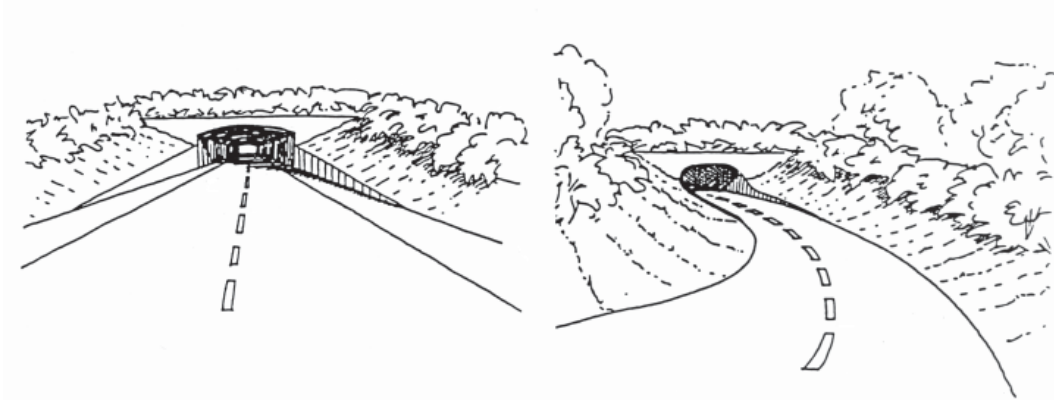
502.32 Eksisterende og ny vegetasjon

Ved etablering av tunnelpåhugg skal bevaring av eksisterende vegetasjon vektlegges spesielt. Vegetasjonsområdene bør sikres slik at den enkelte grunneier ikke kan felle trær som er av visuell betydning for portalområdet. Dette kan gjøres enten ved hjelp av grunnergerv eller skriftlig avtale med grunneier.

I tillegg skal behovet for ny vegetasjon vurderes. Ny vegetasjon skal etableres slik at den inngår som en naturlig del av landskapet for øvrig. Som regel skal ny vegetasjon bygge videre på det eksisterende overordnede vegetasjonsmønsteret. I tillegg kan solitærtrær eller treklynger brukes som enkeltelementer. Denne vegetasjonen skal gi trafikanten en ekstra opplevelse på turen. Forøvrig er det gitt generelle prinsipper for etablering av vegetasjon i håndbok 017.

Vegetasjon er spesielt viktig i portalområdene, fordi den kan bidra til å dempe og innordne inngrepet i resten av landskapet (figur 5.5). Bevisst bruk av vegetasjon kan dempe noe av inntrykket av skjemmende teknisk utstyr i dagsonen. I dagsoner med mye skilt og utstyr kan vegetasjonen dempe inntrykket av visuelt kaos. Vegetasjon kan for eksempel brukes som bakgrunn for skilt og annet utstyr.

Vegetasjonen i området skal planlegges både på kort og lang sikt. Før eksisterende vegetasjon hogges kan det for eksempel etableres nye vegetasjonsområder som etter hvert tar over for den eksisterende.



Figur 5.5 Utforming av tunnelportal med beplantning. Eksempler

Ved tunnelåpninger vil det ofte være trekk og urolig luft. Det skal derfor velges arter tilpasset det spesielle lokalmiljøet.

502.33 Tunnelportal og andre konstruksjoner

Den praktiske funksjonen til en tunnelportal er å skjerme vegen mot nedfall av stein og blokker, samt sikre mot snø, is og vann. I prinsippet kan tunneler bygges uten betongportaler der berget er tørt og stabilt og overflatevannet ikke vil skape problemer.

Den estetiske funksjonen til en tunnelportal er å formidle overgangen fra landskapsrommet til tunnelrommet. Formen på portalen må harmonere både med landskapets linjer og med tunnelprofilen. I naturlandskapet vil en myk form som regel være riktig. En portal som heller bakover og er formet som en trakt gir inntrykk av en romslig tunnel. Portalen må utformes slik at hensynet både til estetikk og trafikksikkerhet er ivaretatt. Som hovedregel skal portalen gis en form som i seg selv gjør rekkverk unødvendig både innenfor og utenfor tunnelåpningen.

Innkjøringen til tunnelen skal være utformet slik at større kjøretøyer ikke kan komme i fysisk kontakt med tunnelen innvendig. Dette utføres

ved en overgangssone mellom standarden på veg i dagen og standarden på veg i tunnel. Overgangssonen skal være 100 m lang og være utformet som en gradvis overgang. Overgangssonen skal være avsluttet 100 m før tunnelportalen. Portal med traktform vil også bidra til sikrere overgang.

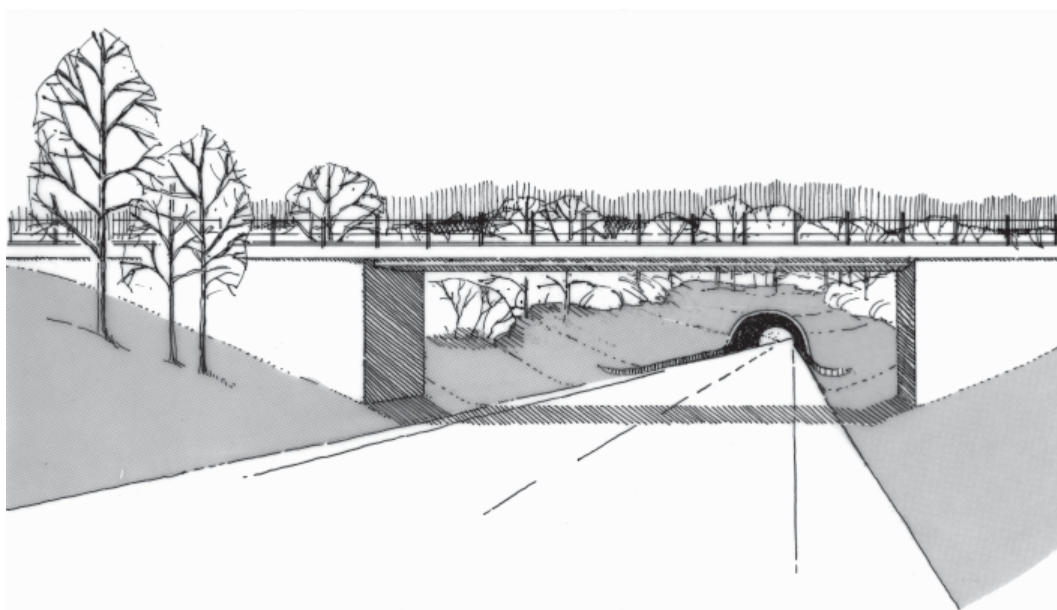
Portalen kan utformes rett eller skrått avskåret. Dette avhenger av terrenget. Skrå avskjæring passer som regel best for portaler som skal overfylles. Portalen gis samme helling som de tilbakefylte massene. Hellingen på massene som tilbakefylles avhenger av terrenget rundt. Godt resultat oppnås lettest dersom hellingen på de tilbakefylte massene stemmer med hellingen på nytt terreng.

Farge kan benyttes for å understreke portalens arkitektur. I naturlandskapet bør fargevalg harmonere med naturens egne farger. I byer og tettbebyggelse vil ofte nærliggende bebyggelse være bestemmende.

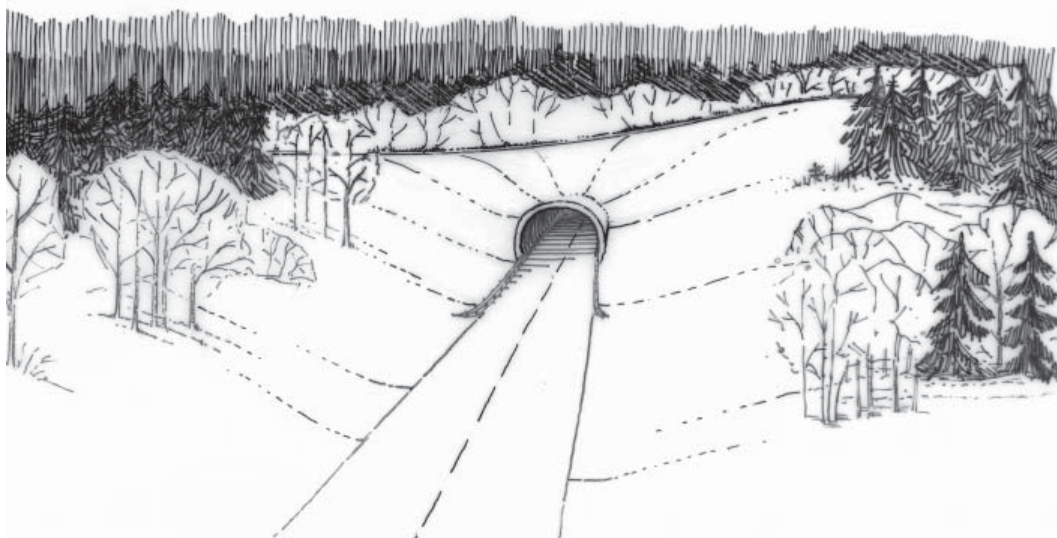
I en bymessig situasjon skal portalen ha en bevisst arkitektonisk utforming som har sammenheng med byrommet for øvrig. Eksisterende og planlagt bebyggelse og konstruksjoner skal være premissgiver for formgivning.

Sidevangene i en nedramping bør ikke legges høyere enn 1 meter over bakken der fotgjengere skal kunne oppleve byrommet. I stedet for å bruke lukkede støpte vanger kan rekkverk som er tilpasset gaterommets arkitektur i form og farge benyttes.

Bruer og andre konstruksjoner foran tunnelen bør unngås (figur 5.6). Hvis dette ikke kan unngås skal det være samsvar mellom formspråket for konstruksjon og tunnelportal. I tillegg skal konstruksjonens retning samsvare med retningen på tunnelportalen.



Figur 5.6 Bru foran tunnelportal vil som oftest føre til et visuelt kaos. Ill.: Ingeborg Langeland Degnes.



Figur 5.7 Eksempel på uheldig løsning med kryssende skrålinje bak portal. Ill.: Ingeborg Langeland Degnes.

Skrålinjer som dannes av kryssende veger bak eller over portalen bør også unngås, se figur 5.7. Dersom en veg må krysse nær tunnelportalen, vil det ofte være bedre å la den gå over portalen enn å la den krysse i bru rett foran portalen. Portalen bør bygges lang nok til at det blir plass til en visuell skjerm mellom portalen og vegen som krysser over. En slik skjerm kan bygges opp ved hjelp av terrengformer eller vegetasjon eller begge deler i samspill.

502.4 Vegutstyr og skilt

I området foran en tunnel blir det som regel mye utstyr. For å unngå et visuelt kaos i disse områdene, skal mengden og størrelsen på skilt og utstyr reduseres mest mulig. Nødvendig skilt og utstyr skal plasseres i god avstand fra portalen. Den siste lysmasten før tunnelportalen bør ikke plasseres nærmere portalen enn halvparten av den normale masteavstanden.

Type og plassering av skilt og vegutstyr skal ses som en helhet og planlegges sammen med utformingen av portalen og portalområdet. Plasseringen av hvert enkelt element skal ses i forhold til øvrig utstyr. Skiltgalger bør unngås foran portaler.

Gult lys (lavtrykk Natrium) som gir dårlig fargegjengivelse bør unngås.

Master for kommunikasjon og kringkasting

Det bør unngås at nye master settes opp. Fiberoptikk skal brukes for å lede signalene til nærmeste mast dersom avstanden ikke er for stor. Dersom ny mast likevel er nødvendig, skal fiberoptikk (som i prinsippet gjør det mulig å plassere masten hvor som helst i rimelig avstand til portalen) benyttes.

Eventuell ny mast (opp til 20 m høy) plasseres ut fra landskapsarkitektoniske prinsipper, og utenfor synsbildet fra vegen. Dette må ses i forhold til

eksponeringen i forhold til omgivelsene. Lokaliseringen ses i forhold til behovet for kabelgrøft mellom mast og portal. Masten kan skjules eller dempes av for eksempel vegetasjon.

Utforming og fargesetting må vurderes. Ved eksponering av masten skal spesialutforming av masten vurderes. Fargen avhenger av omgivelsene, men i de fleste tilfeller skal en mest mulig nøytral farge som demper inntrykket av masten velges. For eksempel vil masten, dersom den ses mot en mørk bakgrunn, dempes bedre med en mørk grønnlig farge enn en lys grå dersom den ikke fargesettes.

Sikringsgjerder og rekkverk

Hvis det i naturlandskapet er nødvendig med gjerde rundt portalområdet, bør dette trekkes så langt unna at det ikke blir visuell kontakt med portalen. Eventuell beplantning og/eller terrengforming kan benyttes som visuell skjerm.

Ved tunnelportal i by og tettbebyggelse kan nødvendig rekkverk bygges som en naturlig del av portalene eller andre bygningskonstruksjoner nær portalen.

Lyssignal, bommer og styreskap

Som annet utstyr bør disse plasseres i noe avstand fra portalen. Lyssignal og bommer bør trekkes så langt bort fra portalen som mulig. Styreskap må av praktiske grunner stå nær portalen. Dette skal inngå i planleggingen av portalen. Portalen kan for eksempel utformes slik at den skjuler styreskapet.

Nødvendige bommer bør slå til siden og ikke oppover. Dette fordi bommene som slår til siden er mindre dominerende enn bommer som slår oppover.

Støyskjermer

Støyforhold utenfor tunnelåpningen er omtalt i kapittel 3 "Hensynet til omgivelsene". Støyskjermer

skal tilpasses portalen og omgivelsene når det gjelder materialbruk, formuttrykk og farge.

503 Tunnelen

503.1 Generelle mål

Tunnelrommet gis en bevisst utforming som utnytter:

- variasjonsmuligheter som gis av interiøret lys til å bryte monotonien
- variasjoner som linjeføring og geometri gir mulighet for.

503.2 Linjeføring

Vegens linjeføring skal i størst mulig grad danne grunnlag for en inndeling av tunnelen i sekvenser og rom som gir en god kjøreopplevelse. En kombinasjon av kurvepunktene i horisontal- og vertikalplanet som gir en markert romoppdeling skal tilstrebes. Lengden på rommene skal:

- ses i sammenheng med kurvens lengde og radius
- tilpasses lengden på inngangssonene, overgangssonene og den indre sonen
- tilpasses hastighetsnivået.

Linjeføringen skal ha en god rytme og lett kontinuerlig flyt. Veglinjen skal ha:

- en horisontalkurvatur som skifterretning
- en linjeføring med kontinuerlig kurve og små konstante og myke forandringer av retningen.

Den vegfarende legger merke til objekter som er rett frem i bilens retning. En kurvet tunnel vil således gjøre at man ser en større del av veggene enn i en rett tunnel.

503.3 Utforming av tunnelrommet

Tunnelrommet planlegges ut fra en formmessig idé som skal gi en annen type opplevelse enn veg i dagen. Utformingen skal være et samspill

mellom vegens linjeføring, belysning, form og farge og/eller overflatebehandling på vegger og tak samt plassering og form på inventaret som skilt og annet utstyr. Form og rytme til skilt og utstyr er spesielt viktig. I lange tunneler kan lyd f.eks. på radioen være med på å understreke sekvensene.

Ved planleggingen av tunnelen skal skilt, lysarmaturer og alt annet teknisk utstyr gjennomgås med vekt på utforming og plassering i tunnelrommet. Skilt og utstyr som må være godt synlig og lett tilgjengelig, skal være en del av den formmessige idéen. Det gjelder nødstasjoner, skap med teknisk utstyr, dører og luker mv. Utstyret skal leveres ferdig lakkert i valgt farge.

Det skal velges belysning med god fargegjengivelse. Spesielt i lange tunneler skal det legges vekt på å bryte monotonien ved å skape variasjon ved hjelp av lys. En løsning kan være å velge spesiell belysning f.eks. ved nisjer.

I tunneler med kledning bør alt teknisk utstyr som ikke er beregnet for publikum som tekniske rom for trafoer og kommunikasjonsutstyrsrom, pumpestasjoner mv. skjules bak kledningen. Hvis disse rommene blir plassert i tunnel med bart berg skal murer og veggflater utføres med egnet materiale. Porter og dører skal imidlertid gis en bevisst utforming og leveres lakkert i valgt farge.

Ved særlig lange tunneler kan det tenkes at tverrsnittet bør varieres noe gjennom tunnelen. Små "berghaller" langs ruta kan være følelsesmessige "pusterom" og bidra til å bryte den rommessige monotonien trafikantene blir utsatt for. Teknisk sett bør dette kunne løses gjennom en bearbeiding av allerede planlagte elementer som havarinisjer, snunisjer, pumpestasjoner mv.

6 Trafikk- og brannsikkerhet

601 Generelt

Sikkerhetsnivået i en tunnel skal være basert på en systematisk vurdering av alle sider ved systemet som utgjøres av infrastrukturen, bruken, trafikantene og kjøretøyene.

Følgende parametre skal tas i betraktning:

- tunnellengde
- antall løp
- antall kjørefelt
- tverrsnittsgeometri
- vertikal og horisontal profil
- konstruksjonstype
- enveis- eller toveistrafikk
- trafikkvolum per løp (herunder fordeling i tid)
- risiko for trafikkork (per døgn eller sesongbestemt)
- atkomsttid for redningstjenestene
- nærvær og prosentandel av tunge lastebiler
- særtrekk ved atkomstveiene
- kjørefeltbredde
- hastighetsaspekter
- geografisk og meteorologisk miljø.

Dersom en tunnel har et spesielt særtrekk når det gjelder ovennevnte parametre, skal det utarbeides en risikoanalyse for å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre et høyt sikkerhetsnivå i tunnelen (jf. håndbok 269 og egen veileder for risikoanalyse). Denne risikoanalysen skal ta hensyn til mulige ulykker, som tydelig berører sikkerheten for trafikantene i tunnelen og som vil kunne inntreffe i løpet av brukstiden, samt arten og størrelsesorden av de mulige konsekvensene av dem.

Sikkerheten mot personskader skal være like god regnet pr. km veg i en tunnel som på vegen utenfor. Sikkerheten mot materielle skader skal velges slik at de totale samfunnsmessige

kostnadene for anlegg, drift og opprettholdelse av sikkerheten blir lavest mulig. Kontroll av at sikkerhetsmålene nås, skal gjøres ved en risikoanalyse.

Tunnelklassene bestemmer kravene til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning i tunneler med lengde over 500 m. Tunnelklassene fremgår av figur 6.1. Se også kapittel 4 "Geometrisk utforming".

For ramper stilles samme krav til sikkerhetsnivå som for hovedtunnelen.

Ved bestemmelse av trafikkvolum i denne sammenheng skal hver motorvogn telles som én enhet. Dersom antall tunge lastebiler over 3,5 tonn overstiger 15 % av den årlige gjennomsnittstrafikken per døgn eller den sesongbestemte trafikken per døgn betydelig overstiger den årlige gjennomsnittstrafikken per døgn, vurderes den ekstra risikoen og tas i betraktning ved å øke tunnelens trafikkvolum.

Prinsippet for evakuering baserer seg på at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy. I tunneler med toveistrafikk skal det legges til rette for at trafikantene skal kunne snu i tunnelen og kjøre ut igjen. Det anlegges snunisjer og havarinisjer som angitt i avsnitt 408.

I utgangspunktet skal tunneler som er lengre enn 500 m og med en trafikkmengde over ÅDT 4 000 bygges med nødutganger hver 500 m. Det kan gjøres unntak for tunneler i tunnelklasse C (tunneler med trafikkvolum opp til 4 000 kjøretøyer per kjørefelt) som er kortere enn 10 km dersom en risikoanalyse viser at samme eller bedre sikkerhetsnivå kan oppnås ved alternative sikkerhetstiltak.

Tunneler i tunnelklasse D (trafikkvolum på > 4 000 kjøretøyer per kjørefelt) og tunneler i

tunnelklasse C som er lengre enn 10 km, skal anlegges med nødutganger / rømmingstunnel (se avsnitt 409).

I tunneler med to parallelle tunnellop skjer rømming via gangbare tverrforbindelser.

For tunneler med to parallelle tunnellop skal midtdelen foran portalene tilrettelegges slik at redningstjenestene gis atkomst til hvert løp, der dette er geografisk mulig.

601.1 Eksisterende tunneler

Ved sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler, skal de deler som oppgraderes følge de samme krav som gjelder for sikkerhetsutrustning iht tabell 6.1 for nye tunneler.

602 Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning

Kravene gjelder for alle tunneler på riksvegnettet med lengde over 500 m.

602.1 Sikkerhetstiltak og -utrustning for de ulike tunnelklasser

Tiltakene som er fastsatt her skal iverksettes som et minimum for å sikre et sikkerhetsnivå i alle tunneler på riksvegnettet. Begrensede unntak fra disse kravene kan tillates, forutsatt at framgangsmåte for søknad om dispensasjon som er beskrevet i håndbok 269 "Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler" er overholdt.



Figur 6.1 Tunnelklasser (tilsvarer figur 4.1)

Tabell 6.1 Tiltak for å sikre minimum sikkerhetsnivå i tunneler

● 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 rømmings-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 rømmings-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 stoppblinksignal	○	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.206. Klasse A: krav for tunneler > 1km
Fjernstyrte bommer 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

I tabell 6.1 er det angitt hvilke krav som stilles for å oppnå minimum sikkerhetsnivå i de ulike tunnelklasser.

En fylt sirkel betyr at tiltak skal etableres.

En åpen sirkel betyr at tiltaket skal vurderes. Utstyret skal normalt bare installeres dersom det er spesielle forhold som gjør dette nødvendig, eller merknadsrubrikken angir spesielle forutsetninger.

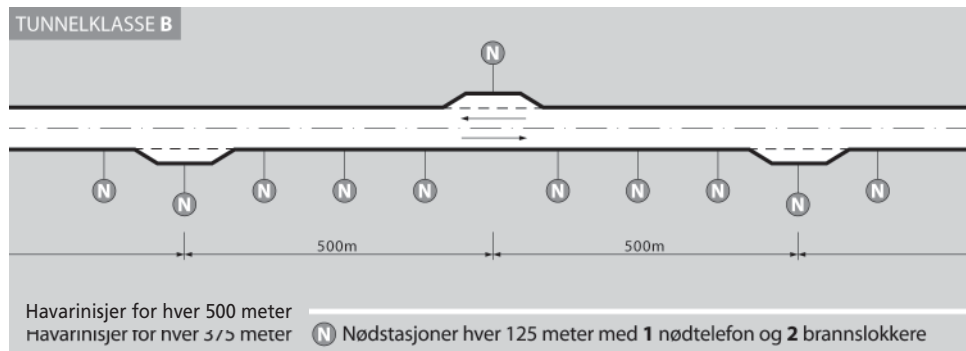
I figurene 6.2-6.6 er plassering av havarinisjer og nødstasjoner med nødtelefon og brannslukkere vist skjematisk for de aktuelle tunnelklasser.

I tillegg skal nødtelefon og brannslukkere installeres utenfor hver tunnelmunning (se avsnitt 414.2).

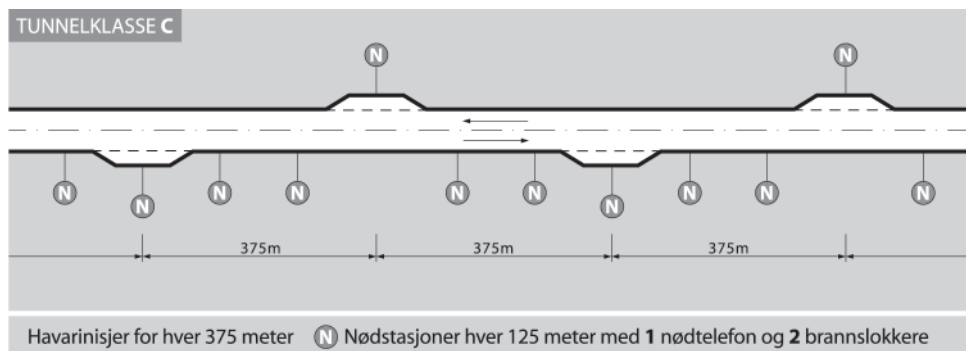
For utforming av nisjer, rømmingsveger mv. henvises til kapittel 4 "Geometrisk utforming".

I avsnitt 602.2 er det nærmere beskrevet hvilke krav som gjelder for de ulike installasjoner som inngår i sikkerhetsutrustningen.

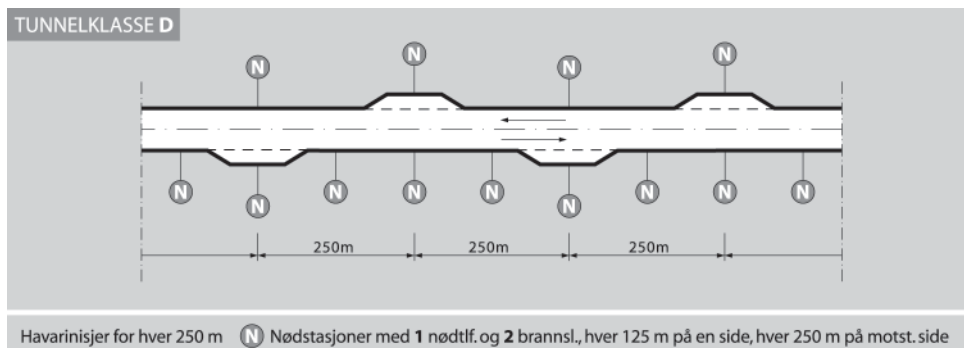
For strømforsyning, belysning og ventilasjon henvises til kapittel 10 "Tekniske anlegg".



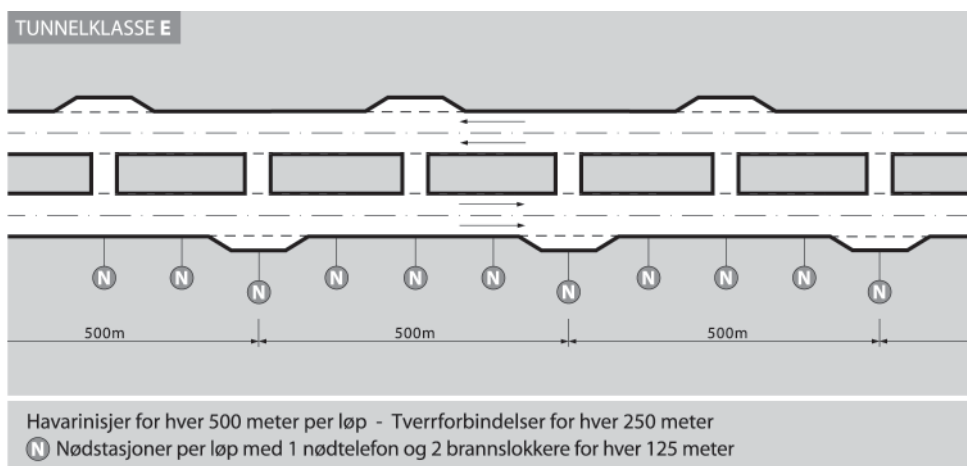
Figur 6.2 Nisjer og utstyr, tunnelklasse B



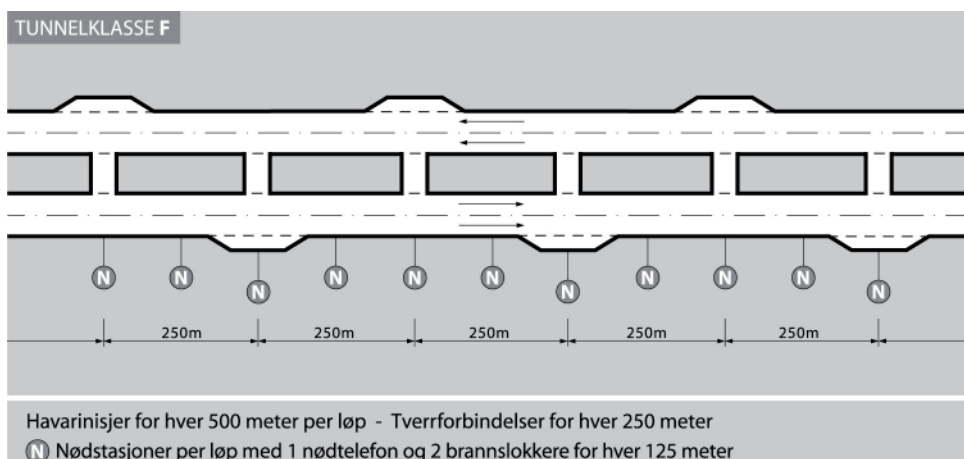
Figur 6.3 Nisjer og utstyr, tunnelklasse C



Figur 6.4 Nisjer og utstyr, tunnelklasse D



Figur 6.5 Nisjer og utstyr, tunnelklasse E



Figur 6.6 Nisjer og utstyr, tunnelklasse F

602.2 Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustning av tunnel

602.201 Avbruddsfri strømforsyning (reservoestrøm)

For å sikre trafikantene i tunnelen ved strømutfall skal følgende utstyr være knyttet opp mot avbruddsfri strømforsyning (batterier eller aggregat):

- Overvåking, styring
- Rødt stoppblinksignal
- Sikkerhetsbelysning. Se avsnitt 1003.6
- Evakueringslys
- Nødtelefon
- Serviceskilt
- Nødutgangsskilt
- Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg

Hvorvidt ventilasjonsanleggene skal ha avbruddsfri strømforsyning avgjøres i hvert enkelt tilfelle, blant annet ved å vurdere evakueringstiden og brannvesenets behov i forhold til innsats.

I tillegg skal det for tunneler i klasse E og F vurderes om annet trafikkteknisk utstyr skal kobles opp mot avbruddsfri strømforsyning.

Den avbruddsfrie strømforsyningen skal gi minimum 1 times driftstid ved den dimensjonerende belastningen. Ved uønskede hendelser i tunnelen skal funksjonssikkerheten for utstyret ivaretas iht. avsnitt 1002.

Hvis avbruddsfri strømforsyning baseres på sentralisert batterianlegg, skal disse plasseres i eget rom.

I tunneler klasse E og F, og i tunneler med egen rømmingstunnel skal tverrforbindelsene ha avbruddsfri strømforsyning fra begge løp.

602.202 Evakueringsbelysning

Evakueringslys brukes for å lede trafikantene

mot utgangen i røykfylte tunneler. Lysene skal tennes automatisk ved fjerning av brannslukker eller ved alarm fra brannsentral. Lysene monteres ikke høyere enn 1,0 m over kjørebanelen, på én side og med innbyrdes avstand på ca. 62,5 m. I kurve gjelder i tillegg at lysene skal være plassert slik at det er sikt fra lys til lys. Lysytelse skal være ca. 1800 lumen (Lm) og fargetemperatur ca. 4000 grader Kelvin (K).

I toløps tunneler skal evakueringslys stå på samme side som tverrforbindelsene (venstre side). For tunneler med toveistrafikk og som har nødutgang(er) skal evakueringslys plasseres på samme side som nødutgangene. Armaturene skal ha herdet glass.

602.203 Nødutgangsskilt

Tverrforbindelser og andre rømmingsveier i tunnelen skal merkes med innvendig belyst skilt 570.1 "Nødutgang" i grønt og hvitt, se figur 6.7a (format minimum 400 x 400 mm). Dette skiltet settes opp vinkelrett på kjøreretningen.

På tunnelveggen, parallelt med lengderetningen, monteres skilt 570.2 som viser retning og avstand til nærmeste nødutgang, se eksempel i figur 6.7b. Skiltene monteres i en høyde av 1,0 til 1,5 m. Avstanden mellom skiltene skal ikke være mer enn 25 m. Det benyttes fluorescerende skilt.

602.204 Nødstasjoner

Hver nødstasjon skal inneholde nødtelefon og to brannslukkere.

Hensikten med nødstasjoner er å stille sikkerhetsutstyr til rådighet, men ikke å beskytte trafikantene mot virkningen av brann.

Maksimum avstand mellom hver nødstasjon skal være 125 m. I tillegg plasseres nødstasjon utenfor hver tunnelmunning.



570.1V

570.1H

Figur 6.7 a) Skilt som viser nødutgang



570.2V



570.2H

Figur 6.7 b) Skilt som viser retning og avstand til nærmeste nødutgang

Ved havarinisjer skal det finnes en nødstasjon.

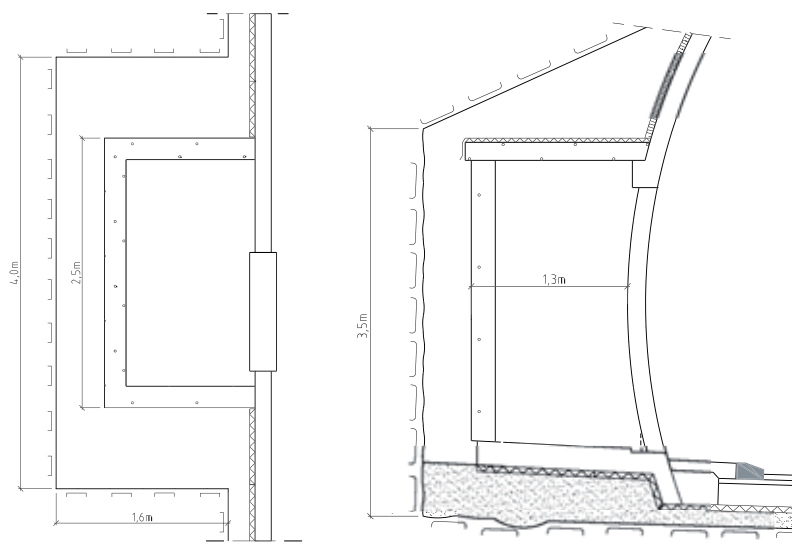
Nødstasjon i tilknytning til havarinisjer monteres i støvtett kiosk med innvendig belysning. Eksempel på utforming av nisje med kiosk for nødstasjon er vist i figur 6.8. Døren skal være utstyrt med panikkbeslag. Nødstasjoner ved møteplasser i tunneler klasse A kan plasseres i skap på tunnelveggen.

I kiosk med nødstasjon som er atskilt fra tunnelrommet med dør, skal det ved hjelp av skilt

gjøres oppmerksom på at nødstasjonen ikke gir beskyttelse ved brann. Teksten skrives på norsk og engelsk. Eksempel på tekst er: "Dette området gir ikke beskyttelse ved brann. Følg skilt til nødutganger / This area does not provide protection from fire. Follow signs to emergency exits".

Nødstasjoner mellom havarinisjene plasseres i skap på tunnelveggen.

Alle nødstasjoner merkes med skilt for nødtelefon og brannslukker, se avsnitt 414.3.



Figur 6.8 Eksempel på utforming av nisje for nødtelefon og brannslukker

Nødtelefon

Nødtelefon skal være av en type som gir ringesignal når røret løftes av. Telefonen skal gi kontakt med bemannet sentral, fortrinnsvis vegtrafikksentral. Telefonene skal være koblet slik at det er mulig å se hvilken telefon det ringes fra.

Rettledning for bruk av nødtelefon bør skrives på flere aktuelle språk, i det følgende er vist et eksempel:

*Løft av røret og vent på svar
Hvis ingen svarer innen ett minutt,
legg på røret og prøv igjen.*

*Lift the handset, and wait for answer.
If no one answers within the first minute,
hang up and try again.*

*Hörer abheben, und auf Antwort abwarten.
Falls Sie innerhalb einer minute keine Antwort
erhalten, Hörer auflegen und erneut versuch-
en.*

*Soulevez le récepteur, et attendez une réponse.
Si vous n'avez pas de réponse au bout
d'une minute, reposez le combiné, et répétez
l'opération.*

Brannslukkere

Apparatene skal være på minimum 6 kg ABC (NS EN3). Skap skal markeres med godkjente symboler.

Skapene skal ha farge 'Y80R'. Apparatene skal merkes med "Statens vegvesen".

Det skal gis signal til bemannet sentral hvis brannslukker fjernes. Trafikantene skal informeres ved skilt om at fjerning av brannslukkeren utløser automatisk varsling og stengning av tunnel. For tunneler i klasse A skal behov for

signal til bemannet sentral vurderes spesielt. I tillegg skal det ut fra driftsforhold gis alarm ved åpning av skap.

602.205 Slokkevann

Alternative løsninger er:

- etablering av egne kummer (ca. 6 m³) i tilknytning til drencsystemet (se avsnitt 805)
- tankvogn med tilstrekkelig kapasitet (ca. 6 m³)
- slokkevannsreservoar ved lavbrekk

I spesielle tilfeller hvor trykkvann er lett tilgjengelig, for eksempel i bytunneler, kan gjennomgående vannledning være et alternativ.

602.206 Rødt stoppblinksignal

Tunneler skal være utstyrt med rødt stoppblinksignal (signal nr. 1094) foran tunnelåpningene. For tunnelklasse A gjelder kravet for tunneler lengre enn 1 000 m. Vedtak om rødt stoppblinksignal i tunnel skal fattes av Vegdirektoratet.

Rødt stoppblinksignal benyttes når tunnelen skal stenges for trafikk, for eksempel på grunn av høyt forurensningsnivå, trafikkulykke, vedlikeholdsarbeider eller av andre spesielle årsaker.

Rødt stoppblinksignal skal ha to horisontalt plasserte røde lyshoder, om nødvendig plassert på sort bakgrunnskjerm. Dersom årsaken til stengningen ikke er åpenbar, kan signalene suppleres med underskilt 808, jf. håndbok 048 "Trafikksignalanlegg".

Der det relativt ofte er aktuelt å stenge tunnelen i forbindelse med vedlikeholdsarbeider, kan det benyttes et variabelt skilt der både rødt stoppblinksignal og gult varselblinksignal (signal nr. 1098) inngår i skiltflaten (se håndbok 048).

Rødt stoppblinksignal plasseres på følgende steder:

- foran tunnelportalen (se avsnitt 414.2)
- ved snunisjer i tunnel, der slike finnes
- umiddelbart etter det sted som er definert som omkjøringspunkt før tunnelen.

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å sette opp signaler ved flere av disse alternativene.

Ved plassering av rødt stoppblinksignal bør det tas hensyn til de krav som stilles til estetisk utforming av tunnelportalen med dens nære omgivelser.

Rødt stoppblinksignal kan aktiveres som følger:

- automatisk ved fjerning av brannsløkker
- automatisk på grunnlag av detektert for dårlig luftkvalitet
- fjernstyrt fra vegtrafikksentral
- lokalt via betjeningspaneler i anlegget.

602.207 Fjernstyrte bomber for stengning av tunnel

Erfaring viser at åpne manuelle bomber kan komme i konflikt med oppfattelsen av stengning med rødt stoppblinksignal. Det skal derfor kun benyttes fjernstyrte bomber i kombinasjon med stoppblinksignal.

Bommen skal være så lang at den sperrer det/de aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen. Behov for fjernstyrte bomber skal vurderes ut fra forventet bruksfrekvens. Fjernstyrte bomber skal også kunne betjenes manuelt på stedet. I tunnelklasse F er det krav om fjernstyrte bomber.

Fjernstyrte bomber benyttes enten for å oppnå entydig og hurtig stengning av tunnellop eller for å oppnå sikker ledning av trafikantene, for eksempel gjennom midtdeler ved toveisregulering i normalt enveisrettede tunnellop.

Behovet for fjernstyrte bomber vurderes som en del av et automatisert trafikkstyringsanlegg (f.eks. videoovervåket bomområde) for omkjøringsvisning eller for å ivareta spesielt kritiske forhold med hensyn til sikkerhet.

Ved funksjon som ledebommer utstyres bommene med gule varselblinksignaler, som løpende gult blinksignal (jf. håndbok 048) eller som vekselblink mellom to ényshoder avhengig av hensikten med signalene.

Fjernstyrte bomber kan utføres som heve-/senkebommer eller som svingebommer i horisontalplanet. Svingebommer foretrekkes ut fra estetiske hensyn.

Ved bruk av fjernstyrte bomber skal disse være utstyrt med en kontrollfunksjon for å sikre at kjøretøyer ikke befinner seg under bommen ved senking, og at operatør alltid har informasjon om bommens stilling. Fjernstyrt bom skal ikke kunne heves/senkes eller svinges ut hvis ikke tilstrekkelig varsling ved rødt lys på forhånd er tent i tilknytning til bommen.

602.208 Variable skilt og kjørefeltsignaler

Variable skilt kan utføres med ulike teknologi. Det mest vanlige er mekanisk variable skilt eller diodebaserte skilt.

Av hensyn til krav til ensartet utforming av skilmønster på vegvisningsskilt benyttes nesten utelukkende mekanisk variable skilt for installasjoner som innebærer vegvisningsbudskap.

Skiltene kan utføres med fast definerte tilstander eller som fritt programmerbare skilt. Fritt programmerbare skilt benyttes primært som opplysningstavler. Skiltbudskap kan programmeres av operatør i vegtrafikksentral og umiddelbart overføres til skiltet for lokal lagring og/eller visning.

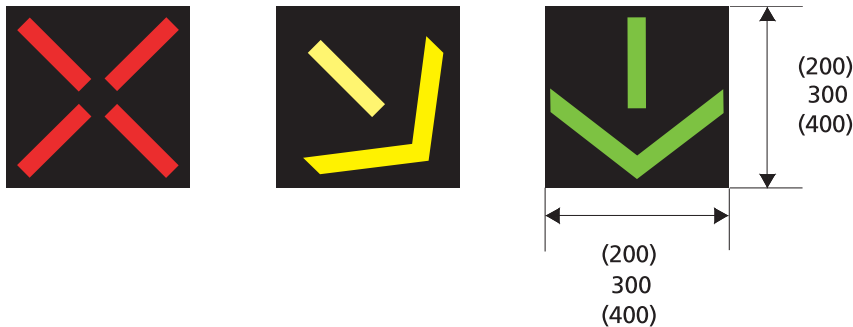
Signal nr. 1090 "Kjørefeltsignal" er lyssignalhoder med følgende symboler (figur 6.9): rødt diagonalt kryss, gul blinkende skråpil (venstre/høyre) og grønn nedadrettet pil.

Kjørefeltsignaler i forbindelse med tunneler skal kun benyttes for å angi unormal bruk av kjørefelt i enveiskjørtede tunneler. Signalene kan benyttes for avstenging av kjørefelt ved trafikkuhell, for å oppnå toveistrafikk i tunneløpet, eller i forbindelse med utførelse av sideorienterte vedlikeholdsarbeider. I ordinær trafikk situasjon skal signalene være slokket.

Signalene plasseres over hvert enkelt kjørefelt og angir om trafikanter kan benytte feltet (grønn pil) eller ikke (rødt kryss). Gul blinkende pil betyr at feltet er i ferd med å bli stengt og at trafikantene snarest mulig skal veksle til det feltet den gule pilen peker mot. Se håndbok 048 "Trafikksignalanlegg" for detaljer.

På strekninger hvor kjørefeltsignaler benyttes for reversering av trafikkdiring monteres kjørefeltsignaler som står "rygg mot rygg" over det enkelte kjørefeltet. Slike par av signalhoder skal kobles mot hverandre slik at de ikke kan vise grønt lys samtidig.

Vegdirektoratet skal fatte vedtak om bruk av signal nr. 1090.



Figur 6.9 Lysåpninger for kjørefeltsignaler (størrelser i mm)

602.209 ITV-overvåking

Videoovervåking skal monteres i alle tunneler med lengde over 3 km i tunnelklasse C, D, E og F, det vil si i tunneler med trafikkvolum over 2 000 kjøretøyer per kjørefelt.

ITV gir vegtrafikksentralene nyttig informasjon om trafikkstyring og hendelser i vegtunnelene. Ved brann, trafikkulykker etc. vil ITV kunne vise utrykningsetatene hvordan de best kan angripe konsekvensene.

ITV-overvåking krever tilknytning til vegtrafikksentral (fast bemannet sentral).

Lokal ITV-overvåking kan også være aktuelt i område for fjernstyrte bomber (se avsnitt 602.207).

602.210 Høydehinder

Det er krav om høydehinder (avviser) i alle tunnelklasser. Høydehinder kan slyfjes dersom bruer eller andre konstruksjoner har den nødvendige avvisende effekt på vegnettet som fører inn mot tunnelåpningen.

Høydehinderet utføres så solid at alle kjøretøyer som berører hinderet vil registrere det.

602.3 Nødkommunikasjon og kringkastingsanlegg

Statens vegvesen har ansvar for å etablere viderefremføring av kringkasting i alle tunneler lengre enn 500 m. For tunneler kortere enn 500 m kan radioanlegg etableres etter nærmere vurdering. Ved vurderingen skal det blant annet legges til grunn hvorvidt sendere som er etablert i det fri vil gi dekning i tunnelen.

Radioanlegget skal bestå av en kommunikasjonsdel og en kringkastingsdel (se 602.31 og 602.32). Kringkastingsanlegg som benyttes skal tilfredsstille myndighetskravene til slikt utstyr og være godkjent for bruk i Norge. Utstyret skal plasseres i egnede rom med krav til temperaturområde, og om nødvendig må kjøleanlegg etableres.

Radioanlegg skal være forberedt for å kunne utvides med flere kanaler, og for planlagte radiosystem (for eksempel DAB). For etablering av slike tilleggskanaler/-systemer gjelder at Statens vegvesen dekker kostnadene for etableringen og krever refusjon av utgifter til leie av utstyrs plass.

Som felles antenneanlegg inne i tunneler skal det benyttes utstrålende antennekabel. Alle strålekabler med tilhørende matekabler som benyttes i tunneler skal tilfredsstille kravene for kabelklasse 3, se kapittel 10 "Tekniske anlegg" (1001.4). Elektrotekniske krav til strålekabler/matekabler spesifiseres for hver tunnel under prosjekteringen av radioanlegget (kf. Vegdirektoratet for gjeldende krav).

Strålekabel skal monteres med minsteavstand ca. 80 mm fra sammenhengende metallkonstruksjoner, som for eksempel kabelbru og andre kabler. Metode for opphenging må avklares nærmere når øvrige elektriske installasjoner er bestemt, og være godkjent av kabelprodusent.

I lange tunnel må flere "forsterkere" kobles sammen til en felles "radiosentral" via fiberkabler. Også når flere tunneler ligger i nærheten av hverandre kan det etableres et felles radiosystem som består av flere tekniske installasjoner koblet sammen.

For å oppnå forbindelse med radiosystem i det fri er det nødvendig å montere antenner i mast(er) på utsiden av tunnelen. Størrelse og antall master og antenner er avhengig av forholdene på stedet, og bestemmes etter gjennomførte målinger. Master som Statens vegvesen har behov for skal bekostes av Statens vegvesen, og dersom for eksempel mobiltelefonoperatørene ønsker å leie plass for sine antenner, betaler de leie etter gjeldende Hovedavtale.

602.31 Kommunikasjonsanlegg

Statens vegvesen har ansvar for å etablere og drive kommunikasjonsanlegg som er nødvendig for å gi hver av redningsetatene kommunikasjon på en egen kommunikasjonskanal/-system i tunnelen, herunder også felles tofrekvent redningskanal. Dette vil bli erstattet av et nytt landsdekkende nødnett som også skal inn i tunnelene.

For redningsetatene skal det etableres utstyr som er nødvendig for å gi redningsetatene samme dekning i tunnelen som utenfor. Planløsninger for hver tunnel skal utarbeides og avtales med redningsetatene lokalt.

Tilsvarende ansvar gjelder for Statens vegvesens eget kommunikasjonssystem, i tunneler der dette blir vedtatt å etablere.

Overfor konsesjonsmyndighetene er de enkelte etatene selv ansvarlig for bruk av egne radiokanaler i tunnelene. Justisdepartementet er konsesjonsinnehaver av tofrekvent redningskanal.

Dersom noen av redningsetatene foretar ombygging/endring av sitt kommunikasjons-system i det fri som fører til at ferdig etablerte anlegg i tunnelen også må bygges om, skal nødvendig ombygging i tunnelen bekostes av vedkommende etat.

602.32 Kringkastingsanlegg med "avbryt-funksjon"

Statens vegvesen har ansvar for å etablere og drive kringkastingsanlegg som er nødvendig for å gi dekning for Norsk Rikskringkastings kanal NRK P1 (offentlig beredskapskanal). Anlegget skal gi tilfredsstillende dekning gjennom hele tunnelen, og etableres med "avbryt-funksjon", for utsendelse av trafikkinformasjon.

For alle andre kringkastingskanaler enn NRK P1 gjelder at alle kostnadene for etablering og drift skal dekkes av kringkastings-selskapet selv. Det skal betales en årlig leie av utstyrs-plass til Statens vegvesen.

Ved planlegging av radioanlegg skal det etableres kontakt med aktuelle radiostasjoner/nærkringkastere for å avklare ønske om etablering.

Alle kringkastingskanaler som det blir etablert utstyr for, skal ha samme "avbryt-funksjon" som for NRK P1.

602.33 Mobiltelefon

Nettoperatørene for mobiltelefon har ansvaret for å planlegge, etablere og drifte mobiltelefon-utstyr i vegtunneler. Operatørene skal betale anleggsbidrag og leie for utstyrs-plass til Statens vegvesen etter gjeldende Hovedavtale.

Ved nyanlegg skal det tidligst mulig innledes samarbeid med nettoperatørene for å avklare deres behov for utstyrs-plass i kiosker og master, antenner i tunnelheng, trekkerør, kabler og strøm.

Operatørene skal gis tilgang til de tegninger og planskisser som er nødvendig for sin planlegging, og innkalles til nødvendige møter både på planleggingsstadiet og etter prosjektstart.

Spesifisert arbeid og eventuelle leveranser som blir utført som en del av Statens vegvesens entrepriser på vegne av nettoperatørene, skal faktureres når leveransen er fullført.

Ved etablering av mobiltelefon i eldre tunneler skal operatørenes planer godkjennes av Statens vegvesen før utbygging iverksettes. Anleggsbidrag og leie skal betales i henhold til gjeldende Hovedavtale.

603 Trafikkstyring og hendelsesdetektering

603.1 Behovsanalyse

Utredning av behovet for styrbart trafikkregulerende utstyr ut over rødt stoppblinksignal bør utføres i en tidlig planfase som en integrert del av arbeidet med den geometriske utformingen av tunnelanlegget med tilhørende dagsoner.

Avklarte trafikkstyringsprinsipper utgjør et nødvendig grunnlag for utarbeidelse av beredskapsplan for tunnelanlegget.

Som grunnlag for vurdering av nødvendig utstyr for trafikkstyring og hendelsesdetektering skal det utføres en behovsanalyse. Følgende aspekter klarlegges:

- trafikkreguleringsprinsipper ved stengt tunnel
- behov for overvåkings-, regulerings- og varslings-systemer for å ivareta trafikk-sikkerhet og optimal trafikkavvikling i anlegget.

Behovsanalysen utføres som regel med utgangspunkt i følgende hovedelementer:

- forventet hyppighet av trafikale hendelser (bilbranner, ulykker med personskade, ulykker med materiell skade og kjøretøystopp i havarinisjer eller i kjørebannen)
- omfang av og strategi for gjennomføring av drifts- og vedlikeholdsarbeider i tunnelen
- miljø- og sikkerhetsmessige aspekter knyttet til aktuelle omkjøringstraséer for tunnelen
- kapasitetsanalyser.

På grunnlag av ovenstående kan det anslås forventet bruksfrekvens for aktuelt styrbart trafikkregulerende utstyr.

Behov for systemer for automatisk detektering av trafikale hendelser vurderes i hovedsak ut fra følgende:

- som grunnlag for drift av lokalt styrte trafikkstyringssystemer som f.eks. køvarslingssystemer
- for å sikre rask oppdagelse av hendelser i tunnelen som grunnlag for iverksettelse av trafikkreguleringer.

Behovsanalysen skal inneholde en nytte-/kostnadsanalyse av aktuelle trafikkovervåkings- og trafikkstyringskonsepter realisert med ulik automatiseringsgrad for trafikktekniske installasjoner (varierende nivå for bruk av fjernstyrte bomber, kjørefeltsignaler og variable skilt).

Planlegging av trafikkstyringsanlegg skal utføres som en samlet prosess for hele veganlegget uavhengig av eventuell oppdeling av anlegget i delparseller e.l.

Et trafikkstyringssystem for et tunnelanlegg vil svært ofte kreve installasjoner som plasseres utenfor anleggsområdet. Slike installasjoner

med tilhørende fremføring av tilførsels- og kommunikasjonskabler bør betraktes som en del av tunnelanlegget.

Konsekvenser for etablerte vegtrafikksentraler (VTS) og/eller lokale driftsenheter skal også avklares som en del av planleggingen.

603.2 Hovedtyper av trafikkstyringssystemer

Trafikkstyringssystemer knyttet til tunneler kan opereres på to måter:

- Forhåndsprogrammerte tiltak som iverksettes manuelt av operatør i vegtrafikksentral eller fra kontrollpaneler ute i tunnelanlegget
- Systemer som automatisk regulerer trafikken eller varsler trafikantene direkte på grunnlag av detektering av trafikk-situasjonen.

603.21 Forhåndsprogrammerte tiltak

I tabell 6.2 og 6.3 er listet trafikkregulerings-tiltak som er aktuelle å realisere ved bruk av styrbare trafikktekniske installasjoner.

Trafikkstyringsprogrammene fjernbetjenes fra aktuell vegtrafikksentral, som kontaktes før anbud. I tillegg skal det alltid være mulig å åpne og stenge tunnelen fra manuelle nødstyreskap plassert ved tunnelåpningene. De samme nødstyreskapene skal kunne benyttes for styring av lys og ventilasjonsanlegg i tunnelen.

Ofte kan det være hensiktsmessig at automatiske trafikkstyringssystemer installeres først etter at en har erfaring for at det foreligger konkrete behov, dvs. etter at anlegget er åpnet. For at en senere installering skal kunne gjennomføres med små ulemper for trafikken, bør det i anleggsfasen legges til rette for en enkel ettermontering av anleggene. Dette kan innebære at trekkerør er fremlagt til fremtidige utstyrsposisjoner, plass er sikret for fremtidige installasjoner, lokale styreenheter er dimensjonert for antatt økt behov etc.

Tabell 6.2 Ferdig programmerte reguleringer som iverksettes manuelt

Trafikkregulerings tiltak	Aktuelt trafikkteknisk utstyr	Vurderingsaspekter for realisering
Entydig og hurtig stengning av tunneløp	Fjernstyrte bommer	<ul style="list-style-type: none"> - Økt sikkerhet i tunneler med stor trafikk og/eller i spesielt lange tunneler - Reduserte mannskapskostnader ved stengning av tunneløp
Etablering av omkjøringsvisning	Variable skilt (+ ev. kjørefeltsignaler på flerfeltsveger)	<ul style="list-style-type: none"> - Krav til servicenivå for trafikantene på aktuell vegstrekning mht. orienterbarhet, regularitet og avviklingskvalitet - Krav til visningsstandard, f.eks. mulig krav til overhengende omkjøringsvisning på flerfeltsveg - Reduserte mannskapskostnader for etablering av omkjøringsvisning ved stengt tunnel
Stengning av kjørefelt (tunnelklasse E og F)	Kjørefeltsignaler	<ul style="list-style-type: none"> - Trafikksikkerhet, avverge følgeulykker ved trafikale hendelser i tunnel - Redusere behov for stengning av tunnel - Nødvendig del av arbeidsvarslingssystem ved vedlikeholdsarbeider med trafikk i tunneløpet
Tovegsreguleringsystem (tunnelklasse E og F)	Kjørefeltsignaler Variable skilt Fjernstyrte bommer	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalisere bruk av omkjøringsveg på grunn av miljømessige forhold, kjøre- og ulykkeskostnader - Krav til servicenivå for trafikantene på aktuell vegstrekning mht. orienterbarhet og avviklingskvalitet - Arbeidsvarslingssystem som sikrer full avstengning av tunneløpet det arbeides i.
Varsling av hendelse i tunnel	Variable fare-/opplysningsskilt før/i tunnel	<ul style="list-style-type: none"> - Trafikksikkerhet, avverge følgeulykker ved trafikale hendelser i tunnel - Redusere behov for stengning av tunnel
Opplysning om årsak til og antatt varighet av stengning av tunnel	Variabelt opplysningsskilt før tunnel	<ul style="list-style-type: none"> - Krav til servicenivå for trafikantene i tilfeller hvor omkjøringstrasé ikke finnes eller hvor omkjøringsvisning ikke ønskes etablert

603.3 Hendelsesdetektering – tekniske løsninger

Detekteringssystemene kan inndeles i to hovedkategorier, indirekte og direkte.

603.31 Indirekte detektering

Et kjøretøystopp oppdages ved at det detekteres

reduert avviklingskvalitet i et snitt eller over en delstrekning i tunnelen. Detekteringssystemer basert på indirekte detektering har generelt et begrenset utstyrsbehov.

603.32 Direkte detektering

Disse systemene er innrettet mot detektering

Tabell 6.3 Eksempler på automatiske trafikkreguleringstiltak

Trafikkreguleringstiltak	Aktuelt trafikkteknisk utstyr	Vurderingsaspekter for realisering
Køvarsling	Variable fartsgrenser / fareskilt / opplysningsskilt	- Økt trafikkikkerhet, primært påkjøring bakfra ulykker
Optimalisering av trafikkavvikling	Variable fartsgrenser	- Økt kapasitet - Reduserte kjørekostnader - Økt trafikkikkerhet
Tilfartskontroll	Trelys trafikksignalhoder i kontrollpunktene + forvarsling av aktivert tilfartskontrollsystem	- Hindre uønskede kødannelse i tunnelen av hensyn til trafikantenes subjektive opplevelse av kø i tunnel - Kontrollere kølengde i tunnelen med hensyn til installert ventilasjonskapasitet
Varsling av saktegående kjøretøy	Variable opplysnings-/fareskilt før og i tunnel	- Trafikkikkerhet i tunneler med lange og bratte nedoverbakker

av enkeltkjøretøy som stanser i kjørebanelen og derved utgjør en potensiell fare. Systemene er oftest basert på videoteknologi, og disse krever omfattende dekning med kameraer.

Hendelsesdetekteringssystemer kan være basert på ulike teknologier som eksempelvis

- induktive sløyfer
- billedtolkingssystemer
- infrarøde detektorer.

Det kan være aktuelt å installere hendelsesdetekteringssystemer i tilfeller hvor det av trafikksikkerhetsmessige grunner fremstår som viktig å hurtig oppdage unormale hendelser som kjøretøystopp i kjørebanelen eller unormale køer.

604 Arbeidsvarsling

Arbeidsvarsling i tunnel skal, som for veg i dagen, ivareta arbeidernes sikkerhet samtidig som den skal forberede trafikantene på en unormal situasjon som kan påvirke normal trafikkavvikling. Ved arbeid i tunnelen skal

trafikken stanses utenfor tunnelen på begge sider og det skal etableres styrt trafikkavvikling med ledebil gjennom tunnelen så lenge arbeidet pågår. For spesielt lange tunneler, eller tunneler der trafikken er meget lav kan andre løsninger vurderes. Dette skal avklares med sikkerhetskontrollør og med Vegdirektoratet.

For øvrig skal varsling, skilting og arbeidsutførelse gjennomføres i henhold til håndbok 051 "Arbeidsvarsling" og håndbok 213 "HMS ved arbeid i trafikkerte vegtunneler".

605 Brannsikring

605.1 Generelt

Brannsikring av vegtunneler er hjemlet i Lov av 5. juni 1987 om brannvern og tilhørende forskrift, "Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn". I forskriften anbefales at tunneler lengre enn 500 m klassifiseres som særskilte brannobjekter. Kommunen/brannvesenet kan også bestemme at andre tunneler klassifiseres som særskilte brannobjekter. Tunneler lengre enn 500 m betraktes av Statens vegvesen som

særskilte brannobjekter uavhengig av formelt vedtak i kommunestyre.

For alle tunneler lengre enn 500 m har tunneleier ansvar for at det utarbeides en beredskapsplan. Planen skal utarbeides under planlegging av tunnelen i samarbeid med lokale redningsetater. Nærliggende tunneler bør ses i sammenheng når beredskapsplan utarbeides.

For kortere tunneler vurderes det i hvert enkelt tilfelle om det skal utarbeides en forenklet beredskapsplan. Vurderingen gjøres sammen med brannvesenet, politiet og AMK (akuttmedisinske kommunikasjonsentraler).

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har i samarbeid med Vegdirektoratet utarbeidet en veileder for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler. Veilederen beskriver samarbeid mellom Statens vegvesen og brannvernmyndighetene, gjennomføring av risikoanalyser, ansvar og samarbeid om øvelser, beredskapsplaner og innsatsplaner og gir også regler for oppgradering av eksisterende tunneler.

605.2 Brannmotstand. Krav til konstruksjoner og utstyr

Tunneler skal dimensjoneres for en brannbelastning på 20 MW for tunnelklasse A og B, 50 MW for tunnelklasse C og E, og 100 MW for tunnelklasse D og F.

Hovedkonstruksjonen i alle tunneler der et lokalt sammenbrudd i konstruksjonen kan ha katastrofale konsekvenser (f.eks. øversvømte tunneler eller tunneler som kan føre til sammenbrudd i viktige nabokonstruksjoner) skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå.

Brannmotstandsnivået i alt tunnelutstyr skal ta hensyn til de teknologiske mulighetene og ta sikte på å opprettholde de nødvendige sikkerhetsfunksjonene i tilfelle brann.

For brannsikring av vann- og frostsikring henvises til håndbok 163.

Krav til kabler som skal fungere i en brannsituasjon er gitt i kapittel 10 "Tekniske anlegg" avsnitt 1001.4. Kabelklasse 3, funksjonssikre kabler, skal benyttes ved all åpen forlengning frem til utstyr som skal fungere i en brannsituasjon.

For utstyr som skal fungere under en eventuell brann (belysning, ventilasjon, signalkabler etc.) skal monteres/kobles slik at det oppnås en seksjonering gjennom tunnelen.

Det skal etableres brannvegg i alle tverrforbindelser i tunneler samt ved nødutganger i tunneler. Alle brannvegger skal ha brannmotstand minst tilsvarende REI-M 120 i henhold til "Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk" (Plan- og bygningsloven). Dører i brannvegg skal ha brannmotstand EI-C 60. Dører inn til tekniske rom skal ha brannmotstand EI 60.

Alle dører i brannvegger skal utformes som sluser og være gass- og røyktette. Slusevegger skal ha samme klassifisering som brannveggen.

606 Transport av farlig gods

Regler og vilkår for transport av farlig gods i vegtunneler er regulert i en forskrift til vegtrafikkloven §18. I forskriften § 4-1 er følgende særlige vilkår og begrensinger beskrevet:

§ 4-1, Krav ved transport på bestemte veger og i bestemte vegtunneler

«Vegdirektoratet kan etter uttalelse fra vedkommende fagmyndighet treffe vedtak om meldeplikt for transport av farlig gods, samt bestemme at transport av visse typer farlig gods på bestemte veger og i bestemte vegtunneler bare skal være tillatt på særlige

vilkår eller være helt forbudt. Vegdirektoratet kan delegere denne myndigheten til vedkommende vegsjef».

Alle vanlige tunneler med liten trafikk vil som regel holdes åpne for transport av farlig gods. For tunneler i bystrøk, undersjøiske tunneler og i lengre betongtunneler (senketunneler, tunneler direkte under bygninger etc.) bør det foretas særlige vurderinger. Gjennom slike analyser skal det foretas en beregning og sammenligning av risikoen for personskader og materielle skader ved kjøring gjennom tunnel og på alternativ rute.

Farlig gods er definert gjennom ADR avtalen (Den Europeiske avtale om internasjonal transport av farlig gods). Overenskomsten utgis årlig på norsk.

I avtalen legges det opp til en inndeling i tre hovedgrupper med hensyn til skadepotensiale for trafikk/trafikanter og tunnelkonstruksjonen. De tre gruppene er:

- Stoffer etc. som kan gi eksplosjon
- Utslipp av farlige gasser eller flytende væsker
- Stoffer som kan gi brann

Dette gir grunnlag for å dele tunnelene inn i fem restriksjonsklasser (tabell 6.4).

I Norge faller de fleste tunnelene normalt i restriksjonsklasse a. Dersom det transporteres særlig farlig gods i tunnelen vil en risikoanalyse kunne belyse behovet for å innføre andre restriksjonsklasser. Dette diskuteres med lokalt brannvesen.

Dersom det innføres restriksjoner skal dette skiltes på stedet og legges inn i den norske utgaven av ADR-overenskomsten.

607 Beredskapsplan

En beredskapsplan er i prinsippet en avtale mellom tunnelens eier og redningsetatene om ansvarsdeling og innsats om det skulle oppstå et uhell i tunnelen. Den skal også ses i sammenheng med den etablerte trafikkberedskapen med tilhørende omkjøringsruter utenfor tunnelene.

Beredskapsplanverket for tunneler består i hovedsak av fire deler:

- En beskrivelse av tunnelen, utstyret i tunnelen, omkjøringsmuligheter og disponibelt innsatsutstyr
- En risikoanalyse
- En beredskapsplan for hendelser og svikt i det tekniske utstyret, inkludert sikkerhetsutstyret

Tabell 6.4 Restriksjonsklasser ved transport av farlig gods

Restriksjonsklasse	Restriksjoner mht transport av farlig gods
a	Ingen restriksjoner på transport av farlig gods
b	Restriksjoner på farlig gods som kan gi en stor eksplosjon
c	Restriksjoner på farlig gods som kan gi en stor eksplosjon, eller stort utslipp av giftig gass
d	Restriksjoner på farlig gods som kan gi en stor eksplosjon, eller stort utslipp av giftig gass eller en stor brann
e	Restriksjoner på farlig gods unntatt følgende stoffer, UN nr. 2919, 3291, 3331, 3373

- En beskrivelse av en del viktige scenarier med innsatsplaner for hver av disse, og med klargjøring av ansvarsforhold mellom de ulike etatene.

Beredskapsplanen skal utarbeides under planlegging av tunnelen og den skal revideres etter behov. Det er viktig at planen er enkel å anvende og at det jevnlig utføres øvelser.

Tunnelbrannveilederen beskriver innholdet i planen i detalj og gir råd om hvordan risikoanalyser kan gjennomføres.

I arbeidet med beredskapsplanen skal det også vurderes hvorvidt det skal innføres restriksjoner på transport av farlig gods gjennom tunnelen. Vedtak om restriksjoner fattes av Vegdirektoratet.

Plan for gjennomføring av øvelser er beskrevet i håndbok 269 "Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler".

7 Arbeider foran stoff, stabilitetssikring og vann- og frostsikring

701 Etablering av forskjæring og påhugg

Ved påhugget er det ofte berg av dårligere kvalitet enn ellers i tunnelen. Svakhetssoner i eller like innenfor det prosjekterte påhugg skal derfor vies spesiell oppmerksomhet.

Ved detaljutforming av forskjæring og påhugg med hensyn til retning og helning skal det tas særlig hensyn til markerte svakhetsplan i bergarten (for eksempel utpreget skifrihet).

Sprengning legges opp slik at en unngår underkutting av potensielle glideplan som gir ustabile skjæringer.

En spesiell sprengnings- og sikringsplan skal utarbeides for påhugget.

Vanligvis skal det ikke benyttes fullt tverrsnitt og full salvelengde ved etablering av påhugg. Som regel benyttes redusert salvelengde for de første salvene inntil stabilt påhugg er etablert. Alternativt kan det først drives en mindre pilotstoll eller et delsnitt av profilet med etterfølgende utstrossing til fullt profil.

Sikring av påhugg omfatter forhåndssikring. Sikringsmetodene vil ofte omfatte forbolting, sprøytebetong og/eller utstøpt betong.

For å eliminere trafikkfare ved utrasing av blokker eller stein ved snøras, nedfallende is eller liknende og for å hindre at vann renner ut over påhugget og ned i vegbanen, bygges portaler i tunnelmunningene. Portalen føres tilstrekkelig langt ut fra påhugget slik at den tar imot nedfall av stein og is.

I tillegg skal det sikres at forskjæringen inn mot portalen har tilstrekkelig bredde ut fra plassbehov ved mulig nedfall av is eller stein. Se håndbok 018.

Det bør legges vekt på at påhuggsområdet inkludert portaler får en estetisk god utforming, se kapittel 5 "Estetikk og kjøreopplevelse".

Hvis det sprenges to tunnellop, skal minste avstand mellom disse være 10 m. Unntatt fra dette er områdene nær påhugg, hvor avstanden bør reduseres og vurderes spesielt ut fra stabilitetsforhold, omfang av forskjæringsarbeidene og estetikk.

702 Arbeider foran stoff

702.1 Sonderboring

Sonderboring skal benyttes for å skaffe opplysninger om bergkvalitet, overdekning og vannlekkasjer foran stoff. På basis av informasjon fra sonderboringer tas det beslutning om det er behov for spesielle tiltak som for eksempel ytterligere sonderboring, forinjeksjon, forbolting, reduserte salvelengder mv. Det skal legges opp til tilstrekkelig tett sonderboring for å avdekke lekkasjeforholdene. Dette er særlig viktig i en startfase når lekkasjeforholdene er minst kjent.

Sonderboring kan utføres som:

- slagboring fra stoff
- kjerneboring.

Som regel anvendes slagboring med bore-riggen.

Kjerneboring benyttes i spesielle tilfeller der det er nødvendig med ytterligere informasjon om bergforholdene, for eksempel ved større svakhetssoner. Kjerneboring brukes da som supplement til slagboring og utføres fra stoff.

I undersjøiske tunneler skal det gjennomføres systematisk sonderboring under kote 0.

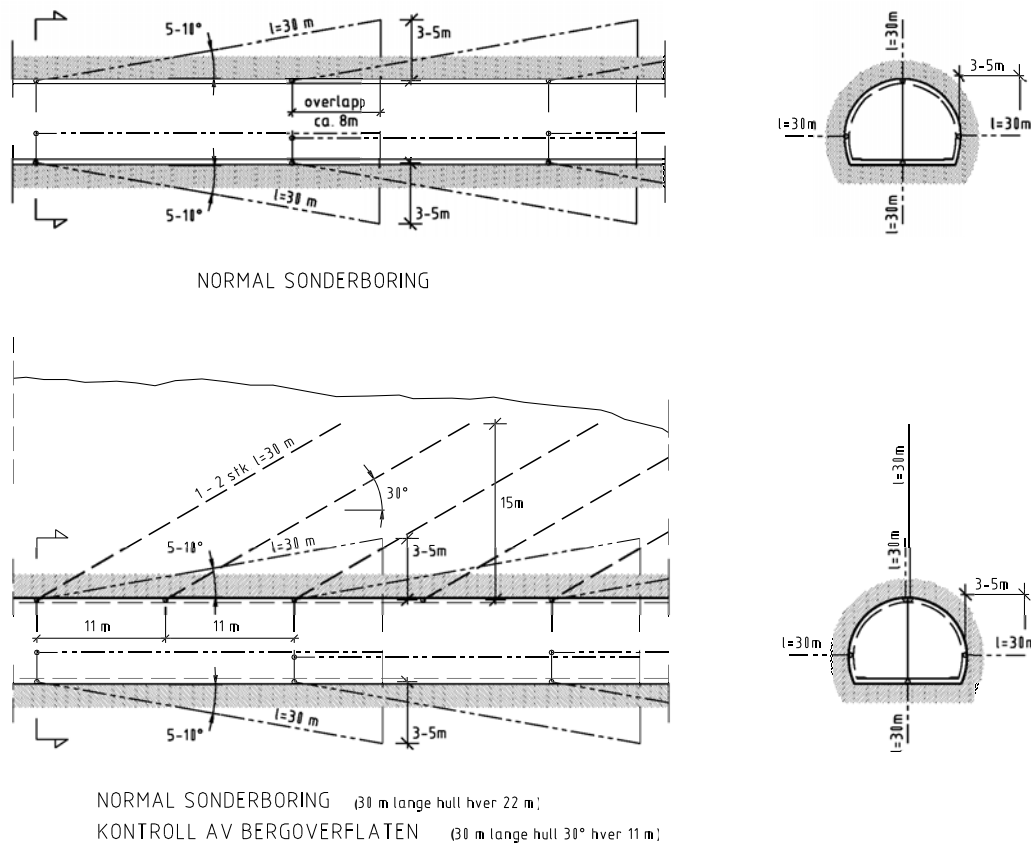
702.2 Forinjeksjon

Forinjeksjon benyttes i områder der vannlekkasjer kan påføre tunnelanlegget skader eller ulemper og/eller der det settes krav til maksimal innlekkasje for å hindre skadelige miljøpåvirkninger på omgivelsene.

På grunnlag av data fra geologiske forundersøkelser, utførte sonderboringer og vann-tapsmålinger/ lekkasjemålinger foretas en hydrogeologisk vurdering av berget foran stoff. På dette grunnlaget settes det opp en plan for injeksjon. Når det gjelder øvrige forhold som er styrende for forinjeksjonen vises det til avsnitt 305.2.

Ved planlegging og gjennomføring av et injeksjonsopplegg skal blant annet følgende være ivaretatt:

- Det er viktig at skjermen tilpasses de stedlige forhold
- Boring av kontrollhull skal ikke punktere skjermen
- Bolting skal utføres slik at injeksjonsskjermen ikke punkteres
- Sprengning skal utføres på en slik måte at injeksjonsskjermen ikke skades
- Injeksjonstrykk og stoppkriterier skal fastsettes
- Injisering skal også foretas i stoffen
- For permanent tetting skal det stilles krav til injeksjonsmiddelets langtidsbestandighet.



Figur 7.1 Eksempel på plan for sonderboring fra stoff

703 Stabilitetssikring

703.1 Generelt

Det skal utføres geologisk registrering på stuff som grunnlag for stabilitetssikring og dokumentasjon. Omfanget vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Hvis to tunnellop drives parallelt, skal det være en avstand mellom stuffene (f.eks. 50 m) for å sikre at erfaringene fra ett tunnellop kan nyttiggjøres i det andre.

Det skilles mellom stabilitetssikring på og bak stuff.

All sikring skal utføres slik at den kan inngå i den permanente sikringen.

Det er bergets egenskaper som i hovedsak bestemmer sikringsmetoden. I tillegg vektlegges forhold som vannlekkasjer, frostmengde, metode for vann- og frostsikring og tunnelstandard generelt.

For de deler av tunnelen hvor det monteres vann- og frostsikringskonstruksjon skal omfanget av stabilitetssikringen ses i sammenheng med konstruksjonens styrke.

Utført sikring skal dokumenteres ved at det utarbeides en oversikt over type sikring, omfang, plassering og spesielle forhold som er registrert.

703.2 Metoder

Følgende metoder er vanlige som stabilitetssikring alene eller i kombinasjon:

- rensk
- bolter
- bånd og nett
- sprøytebetong
- betongutstøpning
- forinjeksjon brukt som stabilitetssikring
- forbolting.

Ved bolting i spesielt korrosjonsfarlig miljø og alltid i saltvannssonen for undersjøiske tunneler skal det benyttes en kombinasjon av varmforsinking og pulverlakkering med epoxy eller tilsvarende korrosjonsbeskyttelse.

Ut fra en levetidsbetraktning skal det ikke benyttes sprøytebetong med mindre tykkelse enn 60 mm og god kontroll med akselerator-tilsetningen.

Betongutstøpning utføres på og bak stuff og benyttes som permanent sikring ved større ustabile partier og ved soner med svelleleire. Der det er fare for stor eller skjev trykkbelastning utføres sålestøp som en del av betongutstøpningen. Behov for armering/forankring skal vurderes i hvert enkelt tilfelle. Armering/forankring kan være nødvendig ved fare for sidetrykk eller flate partier i hengen.

704 Krav til utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler

For undersjøiske tunneler kreves det prosedyrer og utstyr for å kunne undersøke berget foran stuff. I tillegg kreves det beredskap på anlegget for å kunne håndtere vanninnbrudd og for raskt å kunne foreta injeksjon.

Pumpeanlegget skal ha tilstrekkelig kapasitet til å kunne ta en større lekkasje.

Det kan også være aktuelt å ha ekstra pumper og pumpeledninger i beredskap på anlegget. Videre vil det som regel være nødvendig med reservekraftanlegg.

Komplett utstyr og materialer for å kunne utføre injeksjon foran stuff skal være tilført anlegget når tunneldriften starter.

Ved driving av den undersjøiske delen av tunnelen kreves støpeskjold med avstengningsmulighet for gjenstøping av stoffen. Skjoldet skal alltid være oppmontert og i beredskap nær stoff.

705 Frostinntrengning i tunneler

705.1 Generelt

Frostisolasjonen dimensjoneres i henhold til frostmengden på stedet. Ved fastsettelse av dimensjoneringskriterier legges vanligvis frostmengden F_{10} ($h^{\circ}C$) til grunn.

F_{10} defineres som den frostmengde som statistisk sett overskrides én gang i 10-års perioden.

I de tilfeller hvor det kan dokumenteres lavere frostmengde innover i tunnelen, kan frostmengden i tunnelen legges til grunn, F_{10T} ($h^{\circ}C$).

Lokale forhold kan gi større frostmengde enn F_{10} angitt for kommunen. Dimensjonerende frostmengde bør da fortrinnsvis baseres på lokale målinger.

Tabell for frostmengder i alle landets kommuner er gitt i vedlegg E.

705.2 Frostinntrengning

Det er flere fysiske årsaker til at frost trenger inn i tunneler. Disse kan oppsummeres som følger:

- Den drivende kraften for naturlig utskifting av luft i tunneler er temperaturforskjellen der varm luft er lettere enn kald og stiger og blir erstattet av kald tung luft (pipeeffekt).
- I horisontale tunneler vil varm luft strømme ut ved åpningene og bli erstattet av kald luft nede ved vegbanen. I korte tunneler og

ved langvarig kulde vil kaldluften etter hvert trenge gjennom hele tunnelen. Fremherskende vindretning, mekanisk ventilasjon og stempeleffekten fra trafikken påvirker frostinntrengningen.

- I høytrafikk-tunneler med to løp og ventilasjon i trafikkretningen, vil ventilasjon og stempeleffekt være dominerende. Frost trenger langt inn i trafikkretningen og nesten ingen frost trenger inn fra utkjørselsiden. Frostinntrengningen i disse tunneler er lite påvirket av pipeeffekten. Også undersjøiske tunneler med to løp har et tilsvarende frostprofil.
- Undersjøiske tunneler viser seg i stor grad å være påvirket av lokalklimatiske forhold. De fleste ligger i områder med liten frostbelastning, men lokalt kan frosten trenge langt inn. Ved hjelp av ventilasjonsanlegget kan det oppnås en viss styring av frostinntrengningen.
- Noen lange tunneler kan ligge på klimaskillet. Frostinntrengningen i disse tunnelene kan derfor avvike fra det normale bildet f.eks. ved påvirkning fra høytrykk/lavtrykk.
- I tunneler med asymmetrisk frostprofil (i lengre tunneler med stigning og i enveis høytrafikk-tunneler) er det sjelden at nevneverdig frost trenger lenger enn 200-300 m fra øvre åpning / åpning med utkjørende trafikk.

Usikkerheten knyttet til frostinntrengning er så stor at alle tunneler med lengde inntil 500 m skal dimensjoneres for frostmengden ute, definert som F_{10} .

For lengre tunneler må frostinntrengningen vurderes i hvert enkelt tilfelle. Vurdering av lokale forhold legges til grunn kombinert med erfaringer fra lignende tunneler. Om mulig bør det også utføres målinger av trekkforholdene i tunnelen.

706 Vann- og frostsikring ved avskjerming

706.1 Generelt

Vegtunneler skal sikres spesielt mot vann og is. Sikringen utføres som regel ved at det monteres en avskjerming som fører vannet ned til grøft. Dersom frostmengden overstiger angitte grenser, utføres avskjermingen som en isolert konstruksjon.

For konstruksjonstyper, funksjonskrav og dimensjoneringsregler henvises til håndbok 163 "Vann- og frostsikring i tunneler".

Nye konstruksjoner krever typegodkjenning fra Vegdirektoratet. Dette gjelder også modifikasjoner av allerede godkjente løsninger.

706.2 Valg av konstruksjon

Valg av konstruksjon bestemmes ut fra trafikkmengde (tunnelklasse), kjøretøyhastighet, tunnellengde, tunnelstandard, estetikk, frostmengde, krav til vedlikehold og økonomi. I tillegg skal det tas hensyn til eventuelle spesielle forhold ut fra en lokal vurdering.

For tunneler i tunnelklasse E og F skal det benyttes løsninger som inkluderer gjennomgående veggelementer av betong. Veggelementene gis som regel en høyde som tilsvarer 3,5 m over kjørebanelen.

For tunneler i tunnelklasse C og D skal det i innkjøringssonene benyttes løsninger som inkluderer veggelementer av betong.

Lengden av innkjøringssonen skal ses i sammenheng med belysningssonene. Veggelementer skal minst benyttes inn til og med overgangssone I (se tabell 10.3). Dersom sprøytebetong benyttes på resten av strekningen bør den gis en overflatebehandling som gir økt bestandighet, enklere vedlikehold og bedre sikkerhet/kjørekomfort.

Eventuelle alternative løsninger til veggelementer av betong kan bli vurdert i forbindelse med typegodkjenning.

For tunneler i tunnelklasse A og B med sprøytebetong ned til vegbanenivå skal omfanget av overflatebehandling vurderes ut fra de stedlige forhold men skal minst omfatte innkjøringssonen.

Overflatebehandling av sprøytebetong skal minst føres opp til 1,5 m over vegbanenivå.

For lette konstruksjoner av stål og aluminium gjelder at disse bare unntaksvis kan benyttes i de soner som er mest utsatt for aggressivt miljø. Dette gjelder innkjøringssoner og nederste del av veggflater. Detaljerte regler fastsettes i forbindelse med typegodkjenning for slike konstruksjoner.

707 Frostsikring ved hjelp av frostporter

Frostporter skal plasseres minst 150 m inn i tunnelen regnet fra portalåpning. I tillegg skal sted for plassering vurderes ut fra bergforhold og lekkasjeforhold. Som hovedregel vil det være tilstrekkelig med én port. Spesielle trykkrefter og/eller behov for å begrense frostinntrengningen spesielt kan gi behov for to porter.

For nye tunneler skal det benyttes portomramming av betong. I portområdet vil det være nødvendig med en utvidelse av teoretisk sprengningsprofil.

For lysåpning gjelder følgende krav:

- Bredde avhenger av tunnelklasse. Minste tillatte bredde er kjørebanelbredde tillagt 0,25 m på hver side
- Minste fri høyde er 4,7 m
- I åpen stilling skal porten være beskyttet av portomrammingen.

Normalt skal det i tillegg til porten være adgang via vanlig dør. På grunn av de store trykkreftene som kan oppstå skal denne utformes som sluse med dobbel dør.

Slusen kan utnyttes som teknisk rom for el-skap og annet teknisk utstyr for styring av portfunksjonen.

Portområdet skal være sikret mot påkjørsel ved rekkverk. Rekkverket føres parallelt med kjørebanelen til minimum 8,0 m fra porten og deretter ut til siden i et utsvingforhold på 1:10.

Frostport med festeanordninger og maskineri skal være dimensjonert for den statiske vindlast som kan forventes.

Vindlastens størrelse skal vurderes i hvert enkelt tilfelle. Lastens størrelse vil avhenge av lufthastighet i tunnelen og lekkasjeareal i porten under stengning. Vindlasten defineres som en variabel last.

Frostporter skal minst være dimensjonert for følgende statiske vindlast inklusive formfaktor: $p_v = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Lasten virker i begge retninger på porten.

Frostportene styres fra magnetsløyfer i kjørebanelen og skal normalt ha følgende utstyr i tillegg til motorer og el-skap:

- Detektering som sikrer at porten er åpen når kjøretøyet når frem til porten
- Fotoceller som hindrer lukking hvis kjøretøy stanser i åpningen
- Mulighet for styring ut fra målt forurensningsnivå
- Mulighet for styring via temperaturføler
- Batteridrevet likestrømsmotor for automatisk åpning ved strømavbrudd
- Håndspill for manuell betjening
- Belysning.

708 Portaler

Portalene utføres i plasstøpt betong eller som betongelementer og består av en kontaktstøpt del og en frittstående del.

Portallengden skal tilpasses de stedlige forhold. Portalen skal trekkes så langt frem at vegarealet er sikret mot nedfall og ras av stein, jord, samt at innkjøringen er sikret mot snø- og isansamlinger. Lengden på portalen utenfor tilbakefyllingsmasser bør være 1 - 2 meter. Portalen skal avsluttes med en oppstikkende krage på minimum 300 mm.

Av trafiksikkerhetsmessige grunner skal det legges særlig vekt på vannsikker utførelse.

For estetisk utforming henvises til kapittel 5 "Estetikk og kjøreopplevelse".

Vannsikker utførelse av selve portalen ivaretas i hovedtrekk som følger:

- Kontaktstøpt del skal støpes mot en membran som føres ned til drenasjenivå i tunnelsålen
- Det benyttes utvendig membran på frittstående del
- Ved risiko for nedfall og ras på portal vurderes behov for beskyttelse/støtpute i hvert enkelt tilfelle
- Støpeskjøter sikres ekstra ved at det legges inn slanger for eventuell injeksjon.

Se for øvrig håndbok 163 "Vann- og frostsikring i tunneler".

Portalene skal utformes slik at den medvirker til å unngå ulykker. Portalen skal som hovedregel gis en avslutning som i seg selv gjør rekkverk unødvendig (se håndbok 231 "Rekkverk").

Portalene kan sløyfes der forholdene på stedet er særlig gunstige.

Se for øvrig avsnitt 502 "Dagsonene".

8 Drenering

801 Generelt

Vannlekkasjer i tunnel skal føres frostsikkert ut av tunnelen via drencsystemet. Lekkasjer i vegger og heng samles opp ved at det monteres en avskjerming som fører vannet ned til grøft.

Vannlekkasjer i tunnelsåle er like vanlig som lekkasje i vegger og heng og samles opp via drencslaget som plasseres over avrettet traubunn.

I tillegg til drencsystem for lekkasjevann skal det også etableres et eget system for oppsamling av vann fra vasking av tunnelen. Alternativt kan det vurderes å etablere et system for oppsamling av vaskevann utenfor tunnelen.

802 Drencsystem

Når tunnelen er drevet vil fordelingen mellom våte og tørre partier og samlet mengde vann være kjent. Først da vil rørdimensjoner mv. for drencsystemet kunne fastsettes endelig.

Ved dimensjonering av drencsystem skal blant annet følgende forhold vurderes:

- forventet lekkasje
- mulige endringer i lekkasjer over tid
- nedslagsfelt og nedbørmengder i dager
- spesielle vurderinger ved lite fall, fare for tilslamming og/eller begroing av ledninger
- behov for reservemagasin i forbindelse med lavbrekk
- behov for hjelpedrenggrøfter i våte partier (se figur 8.2)
- Spesielt skal det legges vekt på at lekkasje av giftige eller brannfarlige væsker ikke skal spre seg til andre deler av tunnelrommet.

Det skal ikke brukes drencrør med innvendig

diameter mindre enn 150 mm i hovedgrøft og 100 mm i hjelpegrøft.

I tillegg til drencledningen kan det være nødvendig å benytte egen transportledning for drencvann. Det benyttes da egen transportledning fra det sted i tunnelen der samlet lekkasje fører til at 50 % eller mer av drencledningens kapasitet er utnyttet. Egen transportledning vurderes også hvis det er lange strekninger med lite fall og med fare for tilslamming i drencledningen. Alternativt kan det vurderes å øke dimensjonen på drencledningen for å begrense lengden med egen transportledning.

Drencsystemet i undersjøiske tunneler er utsatt for gjengroing. Drencsystemet skal derfor overdimensjoneres med 50 % eller mer i forhold til dimensjonerende kapasitet i ikke-undersjøiske tunneler. Hvis fallet er under 1 % bør kapasiteten økes med 100 %.

Avstanden mellom kummer på samme ledning bør ikke overstige 80 m.

I tunneler med liten trafikk og åpen skulder skal behovet for kummer og avstanden mellom kummer vurderes spesielt.

Hovedregelen er at drencsystemet legges etter at tunnelen er ferdig drevet for å unngå tilslamming. Hvis det er aktuelt med legging av drencsystemet parallelt med driving skal det ved dimensjonering tas hensyn til eventuell uforutsett økning i lekkasjemengden og fare for tilslamming. Det skal da i tillegg legges midlertidig ledning for drifts- og lekkasjevann.

803 Grøfter

Teoretisk sprengningsprofil for grøftebunnen defineres som underkant ledningsfundament. Ledningsfundamentets tykkelse skal være

Tabell 8.1 Krav til minimum avstand fra topp ferdig veg til ledningsfundament uten frostisolasjon

Frostmengde F_{10T} i tunnel (h°C)	Minimum avstand fra topp ferdig veg til ledningsfundament (m)	Kommentar
< 6 000	-	Ingen krav til frostsikring
6 000 - 10 000	1.0	
10 000 - 15 000	1.5	
> 15 000	-	Grøft skal alltid frostisolerers

minimum 150 mm under ledningens underkant og slik at det blir minimum 100 mm under muffen. Ledningsfundamentets bredde skal være minst 1,5 ganger ledningens nominelle diameter eller minst lik ledningens utvendige diameter pluss 200 mm. Det kriteriet som gir størst bredde skal velges.

Grøften skal plasseres i tilstrekkelig avstand fra tunnelveggen slik at fundamentering for eventuelle vann- og frostsikringskonstruksjoner og sikringsstøp kan utføres utenfor grøft i sålenivå.

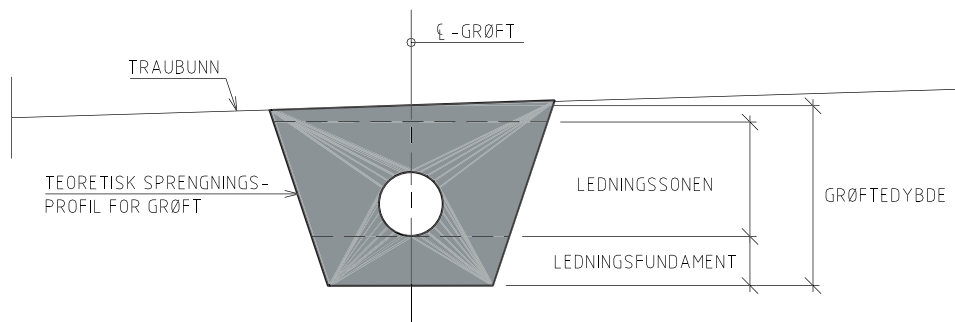
Dersom frostmengden (F_{10T}) i tunnelen er større enn 6 000 h°C skal drencsystemet frostsikres med isolasjon eller tilstrekkelig dyp grøft. Krav til minimum grøftedybde uten frostisolasjon er gitt i tabell 8.1.

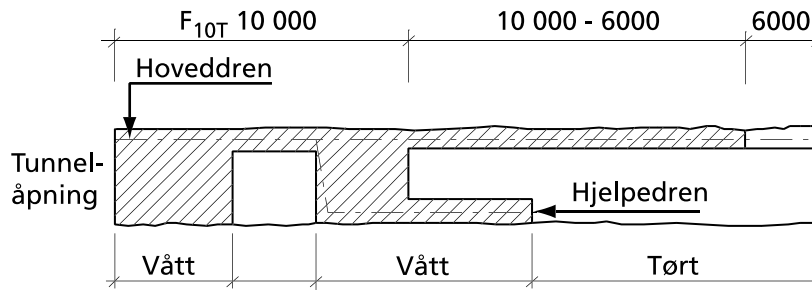
Ved bruk av isolert vegfundament (jf. kapittel 9) ivaretas frostsikringen ved at isolasjonen i vegfundamentet føres over grøft og frem til kontakt med eventuell konstruksjon for vann- og frostsikring av vegg og hvelv.

Risiko for kuldebroer i overgang mellom grøft og vann- og frostsikringskonstruksjon skal vurderes spesielt.

I tilfeller der en har store lekkasjer kan det være hensiktsmessig å anlegge grøfter på hver side i tunnelen.

Til frostsikring av grøfter med isolasjonsplater skal det benyttes ekstrudert polystyren (XPS) med korttids trykkfasthet på minimum 500 kPa dokumentert iht. håndbok 014. Tykkelsen på isolasjonsplatene skal minimum være 50 mm.

**Figur 8.1** Krav til grøftedybde, prinsippkisse



Figur 8.2 Prinsipp for frostsikring ved bruk av isolasjon. Skravert felt viser områder med frostsikringstiltak i sålenivå.

Ved isolasjon av grøftene skal isolasjonen legges dypest mulig i grøfta.

Det må settes krav til komprimering slik at platene ikke overbelastes.

Krav til avrettingsmaterialer i kontakt med isolasjonsplater er gitt i avsnitt 904.2.

Figur 8.2 viser en prinsippskisse av isolert såle og drencsystem i tunnel. I nedkant av lekkasjesoner skal det etableres en avskjæringsgrøft for at ikke vannet i sålen skal kunne spre seg til tørre partier.

804 System for oppsamling av vaskevann

På ledning for oppsamling av vann fra vask av tunnelen skal det monteres sandfang med største avstand 80 m. Sandfangene plasseres fortrinnsvis midt mellom inspeksjonskummene på drencledningen.

Sandfangene skal ha tett bunn, og de bør kunne ta et slamvolum på minst 0,6 m³. Høyden fra bunn til underkant utløpsrør bør være minst 0,75 m.

I tunneler med kantstein skal det monteres sluk for å lede vaskevannet til sandfangene. Det skal

benyttes en sluktype som kan integreres i skulder/kantstein og som tar hensyn til plassbehovet for trekkerør mv. som skal legges forbi sluket.

Dimensjon på ledninger for oppsamling av vaskevann skal være minimum $D = 150$ mm.

Generelt skal tunnelen spyles/vaskes så ofte at det ikke kreves spesielle tiltak for å samle opp vannet utenfor tunnelen, se kapittel 3 "Hensynet til omgivelsene", avsnitt 308.

805 Kummer for slokkevann

Drencsystemet kan suppleres med egne kummer for slokkevann (se avsnitt 602.205). Løsningen betinger at det i tillegg er et eget lukket system for oppsamling av vaskevann. Vaskevannsledningen vil da samle opp ev. brannfarlige væsker og føre disse utenom slokkevannskummene. Kummene skal plasseres i tilknytning til havarinisjene. Løsningen vurderes i samråd med det lokale brannvesen. Kummene kan også benyttes til etterfylling ved vask av tunnelen.

806 Pumpestasjoner, pumpeledninger

Det skal stilles høye krav til driftssikkerhet og til materialkvaliteter. Pumpeanlegget vil som

regel bestå av pumpearrangement og pumpemagasin. I tillegg kommer egen slamutskiller og oljeutskiller. Vanligvis føres dremsvannet inn via slamutskiller, mens spylevannsledningen kobles direkte til oljeutskiller. Størrelsen på pumpemagasinet skal bestemmes ut fra stedlige forhold og det generelle sikkerhets- og beredskapsnivå som velges.

I undersjøiske tunneler skal pumpemagasinet ikke ha mindre volum enn det som tilsvarer 24 timers innlekkasje. De elektriske installasjonene bør plasseres så høyt som mulig slik at pumpene ikke settes ut av drift ved uforutsett overbelastning av pumpemagasinet. Av sikkerhetsmessige hensyn anbefales det å legge en reserve pumpeledning.

Når det gjelder selve pumpeinstallasjonen, skal det tas hensyn til at lekkasjemengdene kan forandre seg over tid. Det kan som eksempel være aktuelt å forberede for en eventuell økning i behovet for pumpekapasitet. Som regel dimensjoneres pumpene med 50 % reservekapasitet.

For å redusere maksimalt effektbehov for tunnelen, bør det planlegges når pumpene skal være i drift. Dette må også ses i sammenheng med hvordan energiprisen varierer over døgnet.

For pumper og pumpeledninger skal det stilles strenge krav til bestandighet. Materialkvaliteter skal være tilpasset vannkvalitet, saltinnhold, krav til levetid mv.

Pumpeledninger bør utføres i plast så lenge krav til trykkklasse kan oppfylles. For pumper tilsier dagens erfaring at det skal benyttes bronselegering ved pumping av saltvann og brakkvann. I selve pumpeinstallasjonen, der tilgangen til rør og rørdeler er enkel, skal pumpeledning monteres med flenser som gir mulighet for enkel utskifting.

9 Vegfundament og vegdekke

901 Generelt

Valg av oppbygning for vegfundamentet bestemmer tykkelsen av samlet vegoverbygning og dermed nivå for teoretisk sprengningsprofil (traubunnsnivå i tunnelsålen). Ved valg av materialer og oppbygning skal det derfor gjøres en teknisk/økonomisk vurdering hvor alle forhold som påvirkes av traubunnsnivået trekkes inn. I tillegg til selve vegfundamentet gjelder dette blant annet følgende forhold:

- Kostnader for sprengning og utlasting
- Behov for frostsikring
- Konsekvenser for grøftedybder og de installasjoner som inngår i drencsystemet
- Konsekvenser for trekkerørtraseer, rørkryss, størrelse på trekkekummer mv.
- Fundamenteringsnivå for valgt konstruksjon for vann- og frostsikring.

Behov for frostsikring skal vurderes i hvert enkelt tilfelle. Sålen skal frostsikres der frostmengden (F10T) i tunnelen er større enn 10 000 h°C. Dersom det kan dokumenteres tørre strekninger i sålen kan frostsikring sløyfes på disse strekningene. Frostinntrengning i tunneler generelt er omtalt i kapittel 7 "Arbeider foran stoff, stabilitetssikring og vann- og frostsikring" avsnitt 705.

Ut fra de krav som er satt til frihøyde og samlet høydeteranse, skal det kontrolleres at de toleransekrav som settes til høyde og jevnhet av de ulike lag som inngår i vegfundament og vegdekke, henger sammen innbyrdes og totalt.

For generelle krav henvises det til håndbok 018 "Vegbygging".

902 Traubunn

Teoretisk sprengningsprofil skal legges på et nivå som gir plass til valgt vegoverbygning, se

avsnitt 903. Nivået for traubunnen skal være sammenfallende med teoretisk sprengningsprofil. I praksis vil etablering av traubunn kreve en utlasting av overskuddsmasser eller oppfylling med egnede masser og avretting. Traubunn skal ha ensidig fall på minst 3 %.

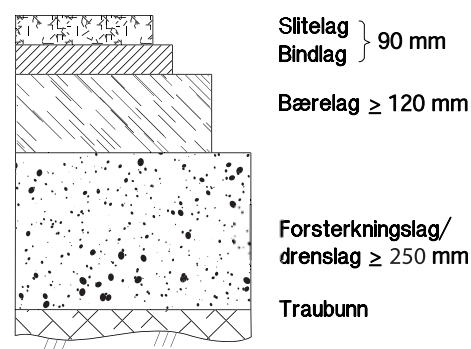
Det forutsettes at gjenværende materialer har tilstrekkelig bæreevne. Dersom bæreevnen under dette nivået ikke er tilfredsstillende, skal det masseutskiftes til et nivå som sikrer bæreevnen.

903 Overbygning uten krav til frostsikring

Et eksempel på løsning for uisolert overbygning er vist i figur 9.1. Ved bruk av Cg som bærelag legges det kun ut et drencslag større eller lik 100 mm, se håndbok 018 for tykkelsen av Cg-laget.

903.1 Forsterkningslag

Forsterkningslaget i tunneler skal bestå av åpne og velgraderte materialer da laget også fungerer som et drencslag i sålenivå. Forsterkningslaget bygges opp av pukk eller kult i minimum 250 mm tykkelse.



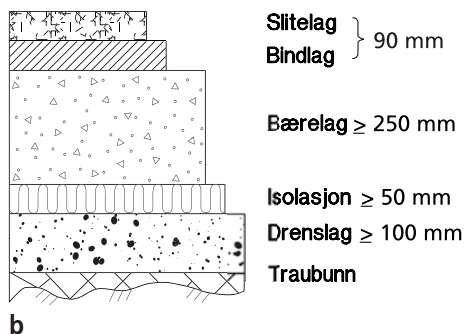
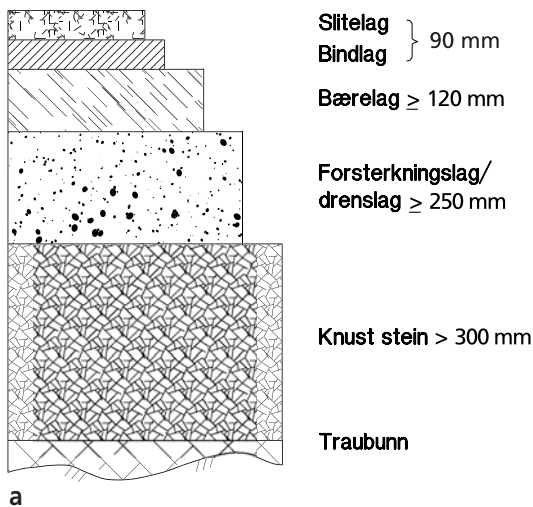
Figur 9.1 Eksempel på vegoverbygning i tunnel uten krav til frostsikring

Anvendt sortering skal maksimalt inneholde 15 % materiale < 2 mm. For øvrig gjelder materialkrav som for forsterkningslag/drenslag i håndbok 018. Eksempler på sorteringer som kan være egnet er 0-64, 10-100, 0-120, 20-120 og 0-150 mm.

Forsterkningslag rettes av med knust fjell (Fk) eller bituminøse masser (f.eks. Gja, Eg, Sg etc. iht. håndbok 018). Korngradering og mengde tilpasses slik at forsterkningslaget "mettes" og forkiles i toppen.

903.2 Bærelag, bindlag og slitelag

Generelt gjelder at bærelag, bindlag og slitelag utføres i henhold til håndbok 018.



Figur 9.2 Frostsikret overbygning i tunnel, med frostsikringslag (a), eller isolasjonsmateriale (b)

For bærelag av sementstabilisert grus (Cg) gjelder spesielle krav gitt i avsnitt 904.2.

904 Frostsikret overbygning

Frostsikret vegoverbygning oppnås enten ved å legge inn et frostsikringslag eller ved bruk av isolasjonsmaterialer som vist i prinsipp på figur 9.2.

Ved store frostmengder bør frostsikringen i munningene vurderes spesielt.

Ved bruk av frostsikret overbygning bør overgangen til veg i dagen sikres for å unngå ising.

904.1 Frostsikringslag

Frostsikringslag etableres ved at traubunn senkes, og fylles opp til underkant forsterkningslag med knust stein som tilfredsstiller kravene i håndbok 018. Overbygningen for øvrig dimensjoneres som for frostfri overbygning, se avsnitt 903.

904.2 Isolasjonsmaterialer og sementstabilisert grus (Cg)

Oppbygging av overbygning ved bruk av isolasjonsplater og sementstabilisert grus (Cg) er vist i prinsipp på figur 9.2b.

Over traubunn skal det legges et drenslag med minimum tykkelse 100 mm. Det skal benyttes stabile fraksjoner som samtidig er drenerende, f.eks. 0-20 mm eller 0-32 mm. Anvendt sortering skal maksimalt inneholde 15 % materiale < 2 mm.

Det stilles samme krav til jevnhet som for topp bærelag.

Isolasjonsplater til frostsikring skal være ekstrudert polystyren (XPS) med fals, tykkelse

minimum 50 mm og med en korttids trykkfasthet på minimum 700 kPa, dokumentert ved prøving iht. håndbok 014 ev. NS-EN 826. Andre isolasjonsmaterialer krever særskilt godkjenning fra Vegdirektoratet.

Tykkelsen på Cg-laget over isolasjonsplatene skal minimum være 250 mm og det skal legges ut i ett lag. Inntil Cg-laget er avbundet tillates ikke annen trafikk på massene enn den som følger av utleggingsprosessen. Sammensetningen av tilslaget i Cg skal vurderes spesielt for å oppnå tilfredsstillende trykkfasthet og komprimering. Bruk av maskinsand kan være aktuelt som erstatning for noe natursand. Komprimeringen av Cg skal ikke skade isolasjonsplatene.

Trykkfastheten for Cg skal være minimum 15 MPa ved prøving iht. NS 3420 I6-1999.

I fersk tilstand er Cg svært ømfintlig for dryppskader fra taket. Fritt vann på overflaten kan også føre til vedheftsproblemer mellom Cg-laget og overliggende asfaltlag. Hvis Cg legges før vann- og frostsikringskonstruksjonen er etablert, må Cg-laget være sikret mot vannlekasjer/drypp på annen måte.

I den første perioden (1-2 uker) etter legging er det spesielt viktig å bevare fuktigheten i Cg-laget av hensyn til herdingen. Behov for herdetiltak vurderes ut fra fuktighetsforhold og lufthastighet (trekk) i tunnelen.

Det kan vurderes å kombinere herdetiltak med klebing, dvs. at klebingen påføres så raskt som mulig etter legging av Cg-laget for å bevare fuktigheten under herding. Ved denne løsningen må bindlaget legges umiddelbart.

Emulgert polymermodifisert bitumen PmBE skal benyttes til klebing mellom Cg og overliggende bituminøse lag.

Klebingen skal utføres så nær opp til legging av bindlaget som mulig. Av hensyn til brytningen av emulsjonen bør klebingen ligge minimum 2 døgn før det legges bituminøse masser oppå. Cg-laget må ikke trafikkeres etter at klebingen er påført da trafikk medfører stor fare for at klebingen blir skadet.

Cg-overflaten må tilnærmet være fri for løse korn og belegg når klebingen påføres. Dersom det er løse korn eller belegg, må overflaten rengjøres med f.eks. børsting og spyling.

Når klebingen påføres skal overflaten fortrinnsvis være tørr. En svakt fuktig overflate (jordfuktig) kan aksepteres. Klebing har lett for å bli skadet av drypp fra hengen. Slike områder må derfor tildekkes.

Klebingen påføres i to omganger med ca. 0,3-0,4 l/m² (emulsjon) hver gang og avstrøs med ca. 2-3 kg/m² tørr sand (0-4 mm) etter hver klebing. Et eventuelt overskudd av sand skal feies bort. Dette gjelder både etter første og andre omgang med klebing.

Beskaffenheten og strukturen i Cg-overflaten kan variere en del. Det skal derfor legges et prøvefelt for å komme frem til hvilke emulsjonsmengder og avstrøingsmengder som fungerer best. På et slikt prøvefelt vurderes vedheften mellom klebingen og Cg-laget.

904.3 Bindlag og slitelag

Generelt gjelder at bindlag og slitelag velges i henhold til håndbok 018.

10 Tekniske anlegg

1001 Krav til teknisk utstyr

1001.1 Generelle krav til elektrotekniske anlegg

Alt utstyr skal være CE merket. I tillegg skal det fra produsent eller dennes representant foreligge en samsvarserklæring om at utstyret er i henhold til de gitte krav.

Levetid skal vurderes for de enkelte utstyrskomponenter, basert på betraktninger omkring levetidskostnader. I tabell 10.1 er det på grunnlag av erfaringer satt opp anbefalt levetid for en del utstyrskomponenter.

Etter at tunnelen er ferdig utrustet skal det minimum være ett ledig trekkerør for fremtidig bruk.

1001.2 Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning

Atmosfæren i tunneler er korrosiv. Dette skyldes kondenseringen av vann fra varm, fuktig

luft. Dette vannet kan være svakt surt på grunn av salpetersyring og salpetersyre, fra nitrose gasser i eksosen. Utstyret skal derfor korrosjonsbeskyttes eller bestå av et korrosjonsbestandig materiale, slik at minimum anbefalt levetid oppnås.

I tunnelklasse C, D, E og F, samt i tunneler med spesielt korrosivt miljø (f.eks. undersjøiske tunneler), skal kabelbruer og armaturer leveres i syrefast stål.

1001.3 Kapslingsgrad

Alt utstyr i trafikkrommet skal ha en kapslingsgrad for støvbeskyttelse på IP6x. Unntaket for dette er motorer på ventilatorer der kravet er IP5x.

Beskyttelse mot skadelig inntrenging av vann skal ha en kapslingsgrad på minimum IPx5.

Krav til kapslingsgrad for en del utstyr er:

- Viftemotor IP 55
- Skap, ledelys og innvendig belyste skilt IP 66
- Armaturer IP 65, nipler på armaturer IP 66
- Koblingsbokser og nipler i trafikkrommet IP 66
- Koblingsbokser og nipler i trekkekummer i bankett og vegoverbygning IP 68

1001.4 Kabler

Kabler som skal benyttes i tunnel inndeles i de tre kabelklassene definert av Statens vegvesen, avhengig av hvilke krav som settes.

EX-kabler skal ikke benyttes.

Normalt skal kabler ligge nedgravet, skjermet mot brann og skader ved påkjørsel. For åpen forlegning av kabler skal det skilles mellom kabler som forsyner utstyr som skal fungere i en brannsituasjon (kabelklasse 3) og kabler

Tabell 10.1 Anbefalt levetid for en del utstyrskomponenter

Installasjoner	Anbefalt minimum levetid [år]
Transformatorer	30
Reservestrømsaggregater	20
Batteribank –bly	8
Batteribank – Ni-Cd	10
Strømkabler	40
Kabelbruer/føringsveier	40
Lysarmaturer	20
Ventilasjon – motor/vifte	20
ITV-kameraer	15
Radiokabler	15
Lyssignaler	15

til ikke-kritisk utstyr (kabelklasse 2). Det skal stilles krav til entydig merking for å skille de enkelte kabelklasser. For kabelklasse 3 bør det i tillegg stilles krav til fargekoding.

Kabelklasse 1

Gjelder kabler som inneholder halogen. Kablene benyttes i grøft, i trekkerør forlagt i grøft samt der hvor kablene er forlagt i andre brannsikre føringssystemer.

Kabelklasse 2

Gjelder kabler for ikke-kritisk utstyr på åpen forlegning. Kablene skal være halogenfrie og tilfredsstillende kravene i følgende standarder:

- Flammehemming:
IEC 60332-1
- Brannspredning på stige:
IEC 60332-3
- Røykutvikling:
IEC 61034-2
- Korrosive avgasser:
IEC 60754-1 og IEC 60754-2.

Kabelklasse 3, Funksjonssikre kabler

Gjelder kabler som skal fungere i en brannsituasjon. Kablene skal i tillegg til kravene for kabelklasse 2 tilfredsstillende kravene til funksjonssikkerhet iht. IEC 60331-21. Det vil si at kabler i klasse 3 skal være funksjonssikre i 90 minutter ved en flammetemperatur på 750 °C.

1001.5 Tekniske rom

Tavlerom og tekniske rom skal ha en driftstemperatur tilpasset det utstyret som skal installeres.

Hvis det installeres kjøleanlegg for å holde kravet til driftstemperatur skal det være et system for automatisk varsling hvis kjøleanlegget faller ut.

1002 Strømforsyning

Der det ligger til rette for det skal strømforsyning sikres ved uavhengig forsyning fra begge tunnelmunninger som kobles sammen slik at det oppnås en ringmating.

1003 Belysning

1003.1 Generelt

Vegtunneler med lengde over 100 meter skal ha belysning.

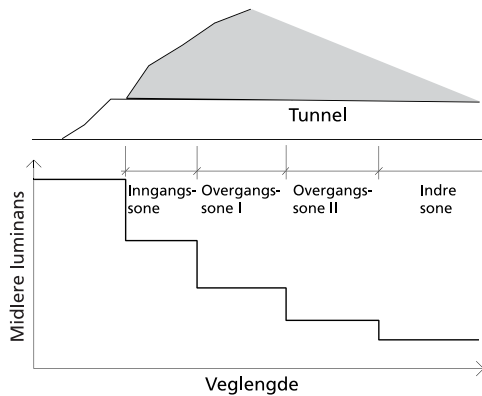
Behovet for belysning i tunneler under 100 meter vurderes blant annet i forhold til lav sol, fare for blinding, belysning på tilstøtende veg etc.

Lyse vegger og dekker i tunnelen kan redusere behovet for belysning forutsatt et tilstrekkelig renhold. Hvitt lys gir god fargegjengivelse og bedre kontrast og bør derfor velges som gjennomgående belysning. I tillegg benyttes høytrykk natrium-lys i innkjørings- og overgangssoner.

1003.2 Lysforhold utenfor tunnel – adaptasjonsluminansen

Adaptasjonsluminansen, L [cd/m^2], utenfor tunnelen er dimensjonerende for belysningsnivåene (luminansnivåene) inne i tunnelen. Adaptasjonsluminansen som skal benyttes ved dimensjonering av tunnelbelysningen defineres som den midlere luminans i et synsfelt som utgjør 20 grader fra bilførerens øye, med synsretning mot et punkt 1,5 meter over kjørebanelen og i en avstand som angitt i tabell 10.2.

Av økonomiske årsaker skal det ikke regnes med adaptasjonsluminans høyere enn 8 000 cd/m^2 . Det skal heller ikke regnes med lavere verdier enn 1000 cd/m^2 . Når en belyst tunnel ligger på en ubelyst veg, skal overgangssoner



Figur 10.1 Prinsippskisse av soner og luminansforløp i tunneler

tilfredsstillende regler som gjelder for veglys utenfor tunneler. Se håndbok 017.

Det luminansnivå en bilfører er adaptert til ved innkjøringen til en tunnel, bestemmer hvilket luminansnivå tunnelens innkjøringssone bør ha for at kjøring inn i tunnelen skal kunne skje på en sikker måte.

Ulike former for anleggsmessige tiltak, som f.eks. avskjerming, vegetasjon, valg av materialer og farger, kan gi redusert lysbehov og generelt bedre sikkerhet i innkjøringssonen.

1003.3 Belysning i tunnel

1003.31 Krav til belysningsnivå (luminansnivå) i tunnel. Soneinndeling

Lysteknisk sett inndeles en tunnel i inn-

Tabell 10.2 Avstanden fra tunnelåpningen til målepunkt for adaptasjonsluminans

Fartsgrense (km/t)	Avstand (m)
50	45
60	60
70	80
80	100
90	130

kjøringssone, overgangssone og indre sone. Se figur 10.1.

Øyets tilpasning (adaptasjon) er tidsavhengig. Den gradvise nedgangen i luminans som kan tillates for å opprettholde tilfredsstillende synsforhold, er derfor avhengig av kjørehastigheten.

Tabell 10.3 angir lengder på inngangssonen og overgangssoner som funksjon av fartsgrense.

Tabell 10.4 gir krav til minste midlere luminansnivå i de ulike belysningssonene som funksjon av trafikkmengde definert som ÅDT (10) og fartsgrense i tunnelen. For tunneler med to løp skal det benyttes trafikkmengden (ÅDT (10)) pr. tunnellop.

Tabell 10.3 Lengde på inngangs- og overgangssoner

Fartsgrense (km/t)	Inngangssonens lengde (m)	Inngangssonens lengde (m)	
		I	II
50	40	70	70
60	50	80	80
70	60	100	100
80	70	110	110
90	75	120	120

Tabell 10.4 Krav til luminans i de ulike belysningssoner, uttrykt som minste midlere luminans om dagen i prosent av adaptasjonsluminans eller som cd/m²

Sone	ÅDT (10)		Skiltet hastighet			
	< 2 500	2 500 - 4 000	4 000 - 8 000	> 8 000		
	-	50 km/t	80 km/t	50 km/t	80 km/t	-
Inngangssone	50 cd/m ²	1.50 %	3.00 %	2.5 %	5.0 %	5.0 %
Overgangssone I	10 cd/m ²	0.30 %	0.60 %	0.5 %	1.0 %	1.0 %
Overgangssone II	2 cd/m ²	0.06 %	0.12 %	0.1 %	0.2 %	0.2 %
Indre sone dag	0.5 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	4 cd/m ²
Indre sone natt	0.5 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	2 cd/m ²

Kravene er gitt som minste midlere luminans om dagen uttrykt i prosent av adaptasjonsluminansen for hver sone eller som cd/m².

Kommentarer til tabell 10.4:

- Krav til luminans ved andre hastigheter finnes ved ekstrapolering/interpolering
- Luminansnivået skal tilfredsstilles for hver sone i full lengde
- Beregnede midlere luminansverdier skal være driftsverdier (lik 75 % av ny verdi)
- Mellom inngangssonen og overgangssone I skal overgangen suppleres med ekstra armaturer når inngangssonens midlere luminans er > 250 cd/m² (normalt vil 2-6 stk. 400 W Na-H armaturer være tilstrekkelig)
- Hvis nedtrapping i lysnivå fra overgangssone II til indre sone blir større enn 5:1, skal det lages en nedtrapping med en overgangssone III med samme lengde som overgangssone II
- Indre sone skal ha to nivåer, dag og natt
- I tunnelklasse D, E og F kan det være aktuelt å øke luminansnivået til 6 cd/m² (dag) / 3 cd/m² (natt) der trafikkmiljøet er særskilt krevende, f.eks. i tunneler med rampetilslutninger og sterkt belastede vekslingsstrekninger.

Krav til luminansjevnhet

For overgangssoner og indre soner skal den totale luminansjevnhet være:

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_{\text{mid}}} \geq 0,4$$

For overgangssoner og indre soner skal den langsgående luminansjevnhet være:

$$U_l = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \geq 0,6$$

Kravene gjelder ikke for tunneler med ÅDT(10) under 2 500.

I tunnelene tillatt for gang- og sykkeltrafikk, skal minimum luminansnivå være 2 cd/m².

Beregninger foretas som angitt i de nyeste publikasjoner om tunnelbelysning utgitt av CIE.

Lysfordelingen skal være slik at tunnelvegger blir belyst i ca. 1,5 meters høyde over kjørebanelen.

1003.32 Belysning i nisjer

Havarinisjer og snunisjer skal belyses særskilt slik at de visuelt skiller seg ut fra tunnelen for øvrig.

1003.4 Armaturavstand

Ved ugunstig kombinasjon av kjørehastighet og armaturavstand i lengderetningen kan det oppstå flimring for den kjørende. For relativt korte soner fører dette ikke til problemer. I meget lange tunneler kan det oppstå ubehagsvirkninger. For å unngå ubehagelige flimmergevirkninger bør en unngå avstander mellom lyspunktene hvor passering skjer med en frekvens som ligger i intervallet 2,5 til 15 Hz.

For belysningssoner hvor kjøretiden er mindre enn 2 minutter, kan en se bort ifra flimring.

1003.5 Armaturer

Armaturene skal være enkle å vedlikeholde og hensiktsmessige ved skifting av lyskilder. Utskiftbar optikk (reflektor, glass) anses fordelaktig.

I tunnelklasse A og B ($\text{ÅDT}(10) < 2\,500$) skal armaturene ha dyptrukket skjerm for oppnå god visuell føring.

1003.6 Sikkerhetsbelysning

Sikkerhetsbelysning arrangeres ved at hver fjerde eller femte armatur lyser i ca. 1 time etter at strømmen faller ut.

1004 Ventilasjon**1004.1 Krav til luftkvalitet i tunneler****1004.11 Generelt**

Ventilasjonsanlegg skal dimensjoneres for forventet forurensningsnivå 10 år etter åpningsåret ($\text{ÅDT}(10)$).

Med en normal sammensetning av gassene i eksosen er det bare nødvendig å sette grenser for tillatt konsentrasjon av karbonmonoksid (CO-gass) og nitrogendioksid (NO_2 -gass). Konsentrasjonen av de øvrige giftige gassene byr ikke på helsemessige faremomenter hvis en sikrer tilstrekkelig uttynning av CO- og NO_2 gassene. For å sikre tilstrekkelig kontroll over konsentrasjonene i tunnel skal det minst installeres målere for kontroll av nivået for CO- og NO_2 gass midt i tunnelen og ved hver ende. I enveiskjørt tunneler er det ikke behov for målere i innkjøringssonen.

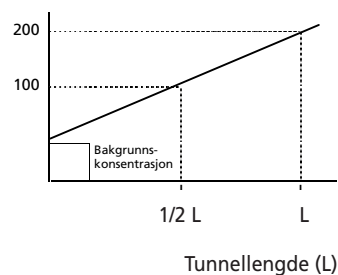
Måleområdet for CO skal være minimum 0 – 300 ppm.

Måleområdet for NO_2 skal være minimum 0 – 25 ppm.

1004.12 Tillatt konsentrasjon for karbonmonoksid, nitrogendioksid og siktforurensning

For tunneler med langslufting øker forurensningsgraden i tunnelens lengderetning fra inntak av friskluft til det stedet hvor forurenset luft slippes ut. Ved fastsettelse av tillatt konsentrasjon for dimensjonering av nødvendig friskluftbehov, skal det tas hensyn til bakgrunnskonsentrasjon som finnes i inntaksluften.

Konsentrasjon av CO (ppm)



Figur 10.2 Tillatt CO-konsentrasjon i tunneler (Bakgrunnskonsentrasjonen varierer fra sted til sted).

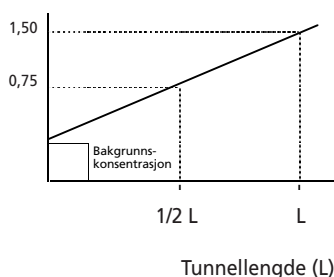
Tabell 10.5 Tillatte konsentrasjoner av CO, NO₂, NO_x, NO og siktforurensning

	Tillatte konsentrasjoner *	Forutsetninger
CO	$C_{CO} = 200 \text{ ppm}$	Ved drift skal konsentrasjonen 100 ppm bare nås unntaksvis midt i tunnelen og ikke overskrides. Hvis CO-måler plassert midt i tunnelen registrerer 100 ppm i mer enn 15 minutter, skal tunnelen stenges for trafikk. Ved normal trafikk skal CO-innholdet i luften være vesentlig lavere. Dette oppnås ved å styre ventilasjonsanlegget slik at ventilatorene kobles i grupper og trinnvis. Feks. starter første trinn ved 25 ppm, annet trinn ved 50 ppm og alle tre ved 75 ppm. Dette gjelder for styring fra CO-måler midt i tunnelen. Tilsvarende verdi i hver ende av tunnelen er 2 x konsentrasjonen midt i tunnelen.
NO₂	$C_{NO_2} = 1,5 \text{ ppm}$	Dersom NO ₂ - konsentrasjonen overstiger 0,75 ppm i mer enn 15 minutter målt midt i tunnelen, skal tunnelen stenges for trafikk. NO _x er fellesbetegnelse for nitrogenoksidene og består hovedsakelig av NO og NO ₂ . Det antas at andelen av NO ₂ er 10 % av NO _x .
NO_x	$C_{NO_x} = 15 \text{ ppm}$	
NO	$C_{NO} = 13,5 \text{ ppm}$	
sikt	$C_{sikt} = 1,5 \text{ mg/m}^3$	

* Tillatte konsentrasjoner benyttes for beregning av nødvendig friskluft som skal tilføres tunnelen (vedlegg C).

Omregningsfaktor $\text{mg/m}^3 \text{ CO} = 1,20 \text{ ppm}$
CO.

Konsentrasjon av
NO₂ (ppm)



Figur 10.3 Tillatt NO₂-konsentrasjon i tunneler (Bakgrunns-konsentrasjonen varierer fra sted til sted).

1004.2 Mekanisk ventilasjon

1004.21 Generelt

Mekanisk ventilasjonssystem skal monteres i tunneler med lengde over 1 000 m og med ÅDT > 1 000.

Mekanisk ventilasjonssystem dimensjoneres ut fra krav til luftkvalitet (1004.1) og brann-ventilasjon (1005).

Mekanisk langslufting baseres på bruk av impulsventilatorer. I lange eller sterkt trafikerte tunneler eller hvor bestemte forurensningskrav gjøres gjeldende i områdene rundt tunnelåpningene, vil ventilasjon ved hjelp av ventilasjonstårn være aktuelt. Selv om det bygges ventilasjonstårn, vil det ofte være nødvendig å installere impulsventilatorer for å oppnå kontroll med luftmassene i tunnelen.

Tabell 10.6 Akseptabelt luftkvalitetsnivå for CO og NO i tunneler som er tillatt for gående og syklende

Lengde (km)	CO (ppm)	NO (ppm)
0 - 1	100	2
1 - 4	25	2

Lufthastigheten bør ikke overstige 10 m/s i envegskjørtede og 7 m/s i tovegskjørtede tunneler, ut fra hensyn til installasjons- og driftskostnader, oppvirling av støv, regulering av lufthastighet ved brann etc.

For dimensjonering av ventilasjonsanlegg, se vedlegg C.

1004.22 Impulsventilatorer

Avstanden mellom impulsventilatorene i tunnelens lengderetning skal minimum være 70 meter for å oppnå jevn og stabil luftstrøm mellom hver vifte eller viftegruppe.

For å kunne styre røyken i ønsket retning ved brann, kreves det at impulsventilatorene skal være reverserbare.

I tunneler med trafikk i én kjøreretning vil ventilasjonsretningen som regel være den samme som trafikketningen.

1004.23 Ventilatorer plassert i ventilasjonstårn eller tverrslag

Ved å dele en tunnel inn i flere ventilasjonsavsnitt ved hjelp av sjakter eller tverrslag skapes det muligheter for å fornye luften i et langsluftingsystem. Anlegg av ventilasjonstårn og tverrslag fører imidlertid til at luftstrømmen gjennom tunnelen blir mer komplisert, og krever detaljerte beregninger og planlegging, tilpasset det konkrete anlegget.

1005 Brannventilasjon

For tunneler hvor det installeres ventilasjonsanlegg, skal dette også dimensjoneres ut fra krav til brannventilasjon.

Ved brann og røykutvikling skal lufthastigheten kunne reduseres til en lavest mulig lufthastighet, men tilstrekkelig til å kontrollere at røyken beveger seg i ønsket retning. Ventilasjonsretning skal defineres i samarbeid med brannvernmyndighetene i forbindelse med utarbeidelse av beredskapsplanen.

Ventilasjonsanlegget skal dimensjoneres for å kunne kontrollere en brann på 20, 50 eller 100 MW avhengig av trafikkmengde. Se kapittel 6 "Trafikk- og brannsikkerhet" avsnitt 605.

For tunneler over 500 meter og midlere stigning $\geq 2\%$ er det gitt en beregningsmodell for brannventilasjon i vedlegg D.

For øvrige tunneler (stigning $< 2\%$) skal netto dimensjonerende lufthastighet være opp til 3,5 m/s for tunneler dimensjonert for en 20 MW brann, mellom 3,5 og 5 m/s for brann 20 - 50 MW og minimum 5 m/s dimensjonert for brann ≥ 50 MW.

For å oppnå en slik kontrollert strømming i tunnelen, skal ventilasjonen utformes slik at:

- den har kapasitet til å overvinne trykkoppbygging i tunnelen. Både på grunn av generell oppdrift, ekstern vind og selve brannen, samt eventuell naturlig trekk på grunn av temperaturforskjeller ute og inne
- det sikres tilstrekkelig kapasitet i ventilasjonsanlegget i den tid som er nødvendig for å kunne evakuere tunnelen.

11 Drift og vedlikehold

1101 Generelt

For nye tunneler eller tunneler der utstyret er oppgradert er det anleggsledelsen som har ansvaret for at det sammen med personell fra driftsorganisasjonen blir laget dokumenterte rutiner for drift og vedlikehold av utstyr og strukturelle elementer. Dette innebærer også inspeksjon av berg og andre konstruksjons-elementer.

Drift og vedlikehold skal sørge for at det sikkerhetsnivået som er bygget inn i tunnelen opprettholdes ved at forutsatte funksjonskrav oppfylles og at funksjonssikkerheten ivaretas.

Viktige elementer i denne forbindelse er:

- Behovsbasert ressursbruk hvor innsatsen løpende vurderes, korrigeres og tilpasses faktiske behov
- Riktige kompetansenivå i de ulike ledd i organisasjonen.

Drift og vedlikehold skal så langt det er mulig utføres etter systematiske rutiner og med tilhørende gitte tidsintervall. Levetidsbetraktninger skal legges til grunn for vedlikeholdet av konstruksjoner og tekniske anlegg. Optimalisering av vedlikeholdsfrekvenser skal redusere sannsynligheten for uøkonomisk utskifting.

Den systematiske planleggingen skal inkludere én eller flere av følgende vedlikeholdsmetoder:

- Kalendertidsbasert vedlikehold
- Driftstidsbasert vedlikehold
- Tilstandsbasert vedlikehold

Vedlikeholdsmessig deles tunnelen opp i konstruksjoner, vegoverbygning, vegdekke og tekniske installasjoner.

Det skal gjennomføres en kontinuerlig vurdering av energiøkonomiserende tiltak (ENØK).

Arbeidsvarsling ved arbeid i tunnel, se avsnitt 604.

Håndbok 111 "Standard for drift og vedlikehold" fastsetter til enhver tid de krav som gjelder. Avvik fra dette avtales med Vegdirektoratet. Supplerende informasjon fremgår av temahefte til håndbok 111.

1102 Vedlikeholdsmetoder

1102.1 Generelt

Alle drifts- og vedlikeholdsoppgaver som blir utført, både planlagte tiltak og akuttoppgaver, skal dokumenteres ved hjelp av et FDV- (forvaltning, drift og vedlikehold) -program (PLANIA). Dokumentasjonen skal kunne verifisere standardoppnåelse og eventuelle standardavvik. Dokumentasjonen kan knyttes til verifisering av kravene til internkontroll. Dersom det unntaksvis benyttes manuelle systemer for oppfølging skal det benyttes kontrollskjema der det kvitteres ut at oppgaven er utført.

Gjennom systematisk bruk av FDV-programmet vil erfaringene som tas ut fra de historiske data gi avgjørende kunnskap om de løsninger som er valgt og det utstyret som er benyttet. Denne kunnskapen skal hele tiden evalueres og vil samlet sett til enhver tid kunne gi tunnel-eier den informasjon som er nødvendig for å videreutvikle løsninger og metoder med tanke på et enda mer optimalt vedlikehold.

Gjennom bruk av dette programmet vil man få en samlet oversikt over tekniske data knyttet til den enkelte tunnel, inklusive tegninger og beskrivelser av alt utstyr som er benyttet.

1102.2 Kalendertidsbasert vedlikehold

Kalendertidsbasert periodisk vedlikehold benytter bruk av standardiserte arbeidsordrer

basert på kalendertid. Eksempelvis ukentlig, månedlig, annenhver måned, osv. Intervallene tilpasses det tidsrom som det vanligvis vil gå mellom hver gang det er nødvendig med et tiltak.

I arbeidsordrene skal det stå hva som skal utføres hver gang, og hvilke autorisasjoner og kompetanse som kreves. Det skal avmerkes etter hvert som de forskjellige oppgavene er utført. Arbeidsordren skal signeres av den som er ansvarlig for at arbeidet er utført iht. instruks.

Kalendertidsbaserte arbeidsordrer er en enkel metode dersom en ikke har andre rutiner, og sikrer at det skjer et systematisk vedlikehold. Et optimalt vedlikehold krever kontinuerlig endring av intervallene mellom de ulike oppgavene.

1102.3 Driftstidsbasert vedlikehold

Driftstidsbasert periodisk vedlikehold er i prinsippet basert på samme type arbeidsordrer som beskrevet i 1102.2, men intervallet vil variere i tid basert på utstyrets brukstid.

De arbeidsordrene som utarbeides skal ta utgangspunkt i at komponentene har automatiske registreringssystemer i form av timetellere. Basert på antakelser om når det foreskrevne antall timer vil bli nådd, utarbeides arbeidsordre som inneholder beskrivelse av krav til tiltak.

1102.4 Tilstandsbasert vedlikehold basert på inspeksjon

Tilstandsbasert vedlikehold bygger på at tilstanden blir registrert, og at en planlegger vedlikeholdet ut fra resultatet av registreringer. En del installasjoner og konstruksjoner skal ha rutiner for vedlikehold som hindrer at det oppstår unødig slitasje eller skader. Dette

innebærer et sett av rutiner for inspeksjon, service og vedlikehold som skal gjøres når det er behov for det, og ikke med faste intervall.

Vedlikeholdet kan skje ved at tilstanden registreres basert på inspeksjon. Resultatet av registreringen vurderes, og det bestemmes om det skal foretas vedlikehold, eller om det skal avventes til neste registrering.

1102.5 Tilstandsbasert vedlikehold basert på måling av tilstand

Dette er i prinsippet samme form for vedlikehold som beskrevet i avsnitt 1102.4. I stedet for inspeksjon benyttes målinger for å vurdere tilstanden til de forskjellige komponenter. Eksempelvis på vifter og pumper der det monteres temperaturfølere på lager for å kontrollere for varmgang, og vibrasjonsmålere for å vurdere om det er avvik fra normal funksjon. Resultatet av målingene brukes på samme måte som resultatet av inspeksjoner til å vurdere når tiltak skal iverksettes.

1102.6 Erfaringsdata fra systematisk vedlikehold

Uavhengig av vedlikeholdsmetoder er det avgjørende å få lagt alle nødvendige opplysninger inn i FDV-programmet PLANIA som vil gi en database med erfaringsmateriale som viser skader, driftsproblemer og andre hendelser som oppstår over tid. Dette programmet vil, når justering av rutinene skal vurderes, kunne bidra til å finne frem til forhold som må forbedres eller endres fordi hendelser skjer oftere enn det man ønsker ut fra sikkerhets- og/eller økonomiske vurderinger.

Det skal lages rutiner for at erfaringsdata fra drift og vedlikehold blir lagt til grunn ved planlegging og bygging av fremtidige anlegg. Programmet skal benyttes til å sikre en

kontinuerlig aktiv optimalisering av tunnelvedlikehold.

1103 Vedlikehold av konstruksjoner

1103.1 Generelt

Kravet til vedlikeholdsstandard for konstruksjonselementene framgår av håndbok 111 "Standard for drift og vedlikehold" og anbefalte rutiner for vedlikehold fra de ulike leverandører. Prosjektansvarlig ved nyanlegg eller ombygging har ansvaret for at tilstrekkelig dokumentasjon er klar ved overleveringen. Dokumentasjonen skal inneholde beskrivelser av konstruksjonselementene og instruksjoner for inspeksjoner og eventuelt vedlikehold av dem. Dette skal inngå i vedlikeholdsmanualen for tunnelen.

1103.2 Funksjonskontroll

Funksjonskontrollen skal sikre at alle konstruksjonselementer over tid fungerer i henhold til kravene i funksjonsbeskrivelsen. Det skal utarbeides kontrollrutiner som sikrer dette. Hensikten er å sikre at komponenten oppfyller de krav til funksjonssikkerhet som er satt, og sikre at standarden ikke faller under et definert akseptabelt nivå uten at tiltak igangsettes. Det vil som regel være aktuelt å utarbeide funksjonskontroll for et fåtall av konstruksjonselementene.

Eksempel på inndeling i konstruksjonselementer hvor det utføres funksjonskontroll:

- portaler
- konstruksjoner for vann- og frostsikring
- tetningsdetaljer
- stabilitetssikring
- bygninger for tekniske anlegg
- pumpestasjoner

1103.3 Tilstandsvurdering

Jevnlig registrering og vurdering av de enkelte

elementers standard skal inngå i faste rutiner slik at fremtidige vedlikeholdstiltak og ressursbehov kan planlegges. Tilstandsvurderingen kan deles inn i flere nivåer, for eksempel hovedettersyn som utføres med et fastlagt intervall. Når hovedettersyn påviser at noe bør gjøres snart, bestilles et særettersyn. Dette utføres for å få vurdert hvor omfattende skaden er, og skal også resultere i et forslag til reparasjon eller utskifting.

Intervallene mellom disse vurderingene vil variere fra årlige til flerårige rutiner. For hovedettersyn deles tunnelkonstruksjonen i elementer. For hver av disse foretas følgende beskrivelse:

- elementbeskrivelse
- tilstandsvurdering
- anbefaling av tiltak
- økonomivurdering
- avhengighet av andre tiltak ved utførelse
- tidsplan for gjennomføring og budsjettforslag.

Eksempel:

Tilstandsvurdering av veggelementer av betong utføres eksempelvis hvert 3. år. Følgende forhold registreres:

- misfarging av overflater
- flater med fukt
- lekkasjepunkt
- vannførende sprekker
- sprekker og riss
- betongavskalling
- saltutslag
- kondens
- behov for prøvetaking, spesielt i innkjøringssonene (karbonatisering, klorider)
- slitasje, glans og farge av ev. overflatebehandling/maling dårligere enn standard.

1104 Vedlikehold av vegdekke og drens-system

1104.1 Generelt

Vedlikeholdet omfatter:

- Vegdekke
- - fornyelse
- - renhold
- - støvkontroll
- - oppmerking
- - vinterrelaterte oppgaver som friksjonskontroll og fjerning av is
- Drenering
- Kantstein og skuldre/sidearealer.

Funksjonskravene vil som regel være de samme som for tilsvarende elementer på veg i dagen.

1104.2 Funksjonskontroll

Det vil vanligvis være krav til funksjonskontroll kun for oppmerking og drenering. For andre elementer på vegbanen eller i vegkroppen vil det være nødvendig å sette krav til at funksjonen må kontrolleres.

1104.3 Spesielle krav

Vegdekker:

Ved dekkelegging skal det tas hensyn til spesielle materialkrav for dekker i tunneler og forutsetninger for installert belysning (se kapittel 9 og 10). Av yrkeshygieniske hensyn bør tilslagsmaterialer i vegdekker med høyt innhold av alfakvarts unngås i høytrafikkerte tunneler. Dette er spesielt viktig i områder hvor piggdekk benyttes i stort omfang.

Oppmerking:

For å sikre at kantlinjen holdes synlig skal det benyttes profilert vegoppmerking, se avsnitt 414.4.

Drenering:

Vann i vegkroppen eller på vegbanen skal ikke

forekomme som en følge av manglende vedlikehold av drens-systemet.

Dreneringens funksjon kontrolleres og rørsystemet gjennomspyles minst hvert 3. år. Drene-ringens tilstand vurderes også i forbindelse med renhold og forefallende vedlikeholdsarbeider.

Deponering av slam fra kummer og oppsamlingsbasseng i tunneler skal skje på godkjent sted/fyllplass for den aktuelle avfallstype.

I undersjøiske tunneler vil drenerings- og overvannsledninger ofte ha større dimensjoner enn i tunneler for øvrig (se kapittel 8 "Drenering"). Dette gjelder spesielt for flate partier der det er fare for at bakterievekst kan forekomme i perioder. Det kan da være et behov for hyppigere funksjonskontroll og eventuell gjennomspyling.

1105 Vedlikehold av tekniske installasjoner

1105.1 Generelt

Sikkerhetsutstyr i tunneler skal fungere etter sin hensikt. Drift og vedlikehold av de tekniske installasjonene er normalt den delen av tunnelvedlikeholdet som krever størst innsats. Det dreier seg om hyppige og gjentatte oppgaver som i mange sammenhenger kan betegnes som service. Vedlikeholdet skal som hovedregel være systematisert ved at det utarbeides arbeidsordrer med foreskrevne vedlikeholds-rutiner iht. FDV-programmet PLANIA.

1105.2 Vedlikeholdsmanual

For å kunne utføre et systematisk vedlikehold av anleggene, skal det foreligge en vedlikeholdsmanual, slik at alle som er involvert i drift og vedlikehold av tunnelen bruker de samme rutiner. anbefalte rutiner gitt av leverandør skal inngå i grunnlaget for manualen.

Informasjon fra leverandører skal foreligge på elektronisk form.

Manualen skal inneholde en nøye beskrivelse av utstyret, betjeningsmuligheter, funksjon for elementene og prosedyrer for kontroll og prøving.

Manualen skal for hvert element inneholde informasjon om:

- beskrivelse av utstyret
- hensikten med utstyret
- funksjonskrav
- krav til funksjonssikkerhet
- beskrivelse av feilmuligheter
- beskrivelse av deler som skal vedlikeholdes
- service- og reparasjonsprosedyrer.

I tillegg benyttes funksjonskontroll- og tilstandsvurderingsskjema.

1105.3 Funksjonskontroll

For å sikre at utstyr og installasjoner til enhver tid fungerer som forutsatt, skal det legges opp manuelle eller automatiske funksjonskontroller. Hvor ofte dette skal skje er avhengig av utstyrets driftssikkerhet og viktighet. Intervallene for manuell funksjonskontroll kan være alt fra ukentlig til månedlig, halvårlig, årlig, eller lengre perioder.

1105.4 Tilstandsvurdering / inspeksjon

Tilstandsvurdering av utstyret gjennomføres etter planlagte intervaller.

Intervallene kan være forskjellige for de forskjellige anleggene og konstruksjonene som inngår i en tunnel. Det kan også vurderes om tilstandsvurderingen skal utføres av utenforstående entreprenører. Det er også aktuelt ved enkelte intervaller å supplere med mer grundige tilstandsvurderinger utført av spesialister.

Sikkerhetsgodkjenning i driftsperioden

Tunnelene skal sikkerhetsgodkjennes av Vegdirektoratet minst hvert 6. år for at tunnelen kan ha normal trafikk.

1106 Renhold

Det skal legges opp til et renhold som ivaretar følgende krav:

- hensynet til trafikantene og deres opplevelse av tunnelen
- hensynet til arbeidsmiljøet i tunnelen
- hensynet til installasjonenes driftssikkerhet, levetid og økonomi
- hensynet til miljøet og omgivelsene.

Renholdet i tunneler skal omfatte hele tunnelen med installasjoner og utstyr.

Trafikantene skal sikres et renholds nivå hvor nedsmussing av kjørebane, sideareal, vegger og utstyr ikke forringer trafikantens miljøopplevelse vesentlig fra ren tunnel.

Trafikantenes oppfatning av miljøet i en tunnel baseres ofte på sanselige inntrykk som lukt, synsinntrykk og støy. Mange trafikanter føler utrygghet ved kjøring i tunnel. Et rent og lyst miljø uten lukt av avgasser og uten støv fra vegbanen vil være viktige faktorer for trafikantenes trygghets- og trivselsoppfatning. Renholdsstandarden vil være et av de viktigste bidragene til trafikantenes kjøreopplevelse.

Renholds nivået bør være så høyt at støvplager ikke forekommer. Avleiringer på tunnelvegger, sideareal og kjørebane som inneholder PAH-forbindelser, bly, sink, nikkel og andre tungmetaller, skal fjernes før ansamlingen av slike stoffer kan opptre som miljøfarlig avfall i tunnelen og for miljøet utenfor. For ivaretagelse av HMS for drifts- og vedlikeholdspersonell vises det til håndbok 213 "HMS ved arbeid i trafikkerte vegtunneler".

Funksjonssvikt på installasjoner og utstyr skal ikke kunne oppstå som en følge av manglende renhold. Det tenkes her på varmgang i mekaniske komponenter, overslag i elektriske komponenter på grunn av forurensning, kryptøm osv.

1107 Vintervedlikehold

Rim og isdannelse på vegbanen som følge av utstråling kan man se bort fra i tunneler, med det vil alltid være nødvendig å vurdere spesielle tiltak mot iskjøving i frostsone nær tunnelåpningene.

Det skal legges opp til et vintervedlikehold som sikrer tilstrekkelig veggrep for trafikantene i tunnelens innkjøringssone og tilhørende dagsone. Iskjøving i tunnel eller forskjæring skal utløse tiltak før det kan oppstå risiko for trafikantene eller skader på konstruksjoner og utstyr.

12 Dokumentasjon ved overlevering

Ferdigstillelsesdokumentasjon, som inneholder all dokumentasjon som kan ha betydning for framtidig drift, vedlikehold og utvidelser, leveres til Veg- og trafikkavdelingen senest ved overleveringen, se håndbok 151 "Styring av utbyggingsprosjekter". Dokumentasjonen skal være systematisk lagret og skal overleveres på elektronisk form. De deler av dokumentasjonen som er relevant for drift og vedlikehold av tunnelen med utstyr skal knyttes til Statens vegvesens standard FDV-program PLANIA (FDV = forvaltning, drift, vedlikehold). Dette gjelder opplysninger om konstruksjonselementer, type utstyr, drifts- og vedlikeholdsrutiner / instruksjoner med tilhørende intervaller, leverandører, garantidokumentasjon osv.

Konkret hvilken dokumentasjon og i hvilken form den skal leveres skal avklares med Veg- og trafikkavdelingen allerede i planfasen. Krav om dokumentasjon fra leverandørene skal beskrives i anbudet.

Før tunnelen overleveres skal det kjøres en test på at anleggene virker slik de er forutsatt. Det skal også lages en dokumentasjon av denne testen som skal følge med ved søknad om sikkerhetsgodkjenning før åpning og ved overleveringen.

Dokumentasjon på sikkerhetsgodkjenningen skal være med ved overleveringen til driftsorganisasjonen.

I tillegg skal det utarbeides teknisk og økonomisk sluttrapport når anlegget er satt under trafikk, senest tre måneder etter at prosjektet er overlevert. Sluttrapporten føres etter fastlagt mal. Malen er i elektronisk form og finnes på Statens vegvesens intranettsider.

Dokumentasjon av geologiske forhold som skal overleveres til driftsorganisasjonen

Det skal i samarbeid med tunnelforvalteren lages en god dokumentasjon over forhold som er viktig å ta vare på med hensyn til inspeksjonsrutiner som skal etableres i driftsfasen, og hvilke forhold en spesielt skal følge med på. Det er også viktig at forhold som avdekkes i byggefasen blir dokumentert.

A Vurdering og beregning av luftforurensning fra vegtunneler

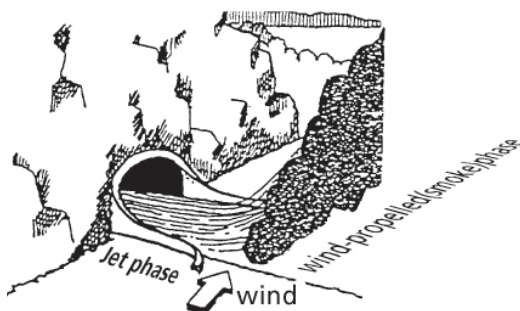
Utslipp gjennom tunnelåpning

En forenklet metode for spredningsberegninger for vegtunneler er gitt i det etterfølgende.

Metoden er empirisk, basert blant annet på målinger fra spredning av sporstoff utenfor munnings og den atmosfæriske spredningsmodellen tilpasset spredning av utslipp ved bakken. Beregningsmetoden er presentert som nomogrammer, se figurene A.2 – A.4.

Luftforurensningen ut av tunnelåpningen beskrives som to faser, jetfase og vinddrevet (plume-) fase. I jetfasen er det i første rekke lufthastigheten ut av tunnelåpningen (u) som er avgjørende, mens i vinddrevet fase er det atmosfæreforholdene (bl.a. typisk vindhastighet w) som er viktigst. Dette er skjematisk fremstilt i figur A.1. De valgte parametre er avhengig av representative målinger. Overgangen fra jetfase til vinddrevet fase er svært komplisert og er valgt etter skjønn.

For å kunne beregne luftforurensningskonsentrasjonen best mulig i bestemte punkter utenfor tunnelåpningen, utføres målinger av atmosfæreforholdene i området (vind, stabilitet, etc.) over lengre tid. Målingene skal dekke vinterforhold fordi forurensningene da vanligvis er størst. I tillegg er det nødvendig å vurdere bakgrunnskonsentrasjonen i området.



Figur A.1 Jetfase og vinddrevet (plume-) fase

Topografien sammen med utformingen av portalene ved tunnelåpningene kan også ha stor betydning for spredningsforløpet.

Nomogrammer til bruk ved spredningsberegninger

Nomogrammene er vist i figurene A.2, A.3 og A.4.

Nomogrammene er best egnet til å gjøre en første vurdering for å fastslå om forurensning fra tunnelmunningen kan være et problem. Dersom det er tilfelle, skal det gjennomføres mer detaljerte beregninger med egne beregningsmodeller.

Nomogrammene kan brukes for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). I NO₂-beregningene legges det til 60 µg/m³ for å ta hensyn til at NO fra tunnelen reagerer med ozon (O₃) og danner NO₂. Nomogrammene kan ikke brukes til å beregne døgnmiddelkonsentrasjoner av PM₁₀. I slike tilfeller skal det gjennomføres en mer grundig utredning av bl.a. spredningsforholdene. NO₂ er som regel dimensjonerende ved tunnelmunningen.

1. Definisjoner

- C = grenseverdi [-]
- C_t = konsentrasjon i utslipp fra tunnel [-]
- w = vindhastighet [m/s]
- u = beregnet lufthastighet i tunnel [m/s]
- jetfase
- _____ vinddrevet fase (plumefase)

2. Begrensninger i nomogrammene

- Tunneltverrsnitt AT = 48 m²
- Nomogrammene benyttes ikke for w < 1 m/s og u > 8 m/s

For øvrig vises til NILU rapport nr 27/82 (ref. 23179) «Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler» for fullstendig beskrivelse.

Forklaring på bruk av nomogrammene:

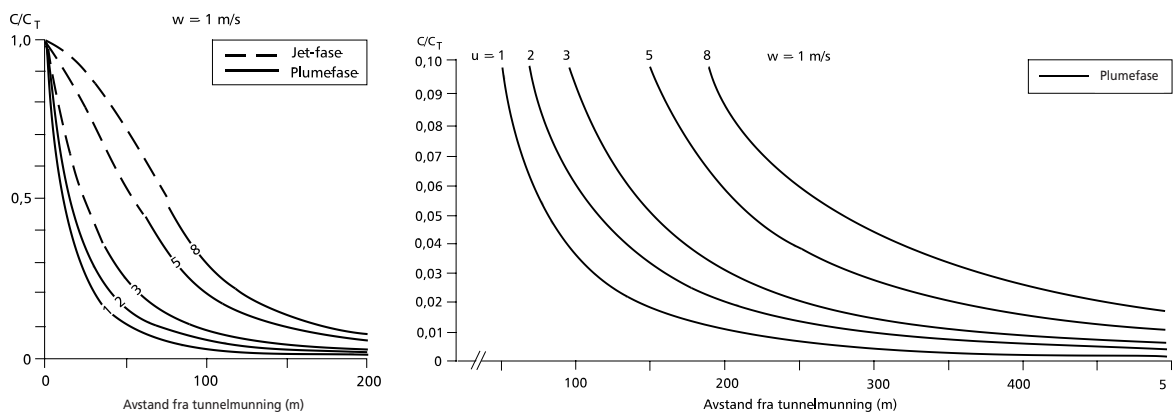
Det er laget nomogrammer for tre ulike vindhastigheter ($w = 1 \text{ m/s}$, $w = 2 \text{ m/s}$, og $w = 5 \text{ m/s}$).

Nomogrammene til venstre viser C/C_t i området 0 - 1,0.

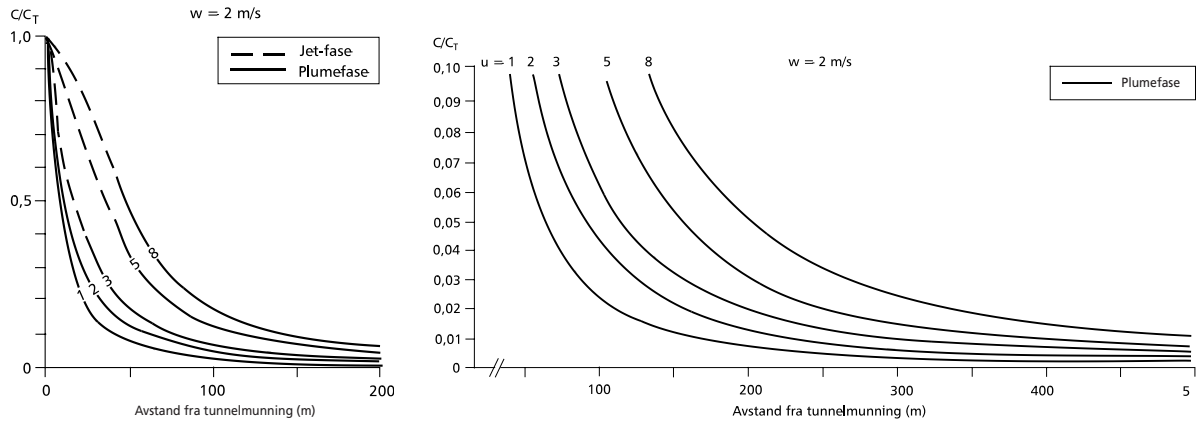
Nomogrammene til høyre viser C/C_t i området 0 - 0,1 (dvs. 10 x forstørret).

Dersom w og u ikke har eksakte verdier, skal den nærmeste kurve som overestimerer konsentrasjonen benyttes:

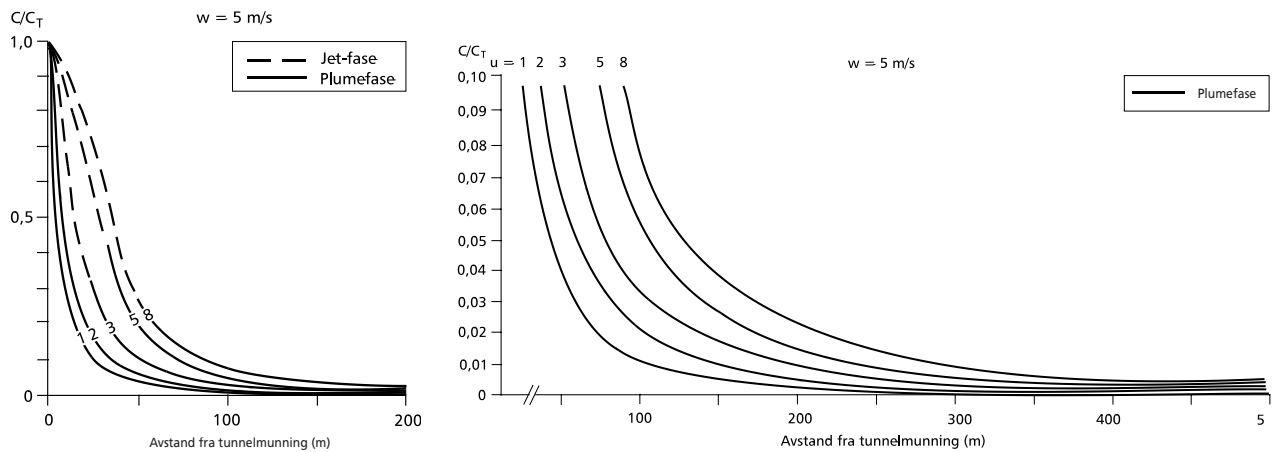
- kurvesettet for den største w mindre enn den virkelige
- kurvesettet for den minste u større enn den virkelige.



Figur A.2 Nomogrammer for spredningsberegninger vindhastighet $w = 1 \text{ m/s}$



Figur A.3 Nomogrammer for spredningsberegninger vindhastighet $w = 2 \text{ m/s}$



Figur A.4 Nomogrammer for spredningsberegninger vindhastighet $w = 5 \text{ m/s}$

B Beregning av støyutstråling fra vegtunneler

For fullstendige beregningsforutsetninger vises til SINTEF rapport STF40-A96005.

Beregningene utføres i 4 trinn beskrevet nedenfor:

1. Utgangsnivå L_{utg} :

Utgangsnivået beregnes iht. nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy.

2. Korreksjon K2 for utstråling av støy fra tunnelåpning

Utstrålt støy fra tunnelåpningen har en spesiell avstands- og retningsavhengighet som framgår

av figur B.1. Tunnelåpningen ligger i $X = Y = 0$. Den aktuelle korreksjonen finnes direkte i figuren for beregningspunktets koordinater ved interpolering mellom kotene.

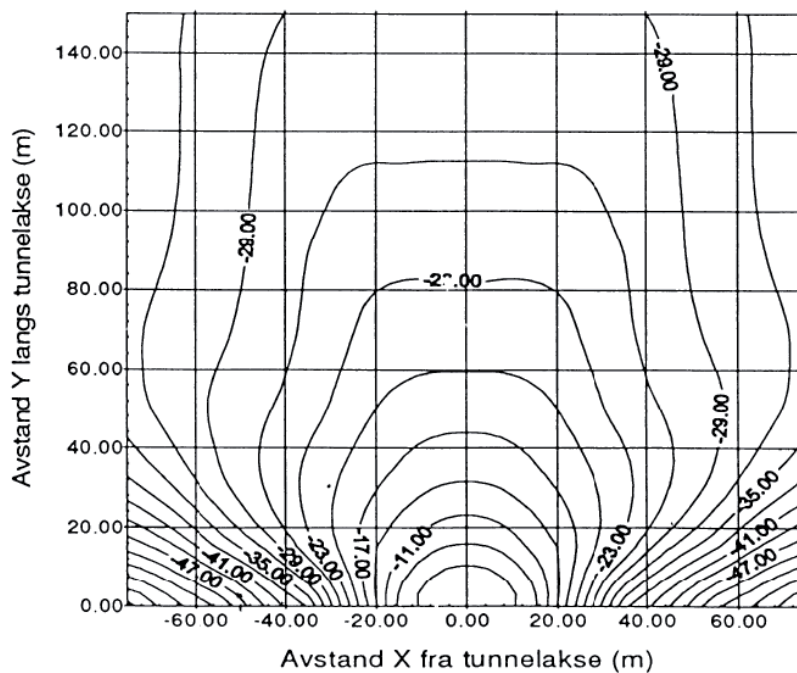
3. Korreksjon for korte tunneler

Korte tunneler gir mindre utstrålt støy til omgivelsene. Korreksjonen framgår av tabell B.1.

4. Tunnelstøy L_t , dBA

Støyen utstrålt fra tunnelåpningen gir støynivå i dBA i mottakerpunktet:

$$L_t = L_{\text{utg}} + 14 + K2 + K3$$



Figur B.1 Korreksjon K2 for støyutstråling fra tunnelåpning

Tabell B.1 Korreksjon K3 for tunnellengde, dBA

Tunnellengde (m)	50	75	100	150	200	300
Korreksjon K3	-5	-4	-3	-2	-1	0

C Ventilasjon

1. Beregning av nødvendig friskluftbehov

Dersom trafikkenes fordeling på de to kjøretningene ikke er kjent, antas 2/3 å kjøre i stigning.

Ventilasjonsanlegget skal dimensjoneres for forventet forurensningsnivå 10 år etter åpning.

Innføring av katalysator på bensindrevne kjøretøyer har medført at produserte mengder CO og NO_x blir redusert, og er innarbeidet formelverket.

CO-produksjon

Beregningsmodell for CO-produksjon fra biltrafikken:

$$Q_o \text{ CO} = q_o \text{ CO} \cdot (k_{\text{kat}} \cdot M_1 + M_t) \cdot k_{\text{hh}} \cdot k_s \cdot k_f \cdot L \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$Q_o \text{ CO} = \text{totalt produserte CO-mengder [m}^3/\text{h]}$$

$$q_o \text{ CO} = \text{basisverdi, CO-produksjon pr. bil, [m}^3/\text{km}\cdot\text{kjt].}$$

Basisverdi for CO-produksjon, $q_o \text{ CO}$ settes lik 0,013 m³/km·kjt ved kjøring på horisontal veg og hastighet 60 km/t.

Ved tomgangskjøring kan det regnes med en midlere CO-produksjon på 0,5 m³/h·kjt. Denne verdien tilsvarer et bensinforbruk på ca. 1 liter pr. time og 6 % CO i eksosgassen.

- k_{kat} = katalysatoreffekt, settes lik 0,3
- M_1 = trafikkmengde, lette kjøretøy [kjt/h]
- M_t = trafikkmengde, tunge kjøretøy [kjt/h]
- k_{hh} = korreksjonsfaktor for høyde over havet etter tabell C.1
- k_s = korreksjonsfaktor for kjøring i stigning etter tabell C.2
- k_f = korreksjonsfaktor for kjøring med redusert fart etter tabell C.3
- L = tunnallengde i km

Friskluftbehovet Q_o luft finnes på grunnlag av produserte CO-mengder ($Q_o \text{ CO}$), og tillatt CO-konsentrasjon i tunnel C_∞ (ppm). C finnes fra figur 10.2.

$$Q_{o\text{luft}} = \frac{Q_{o\text{CO}} \cdot 10^6}{C_\infty} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Dette friskluftbehovet som forutsetter normaltrykk (1013 millibar) og temperatur på 0 °C omregnes til friskluftbehovet ved ugunstigste atmosfæriske forhold ved dimensjonerende trafikkbelastning.

$$Q_{\text{luft}} = Q_{o\text{luft}} \cdot \frac{P_o \cdot T_t}{P \cdot T_o} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$P_o = 101,3 \text{ [kPa] (1013 millibar)}$$

$$P = \text{aktuelt trykk [kPa]}$$

$$T_o = \text{normaltemperatur 273 K (0 °C)}$$

$$T_t = \text{aktuell middellufttemperatur i tunnel i K (273 + } t_{\text{tunnel}} \text{ [°C])}$$

Trafikkmengden, M

Dimensjonerende trafikkmengde angis vanligvis i kjt/h. Ved korte og intense trafikktopper kan det brukes kortere intervall. Det kan ikke regnes med kortere tid enn utluftingstiden for tunnelen. Minimum utluftingstid beregnes ut fra lufthastighet på 2 m/s.

Tabell C.1 Korreksjonsfaktor for høyde over havet, k_{hh} ved beregning av CO-innhold

Høyde over havet (m)	400	800	1200
k_{hh}	1.25	1.60	2.00

Tabell C.2 Korreksjonsfaktor for kjøring med fall eller i stigning, k_s , ved beregning av CO-innhold

	Fall i %		Stigning i %			
	4	2	0	2	4	6
k_s	0.85	0.95	1.0	1.1	1.2	1.3

Tabell C.3 Korreksjonsfaktor for kjøring med redusert fart, k_f , ved beregning av CO-innhold

Trafikkfart (km/t)	5	10	20	30	40	50	60	> 60
k_f	6.3	3.5	2.0	1.5	1.2	1.1	1.0	0.9

Siktreduserende støvinnhold, P_{sikt}

$$P_{sikt} = p_{sikt} (M_t + 0,08 M_l) k_{hh} \cdot k_s \cdot L \text{ [mg/h]}$$

P_{sikt} = produserte mengder sot i tunnelen [mg/h]

p_{sikt} = basisverdi for sotproduksjon pr. tungt kjøretøy settes til 750 [mg/kjt·km]

M_t = trafikkmengde, tunge kjøretøy [kjt/h]

M_l = trafikkmengde, lette kjøretøy, kjt/h.
Det regnes med at et lett kjøretøy gir 8 % av den siktforurensning som et tungt kjøretøy gir.

k_{hh} = korreksjonsfaktor for høyde over havet, når tunnelen ligger mer enn 400 meter over havet. Se tabell C.4.

k_s = korreksjonsfaktor for kjøring i stigninger etter tabell C.5. Ved fall benyttes $k_s=0,5$

L = tunnallengde [km].

Tabell C.4 Korreksjonsfaktor for høyde over havet, k_{hh} , ved beregning av siktreduserende støvinnhold

Høyde over havet (m)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
k_{hh}	1.12	1.24	1.35	1.47	1.58	1.69	1.81	1.93

Tabell C.5 Korreksjonsfaktor for stigninger, k_s , ved beregning av siktreduserende støvinnhold

Stigning i %	0	2	4	6	8	10	12
k_s	1.0	1.8	2.7	3.6	4.5	5.2	5.5

Friskluftbehovet for uttynning av siktreduserende støvinnhold:

$$Q_{\text{luft}} = \frac{P_{\text{sikt}}}{C_{\text{sikt}}} \quad [\text{m}^3 / \text{h}]$$

Konsentrasjonen av de nitrøse gassene finnes av:

$$C_{\text{Nox}} = \frac{Q_{\text{Nox}}}{Q_{\text{luft}}}$$

For beregning av nødvendig friskluftbehov benyttes støvinnhold, $C_{\text{sikt}} = 1,5 \text{ mg/m}^3$.

Q_{luft} er nødvendig friskluftmengde for uttynning av CO-gass eller siktforurensning i tunnelen.

NO_x - produksjon

Beregningsmodell for produksjon av nitrøse gasser (NO_x):

Dimensjonerende lufthastighet,

$$u = Q_{\text{max}} / 3600 \times A_N \quad (\text{m/s})$$

$$Q_{\text{Nox}} = q_{\text{Nox}} (k_{\text{kat}} \cdot M_1 + k_t \cdot M_t) \cdot k_s \cdot L \quad [\text{m}^3/\text{km}]$$

A_N = normalprofilen

Q_{Nox} = produserte mengder NO_x-gass [m^3/km]

q_{Nox} = basisverdi for personbil, $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{km} \cdot \text{kjt}$

k_{kat} = katalysatoreffekt, settes lik 0,3

M_1 = trafikkmengde, lette kjøretøy [kjt/h]

M_t = trafikkmengde, tunge kjøretøy [kjt/h]

k_s = korreksjonsfaktor for kjøring i stigning, se tabell C.6

k_t = korreksjonsfaktor for tunge kjøretøy, se tabell C.7

Tabell C.6 Korreksjonsfaktor for stigninger, k_s , ved beregning av NO_x-innhold

Stigning i %	0	2	4	6	8	10	12
k_s	1.0	1.7	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6

Ved fall brukes $k_s = 0,5$.

Tabell C.7 Korreksjonsfaktor for tunge kjøretøy, k_t , ved beregning av NO_x-innhold

Kjøretøyhastighet (km/t)	20	30	40	50	60	> 60
k_t	8	7	5	3.5	2.5	2.5

2. Beregning av nødvendig skyvkraft ved langslufting

Generelt

Et system med langslufting kan bygges med eller uten ventilasjonstårn/tverrslag. Luftstrømningen kan regnes som rørstrømning, og det kan settes opp enkle ligninger for luftbevegelsen gjennom tunnelen.

De kreftene som forårsaker ventilasjon i en tunnel kan inndeles i tre:

- mekaniske ventilasjonskrefter
- meteorologiske ventilasjonskrefter
- stempeleffekt fra kjøretøy

Mekaniske ventilasjonskrefter

Mekaniske ventilasjonskrefter forårsakes av vifter som installeres i tunnelen. Trykktapsbidraget fra den mekaniske ventilasjonskraften beregnes ut fra etterfølgende ligning (1) og (2).

Meteorologiske ventilasjonskrefter

De meteorologiske ventilasjonskreftene er oftest ustabile, og det kan være vanskelig å forutsi styrke og fordeling av de ulike bidragene. Dette gjelder spesielt for vindkrefter og innvirkning fra klimaskiller. Temperaturkreftene kan være noe mer stabile og lettere å få oversikt over. Måling av naturlig trekk anbefales der dette er mulig. Ved å danne seg et bilde av den naturlige trekken inne i tunnelen kan trykktapsbidraget fra den meteorologiske ventilasjonskraften beregnes ut fra etterfølgende ligning (2). Hvis den naturlige trekken ikke kan fastsettes ved målinger, beregnes bidraget ut fra ligning (3).

Stempeleffekt fra kjøretøy

Når kjøretøy trafikkerer en tunnel med en fart som er forskjellig fra lufthastigheten i tunnelen, vil de utøve et trykk (skyvkraft) mot luft-

massene i tunnelen. Denne effekten beregnes ut fra etterfølgende ligning (4) for tunneler med tovegs trafikk og etter ligning (5) for envegskjørtede tunneler.

Dimensjonerende netto skyvkraft

Dimensjonerende netto skyvkraft er den skyvkraften som skal til for å overvinne trykktapsbidraget fra de meteorologiske ventilasjonskreftene, stempeleffekt fra kjøretøyene og mekaniske ventilasjonskrefter.

Aktuelle data for tverrsnitt og hydraulisk diameter for de ulike tunnelprofiler er gitt i tabell C.8.

Tabell C.8 Tverrsnitt og hydraulisk diameter for de ulike tunnelprofiler

Tunnelprofil	Normalprofil Areal A_N m^2	Hydraulisk diameter, D_H m
T5,5	28.77	5.6
T7	37.23	6.5
T8.5	49.66	7.4
T9.5	53.53	7.6
T11.5	70.89	8.7
T12.5	75.41	8.8

A_N = Areal regnet etter normalprofilet over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder (Se tabell 4.1).

D_H = Hydraulisk diameter definert som

$$D_H = \frac{4A_N}{O} \text{ der } O \text{ er omkretsen for normalprofilet (berøringsflaten).}$$

Beregning av forskjellig trykktap

a) Mekaniske ventilasjonskrefter, trykktap basert på beregnet nødvendig lufthastighet

Ligning (1):

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left(i + \lambda \frac{L}{D} + 1 \right) u^2 + \rho \frac{du}{dt} \quad [\text{N/m}^2]$$

Δp = trykktapet gjennom tunnelen, N/m^2

ρ = luftens tetthet [kg/m^3]

i = innløpstap

λ = koeffisient for strømningsstap.
Varierer fra 0,025 ved utstøpt tunnel til 0,05 ved råsprengt tunnel.

L = tunnallengde [m]

D = hydraulisk diameter ($D = 4A_N/O$) [m]

u = dimensjonerende lufthastighet [m/s]

Tapsleddet (friksjonsleddet) vil oftest være dominerende i denne ligningen. Akselerasjonsleddet vil mest virke som utjevning av lufthastigheten. I praksis kan det antas at luftstrømningen er stasjonær og ligningen kan forenkles til:

Ligning (2):

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left(i + \lambda \frac{L}{D} + 1 \right) u^2 \quad [\text{N/m}^2]$$

b) Trykktap som følge av meteorologiske ventilasjonskrefter

Når lufthastigheten inne i tunnelen er målt etter gjennomslag, kan trykktapet av de meteorologiske effektene (temperatur og vind) beregnes ut fra ligning 3.

Når lufthastigheten inne i tunnelen ikke er målt etter gjennomslag kan trykkdifferansen mellom tunnelåpningene beregnes ut fra ligning 3.

Ligning (3):

$$\Delta p_m = \rho \left(g \frac{\Delta T}{T_t} \Delta H + \frac{w^2}{2} \right) \quad [\text{N/m}^2]$$

Δp_m = meteorologisk ventilasjonskraft, [N/m^2]

ρ = luftens spesifikke vekt ved nedre tunnelåpning [kg/m^3]

g = tyngdens akselerasjon 9,81 [m/s^2]

ΔT = differansen mellom midlere lufttemperatur i tunnelen og lufttemperatur ved nedre tunnelåpning [K]

T_t = midlere lufttemperatur i tunnelen, K

ΔH = høydeforskjell mellom tunnelåpningene ev. mellom tunnelåpning og sjaktåpninger [m]

w = vindhastighet mot tunnelåpning [m/s]

Retningen på luftstrømmen vil avhenge av temperaturdifferansene mellom tunnel og uteluft. Når temperaturene er like, oppstår det labile tilstander. Dette er ofte tilfelle vår og høst.

Stempeleffekt fra kjøretøy

a) Tunneler med toveis trafikk

Stempeleffekt fra kjøretøy, den kraften som bilene utøver på luften i tunnelen (luftmotstanden), uttrykkes som:

Ligning (4):

$$P_F = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{i_F \cdot A_F}{\left(1 - \frac{A_F}{A_N}\right)^2} \left(N^+ (v_t - u)^2 - N^- (v_t + u)^2 \right) \quad [\text{N}]$$

- P_F = «stempelkraft» [N]
 ρ = luftens tetthet [kg/m³]
 A_N = normalprofil [m] (kfr. kapittel 4 «Geometriske utforming»)
 A_F = biltverrsnitt
 personbiler $A_F = 2 \text{ m}^2$
 lastebiler og busser $A_F = 6 \text{ m}^2$
 i_F = formfaktor for å bestemme effektiv motstandsflate:
 personbiler = 0,5
 lastebiler og busser = 1,0 - 1,7
 N^+ ,
 N^- = antall biler inne i tunnelen på et gitt tidspunkt i dimensjonerende time, som kjører med dimensjonerende hastighet, N^+ med luftstrømmen og N^- mot luftstrømmen
 v_t = trafikkhastighet [m/s]
 u = dimensjonerende lufthastighet [m/s]

Dimensjonerende skyvkraft

Dimensjonerende skyvkraft

$$= \frac{\text{Dim. nettoskyvkraft}}{k_s} = \frac{P_F + \sum \Delta\rho \cdot A_N}{k_s} \quad [\text{N}]$$

hvor

$$k_s = \text{systemkoeffisienten [-]}$$

Normalverdier for k_s :

$$k_s = 0,5 - 0,6 \text{ (sidemonterte vifter)}$$

$$k_s = 0,7 - 0,8 \text{ (sentermonterte vifter).}$$

b) Tunneler med enveistrafikk

For enveistrafikkerte tunneler kan formelen for den kraft som bilene utøver på luften i tunnelen, forenkles til:

Ligning (5):

$$P_F = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{i_F \cdot A_F}{\left(1 - \frac{A_F}{A_T}\right)^2} (N^+ (v_t - u)^2) \quad [\text{N}]$$

D Beregningsmodell for brannventilasjon

Modell for beregning av viftekapasitet i tunneler med helning

Ved å ta utgangspunkt i en tunnel med en gitt helning, vil røygassene stige som i en skorstein på grunn av oppdrift. Denne skorsteinseffekten kan modelleres analytisk ut fra følgende forutsetninger:

- Tidsfunksjoner neglisjeres, dvs. ligningene er gyldige ved stasjonære forhold.
- Konstant helning i tunnelen og konstant tverrsnittsareal.
- Moderat brann, slik at:
 - Varmestrålingsbidraget antas å bli absorbert i veggene.
 - Varmeoverføringen er kontrollert av konvektiv transport fra røygassene til tunnelveggene.
 - Tunnelveggenes varmekapasitet antas uendelig mye større enn varmekapasiteten til røygassene, dvs. varmeutveksling mellom gass og veggmateriale medfører temperaturendringer kun i gassfasen.
 - Tilnærmet endimensjonal strømming i tunnelen, dvs. effekten av lokal oppdrift og sjikning av røygassene like ved brannstedet neglisjeres.
 - Massestrømmen (produktet: areal · tetthet · hastighet) er konstant over et hvert tverrsnitt i tunnelen.
 - Trykkoppbygging i tunnelen skyldes skorsteinseffekten (modellen vil ikke være egnet for å beregne oppdrift i tunneler med liten stigning. Trykkoppbygging fra brannen vil da være dominert av lokale effekter. Lokal trykkoppbygging fra en 5 MW brann er i størrelsesorden 10-20 Pa). Ventilasjonshastighet lavere enn 2 m/s er ikke anbefalt og er derfor heller

ikke angitt i disse beregningene. Tilsvarende anbefales minimum 50 Pa som drivtrykk.

For enkelhets skyld antas initielt samme temperatur ute som i selve tunnelen. Eventuelle temperaturforskjeller ute og inne i selve tunnelen vil gi naturlig trekk. Naturlig trekk og ekstern vind vil påvirke behovet for røykventilasjon, noe som det kan kompenseres for. Brannindusert hastighet og trykk i tunneler er i liten grad påvirket av tverrsnittsarealet. Tverrsnittsarealet kommer inn når kraftbehovet skal beregnes.

Ventilasjonsdata for tunneler ved brann på 20 MW, 50 MW og 100 MW

For å gjøre beregningene enklere er nødvendig ventilasjonshastighet og tilhørende drivtrykk for å overvinne brannindusert luftstrøm ved branner i størrelsesorden 20, 50 og 100 MW, fremstilt grafisk som funksjon av tunnellengde og stigning. Resultatene er gitt for gjennomsnittlig stigning (2 %, 4 %, 6 %, 8 % og 10 %) og tunnellengde inntil 10 km. To typer tunneler er illustrert, en som har stigning gjennom tunnelen uten helninger som ikke gir typiske lavpunkt. En annen type med først helning og påfølgende stigning som gir typiske lavpunkt (undersjøiske tunneler). I figurene er det også angitt en D_p som uttrykker summen av naturlige trykkforhold slik som naturlig trekk og ekstern vind. Bidrag fra naturlig trykkforhold D_p beregnes etter ligning (6). Tunnelprofilet inngår ikke i beregningen før impuls kraft fra vifte beregnes i ligning (7).

Ventilasjonshastigheten angis fra 2 m/s og oppover. Nødvendig ventilasjonshastighet (større enn 2 m/s) eller nødvendig drivtrykk til viftene (større enn 50 Pa) finnes ved å lese direkte i grafene.

Figurene D.1 - D.4 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for 20 MW og ingen bidrag fra naturlige trykkforhold, for tunnel med henholdsvis kun stigning og tunnel der kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.5 - D.8 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for 20 MW der bidrag fra naturlige trykkforhold er 16 Pa, for tunnel med henholdsvis kun stigning og tunnel der kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.9 - D.12 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for 20 MW der bidrag fra naturlige trykkforhold er 64 Pa, for tunnel med henholdsvis kun stigning og tunnel der kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.13 - D.16 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, og ingen bidrag fra naturlige trykkforhold. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.17 - D.20 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, og ingen bidrag fra naturlige trykkforhold. Kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.21 - D.24 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 16 Pa. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.25 - D.28 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 16 Pa. Kun halve

lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.29 - D.32 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 64 Pa. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.33 - D.36 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjonstrykk for henholdsvis 50 MW og 100 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 64 Pa. Kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Ved å påtrykke et litt høyere trykk enn det som genereres ved brann, vil man over tid overvinne den naturlige ventilasjon. Hvis man bruker lavere verdier enn angitt i beregningen, vil strømningsretningen ikke kunne snus. Det anbefales å sette minimum ventilasjonshastighet lik 2 m/s eller et drivtrykk på minimum 50 Pa.

Inngangsdata er gitt i tabell D.1. Avstanden fra brann til utløp er satt lik lengden på tunnelen for tunneler med kun stigning. For tunneler med både positiv og negativ helning langs tunnelstrekket, noe som for eksempel er tilfelle for undersjøiske tunneler, benytter man den gjennomsnittlige stigningen fra laveste punktet til utløp for å beregne stigning. Tunnelens totale lengde inngår i beregningene av strømningsmotstand. Dette er tatt hensyn til i beregningene gitt nedenfor.

Beregning av trykkbidrag Δp , fra naturlig vind og oppdrift

Ekstern vind inn mot tunnelåpningen kan sette opp en trykkdifferanse mellom utløp og innløp slik at det blir naturlig trekk. Nøyaktig

beregning av denne er svært avhengig av lokale forhold. I ligning (6) antas at vinden står rett inn mot innløpet og at utløpet ligger i le (vindstille).

Naturlig oppdrift er bestemt av temperaturforskjellen inne i tunnelen i forhold til omgivelsene. Den kan gi strømming både oppover og nedover, avhengig av om temperaturen er høyest i tunnelen eller utenfor (høyest temperatur i tunnelen gir positiv oppdrift i ligning (6)).

Ligning (6):

Der:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{ute}} \cdot u_{\infty}^2 + (\rho_{\text{ute}} - \rho_{\text{inne}}) \cdot g \cdot \Delta H$$

u_{∞} = ekstern vind [m/s]

ρ = tetthet for luft [kg/m³]

g = tyngdens akselerasjon, 9,8 [m/sek²]

ΔH = høydeforskjell mellom tunnel-
åpningene [m]

Hvis Δp er positiv vil den virke i samme retning som en eventuell brann, og dermed øke kravet til viftekapasitet.

Eksempel:

Ekstern vind 5 m/s, 10 °C i tunnelen, 0 °C ute og en høydeforskjell på 100 m.

Tetthet ρ bestemmes av tilstandsligningen for luft, atmosfærens trykk delt på gasskonstant og temperatur i Kelvin.

$$\rho_0 = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273+0) = 1,29 \text{ kg/m}^3 \text{ og}$$

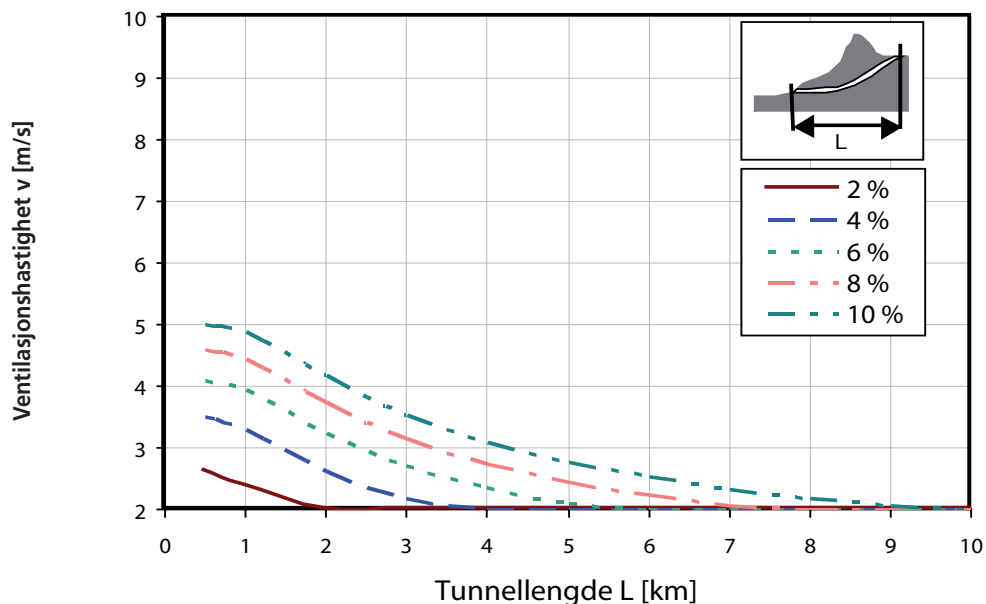
$$\rho_{10} = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273+10) = 1,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot 5^2 + (1,29 - 1,24) \cdot 9,8 \cdot 100 = 65 \text{ Pa}$$

Tabell D.1 Inngangsdata brukt i figurene D.1 – D.36. Det anbefales at minimum ventilasjonshastighet settes til 2 m/s eller drivtrykk minimum 50 Pa.

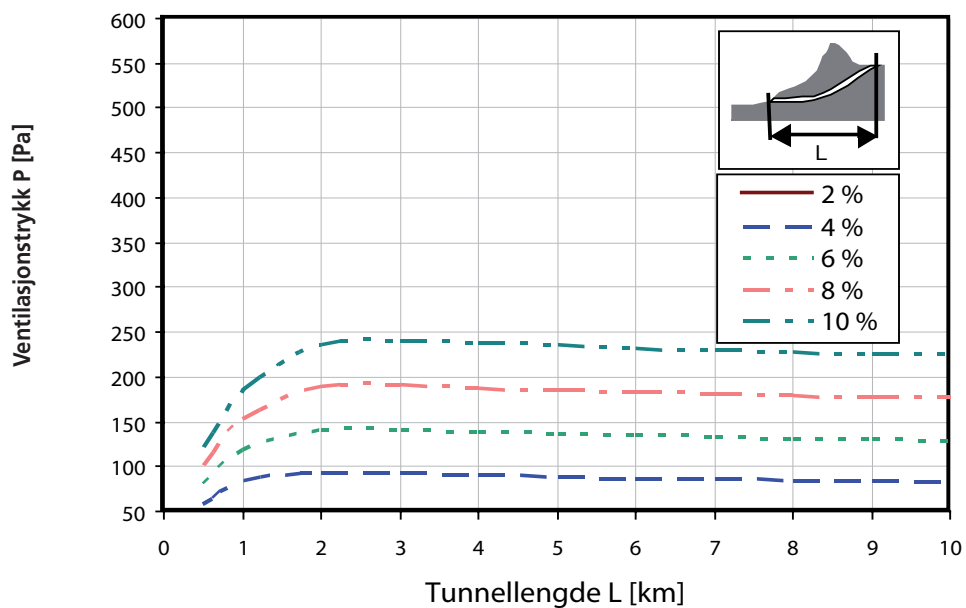
Parameter	Enhet	Verdi	Kommentar
Q	[MW]	5 and 20	Branneffekt
T_o	[K]	273	Initiell temperatur og utenfor
L	[m]	500 - 5500	Tunnellengde
Profil	[-]	T8.5 T9.5 T11.5 and T12.5	Profiler i henhold til kapittel 4 "Geometrisk utforming".
α	%	2, 4, 6, 8, 10	Stigningstall
x	[m]	500 - 10 000	Avstand fra tennkilde til utløp, satt lik tunnellengde, $x = L$ eller $x = _ L$.
	[%]	2, 4, 6, 8, 10	Stigningstall i henhold til figur.
Δp	[Pa]	0, 16 and 64	Naturlig drivtrykk på grunn av oppdrift og eksternt vind.
h_e	[W/m ² · K]	20	Konvektiv varmeovergangstall. 20 kW/m ² K er en omtrentlig verdi som gir rimelige resultater i forhold til forsøksdata. Den anbefales brukt for alle tunneler. Verdien er avhengig av ruheten i overflatene og lavere verdi for h_e gir høyere oppdriftstrykk fra branner.
l	[-]	0.5	Innløpsmotstand, avhengig av utforming av innløpet til tunnelen.
λ	[-]	0.04	Motstandskoeffisient for strøming. Avhengig av ruheten på overflatene. Lavere verdi for λ gir høyere oppdriftstrykk for branner.
Korreksjonsfaktor	[-]	0,8 og 0,7 for hhv 20 og 50/100 MW branneffekt	Korreksjonsfaktor som sier noe om hvor stor andel av varmeeffekten som går i røykgassene.

Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 0$ Pa

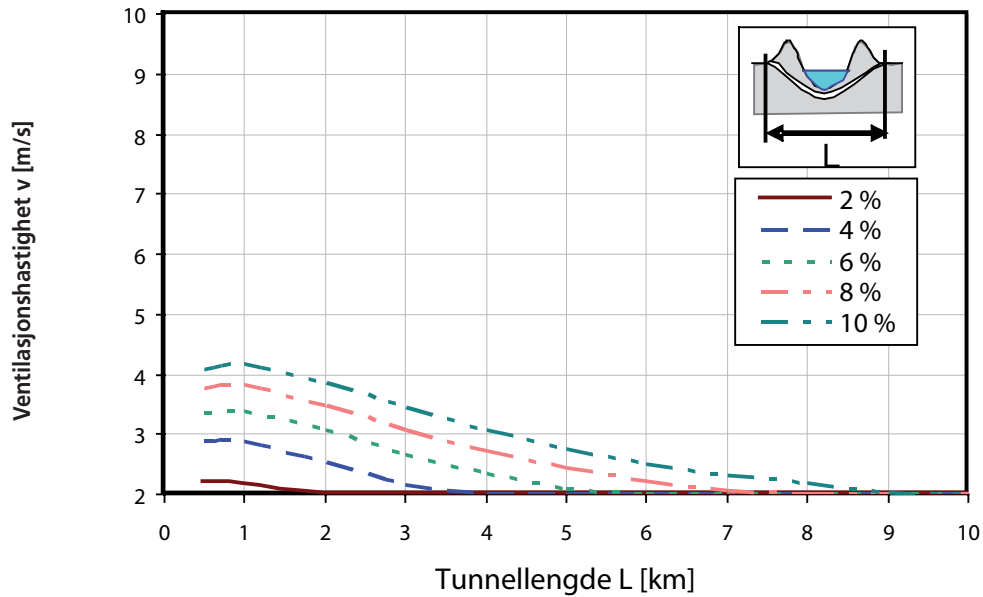
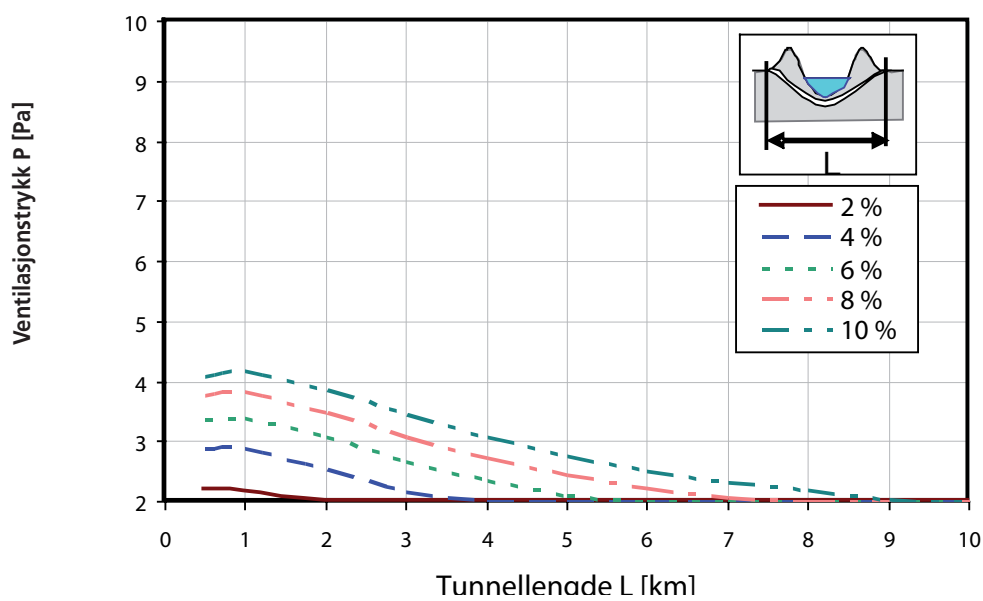


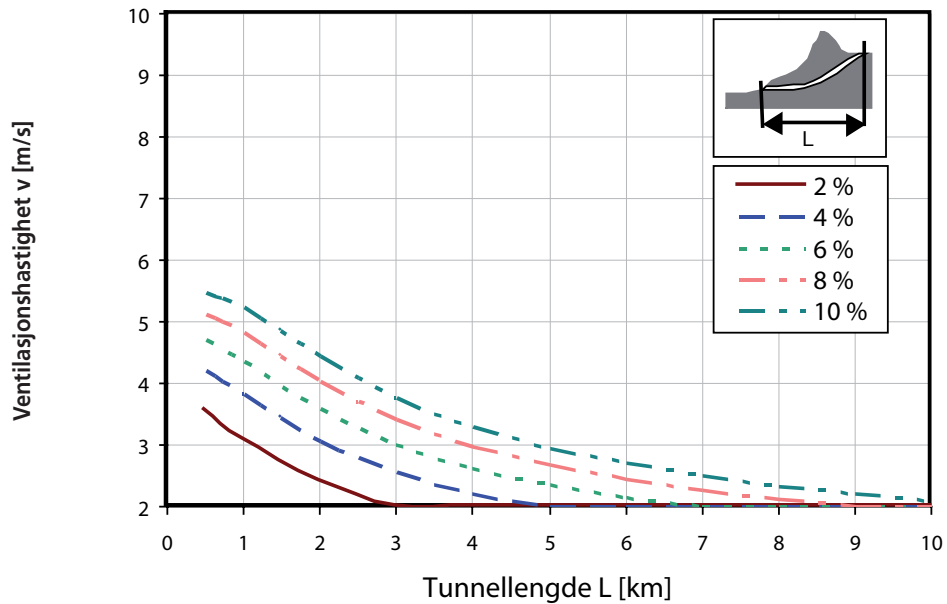
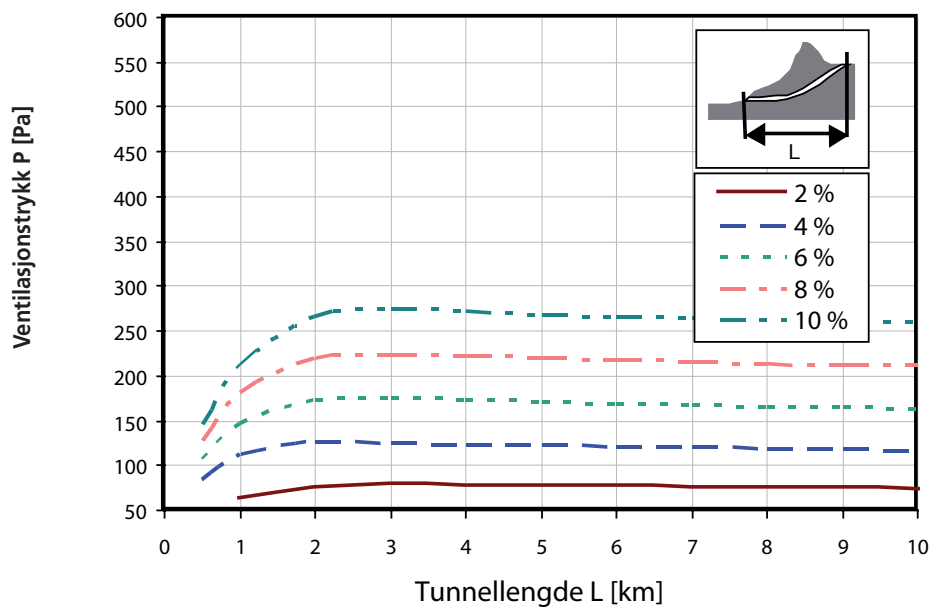
Figur D.1 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.

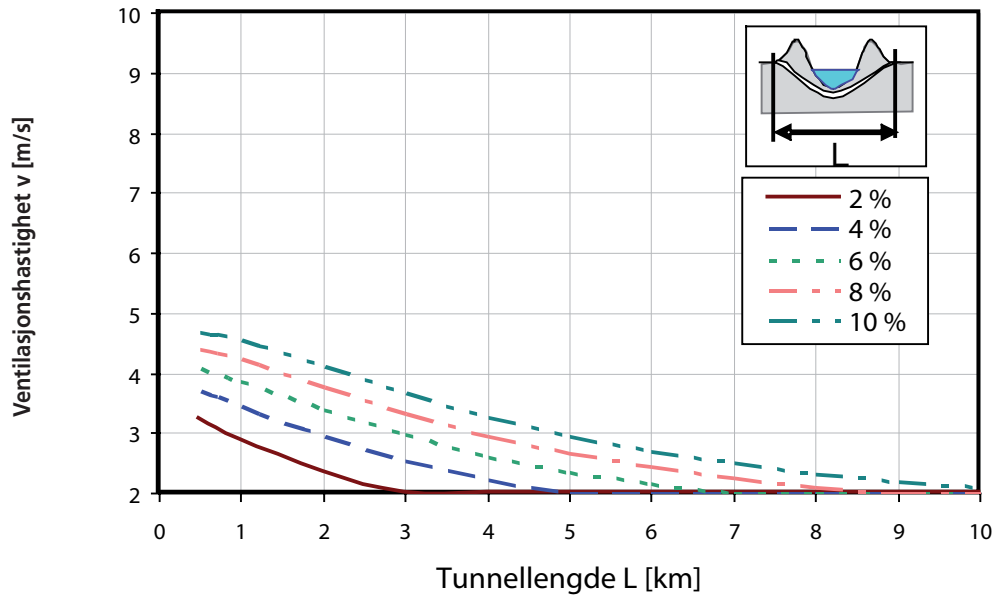
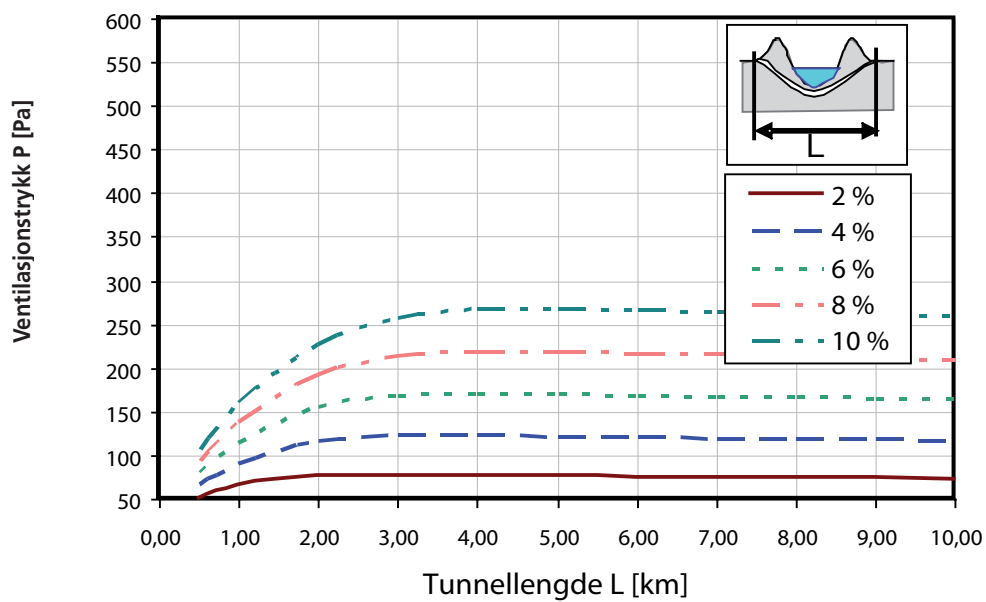
Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 0$ Pa

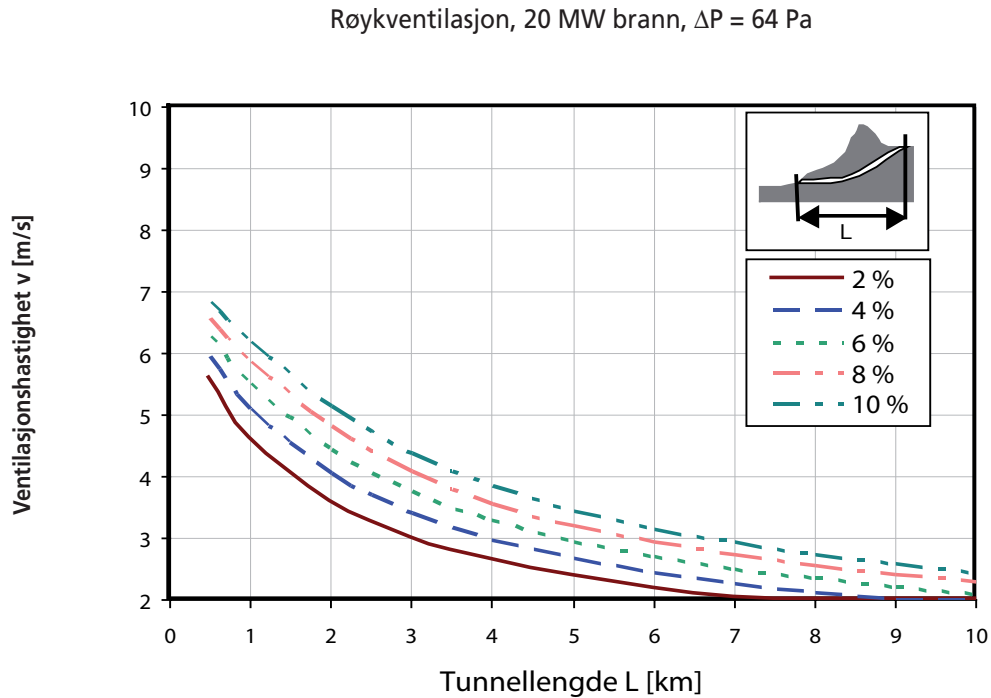


Figur D.2 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.

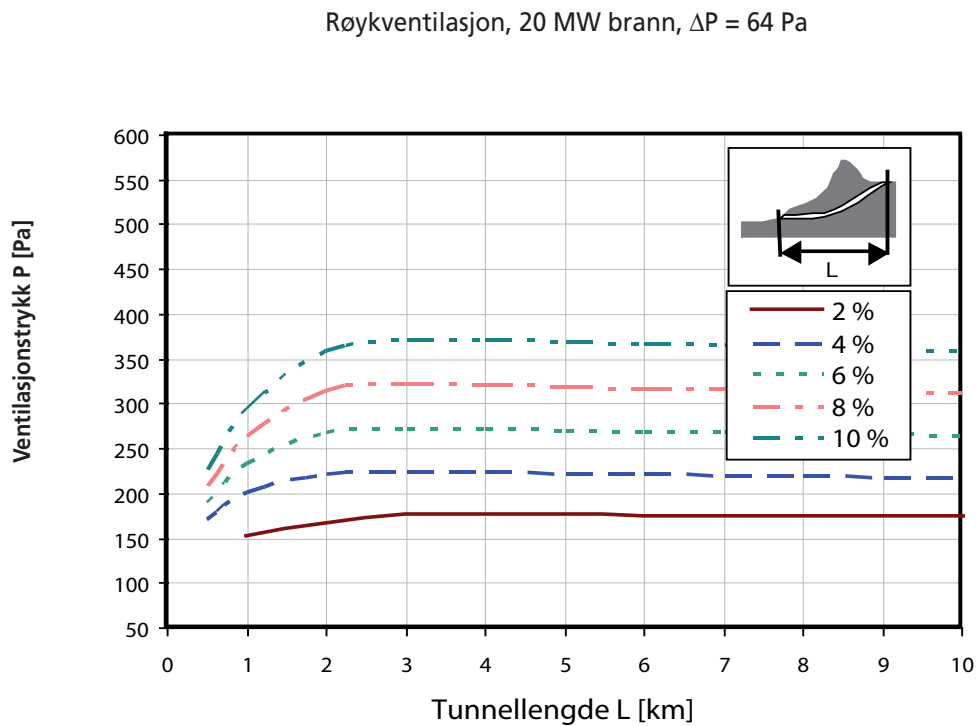
Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 0$ PaFigur D.3 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 0$ PaFigur D.4 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.

Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.5 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.6 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa

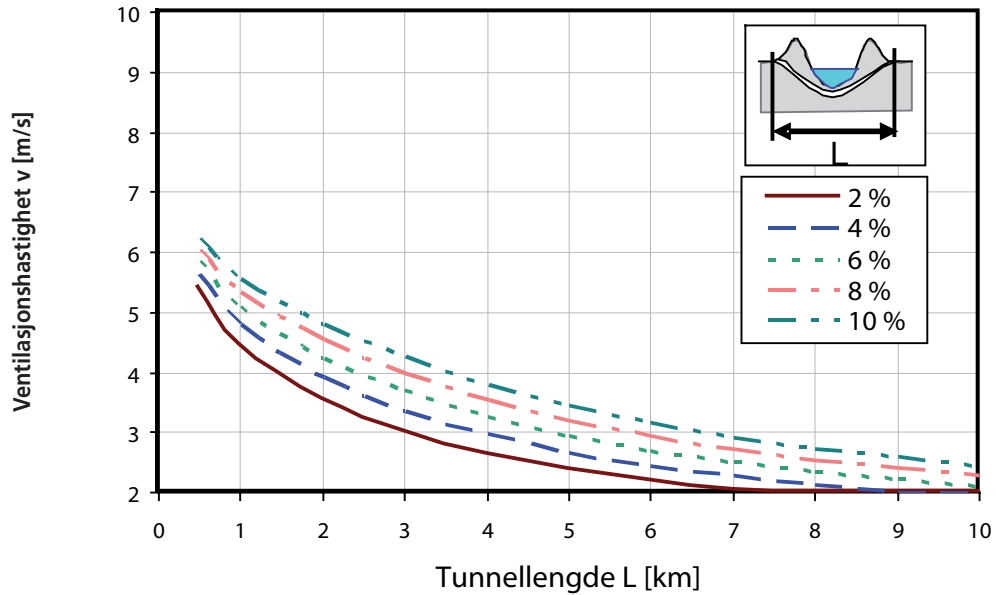
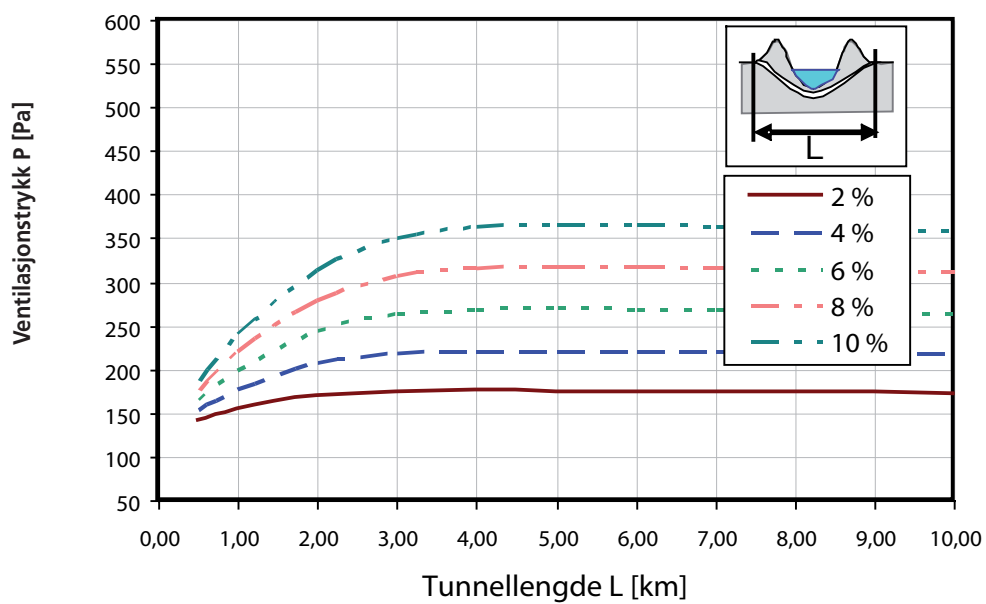
Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.7 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.8 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.

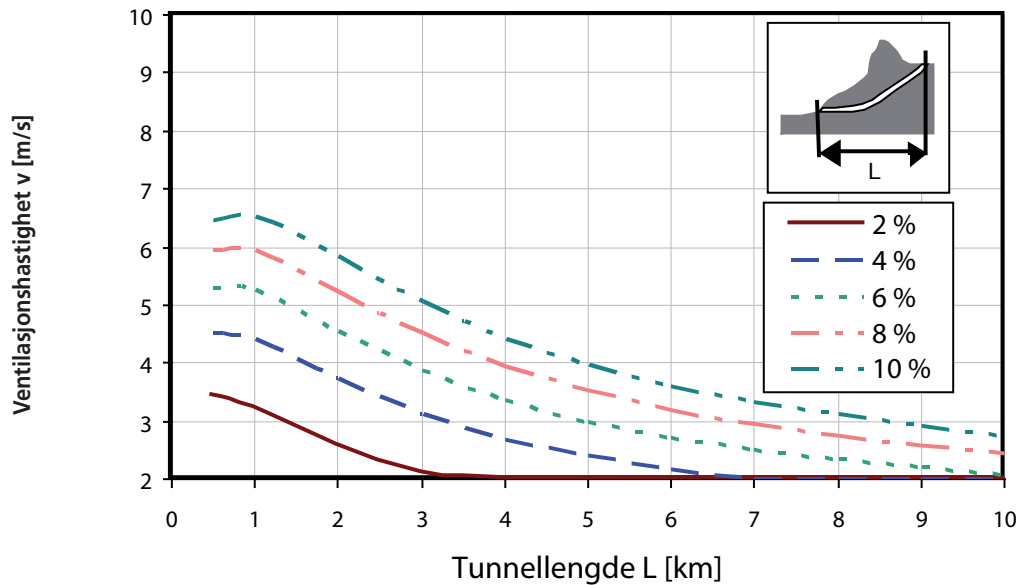
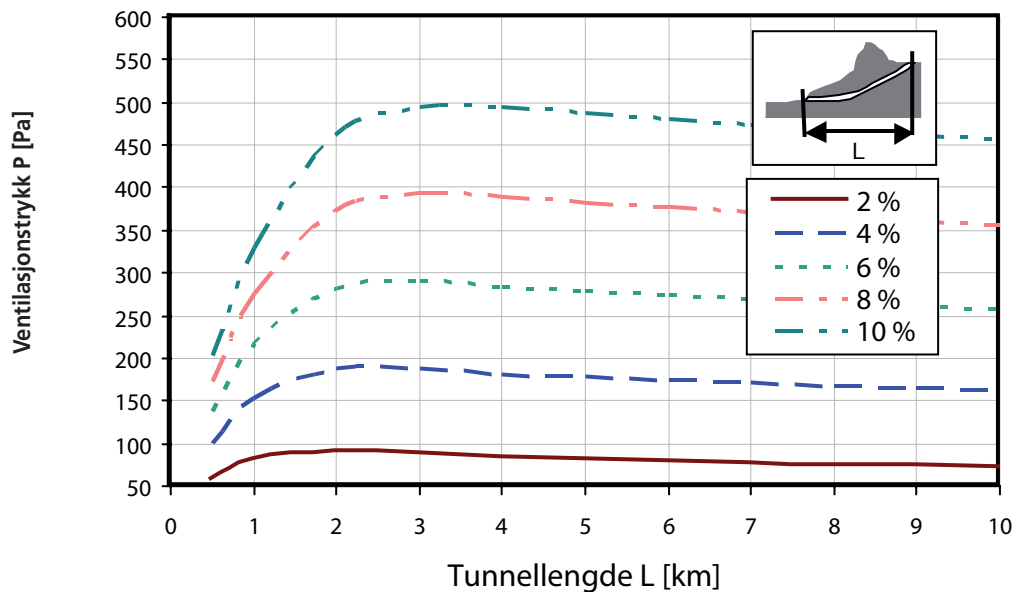


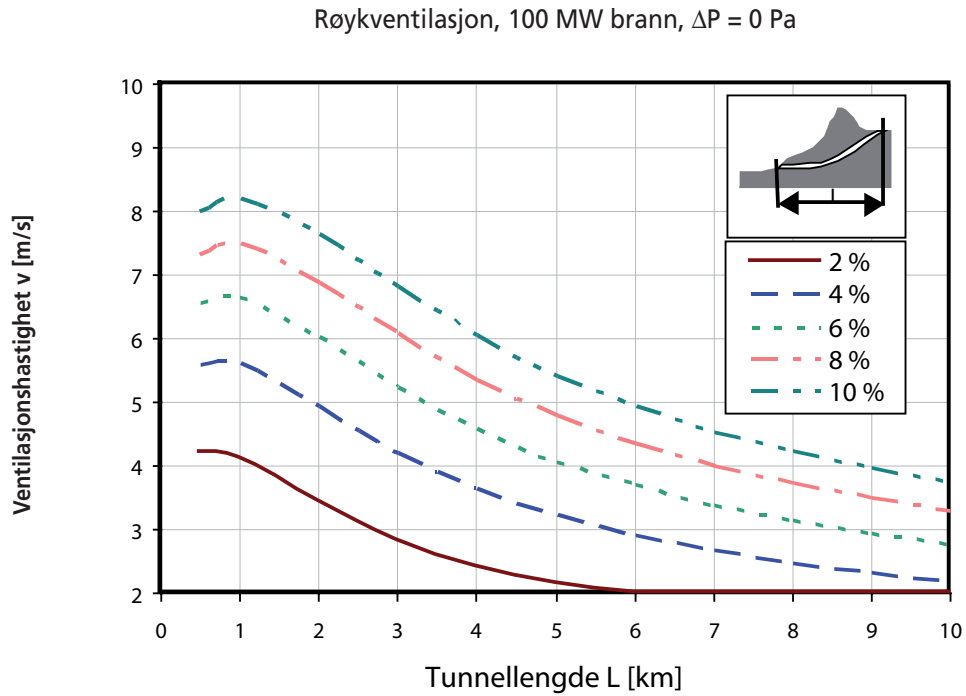
Figur D.9 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.



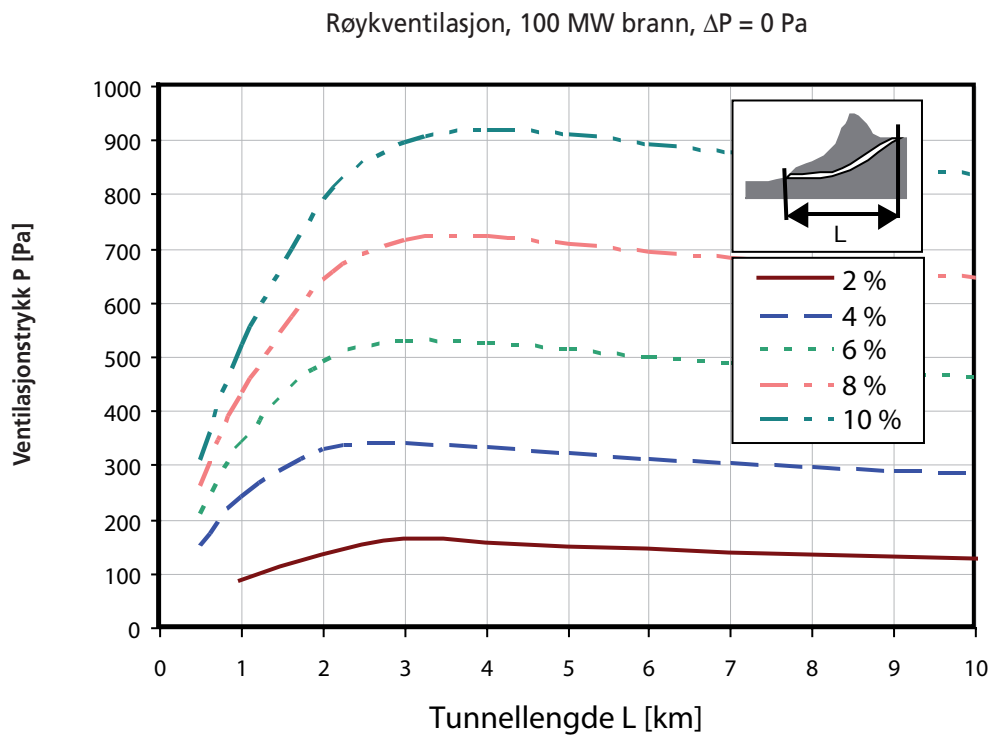
Figur D.10 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.

Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 64$ PaFigur D.11 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 64$ PaFigur D.12 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.

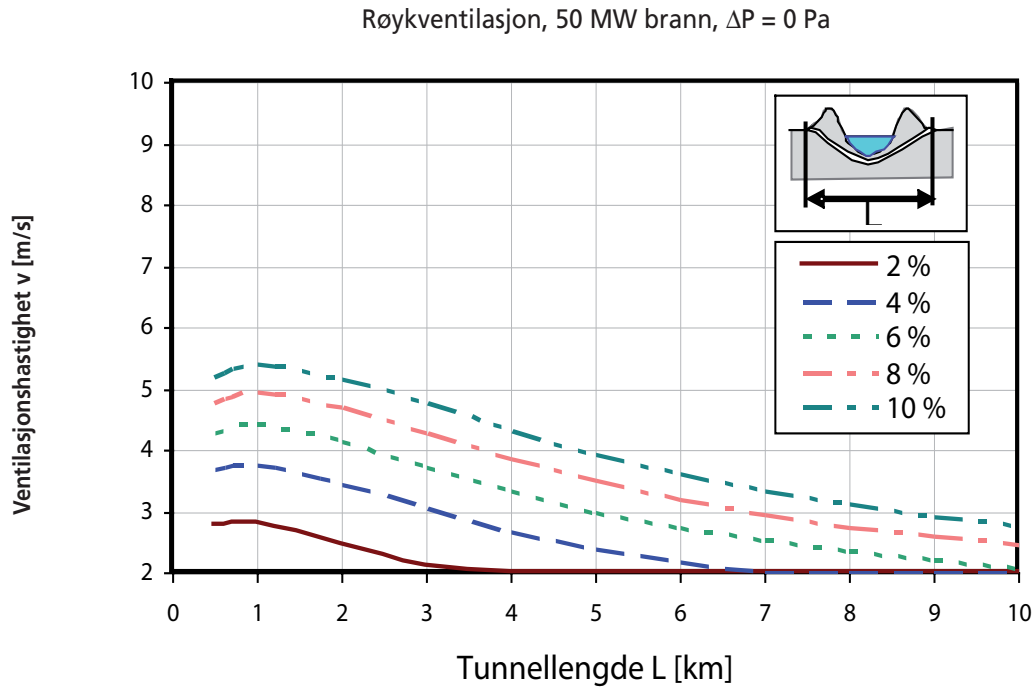
Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 0$ PaFigur D.13 Ventilasjonshastighet 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 0$ PaFigur D.14 Ventilasjonstrykk 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.



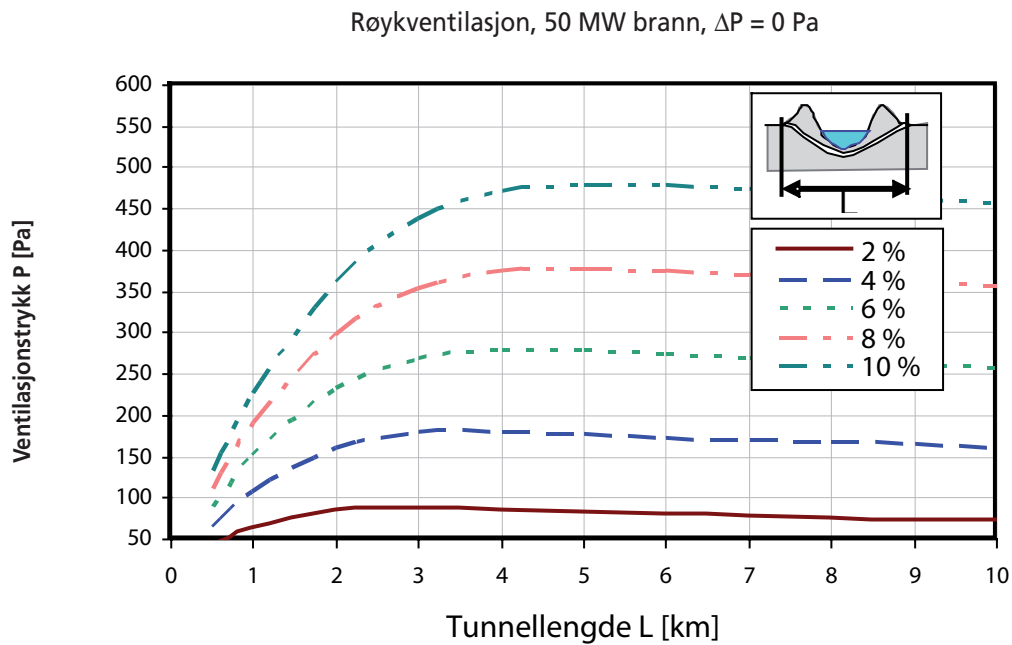
Figur D.15 Ventilasjonshastighet 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.



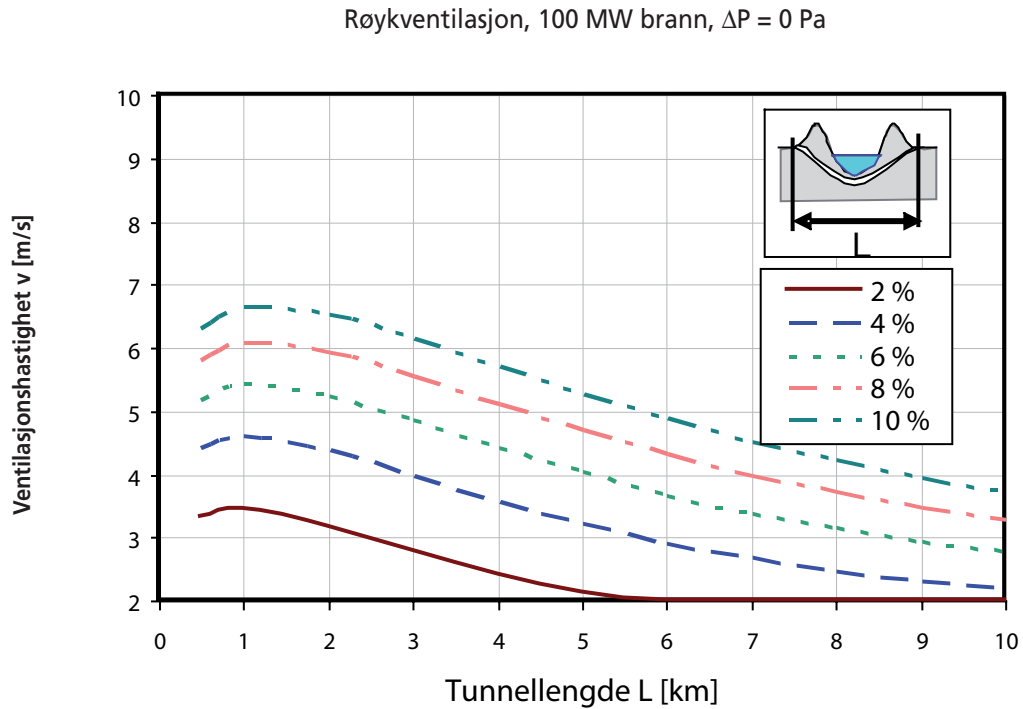
Figur D.16 Ventilasjonstrykk 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0$ Pa.



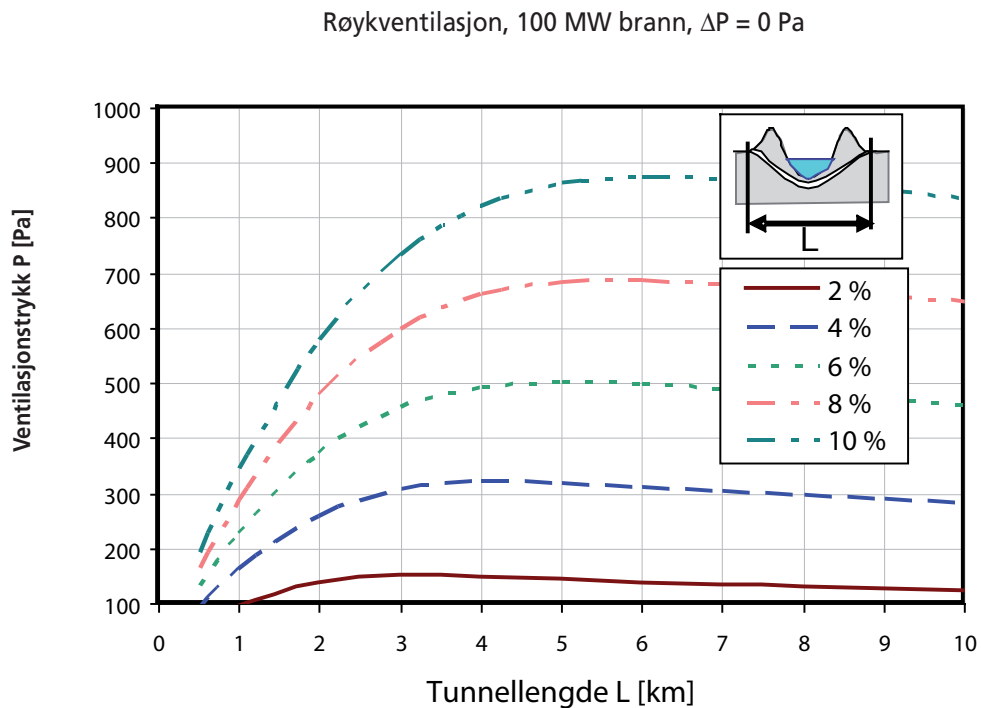
Figur D.17 Ventilasjons hastighet 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.



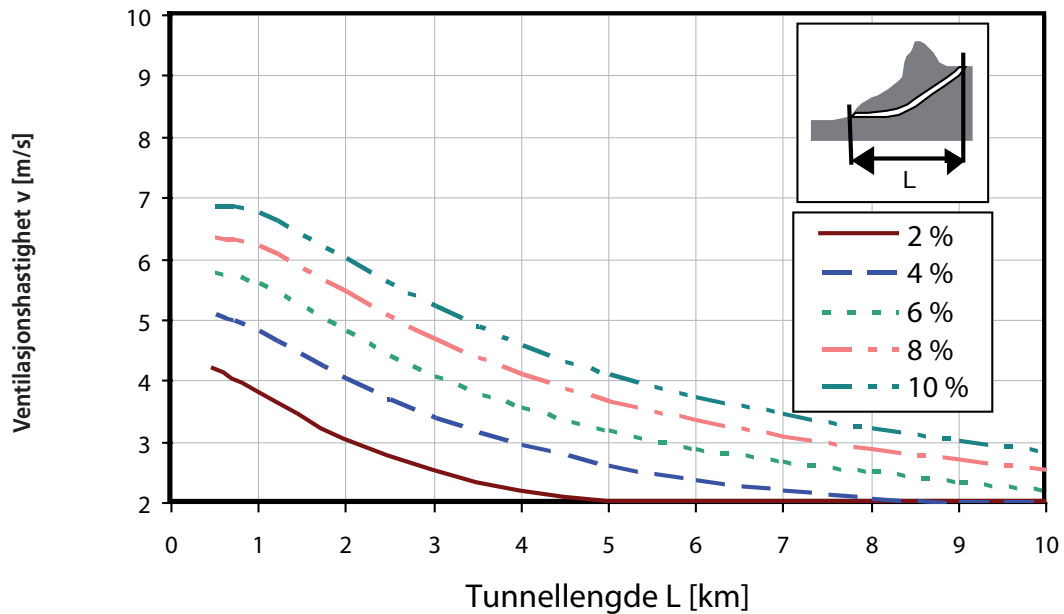
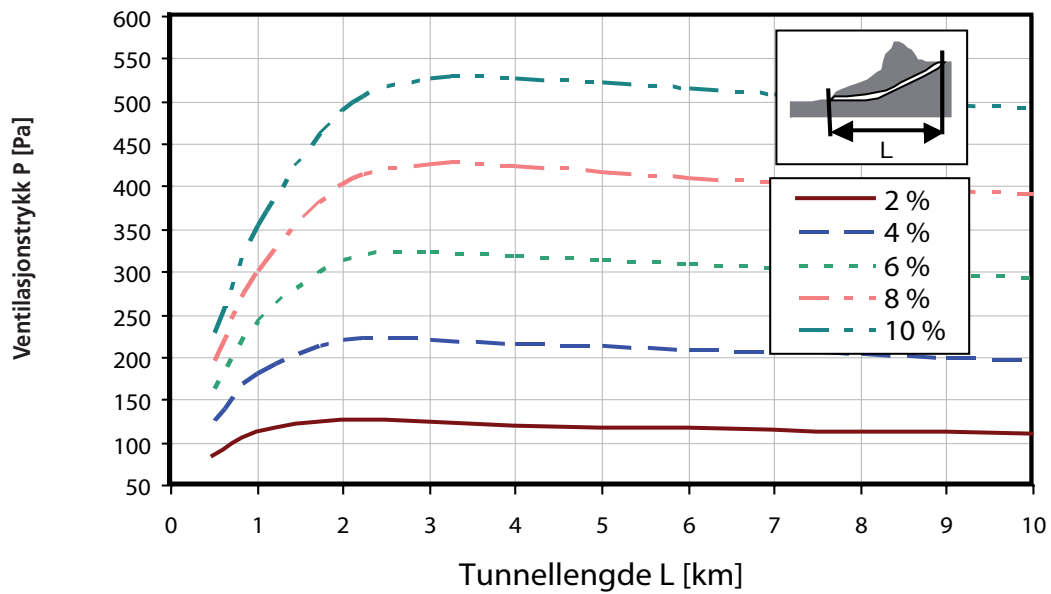
Figur D.18 Ventilasjons trykk 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.

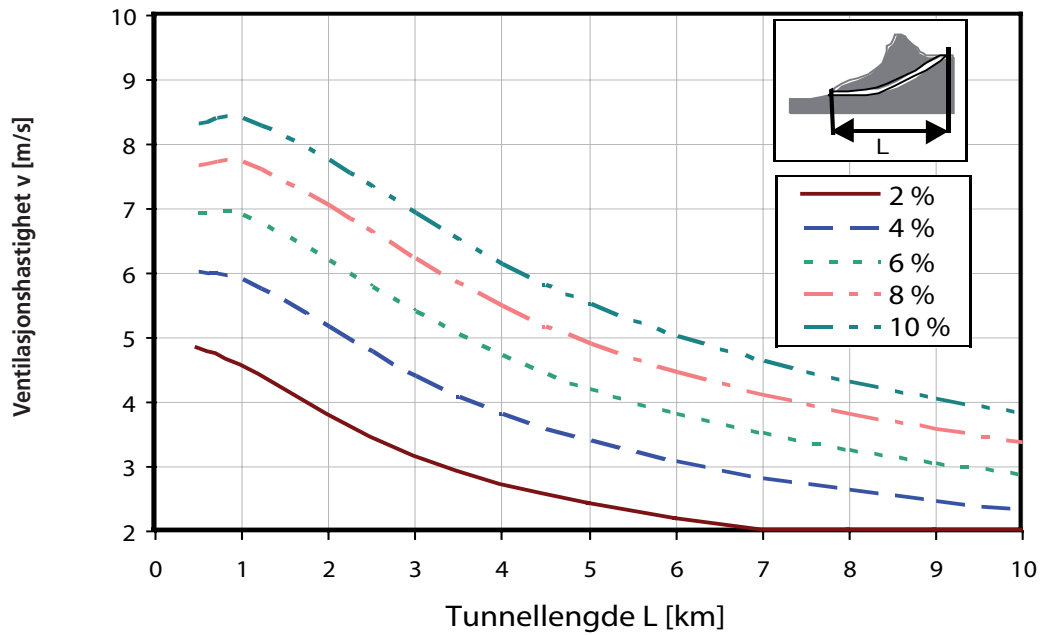
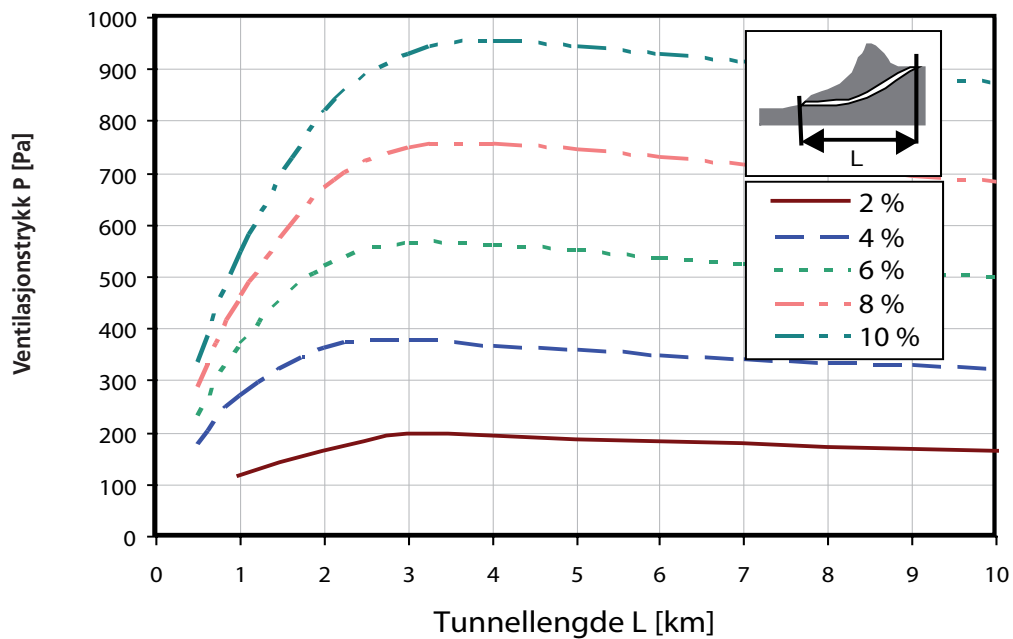


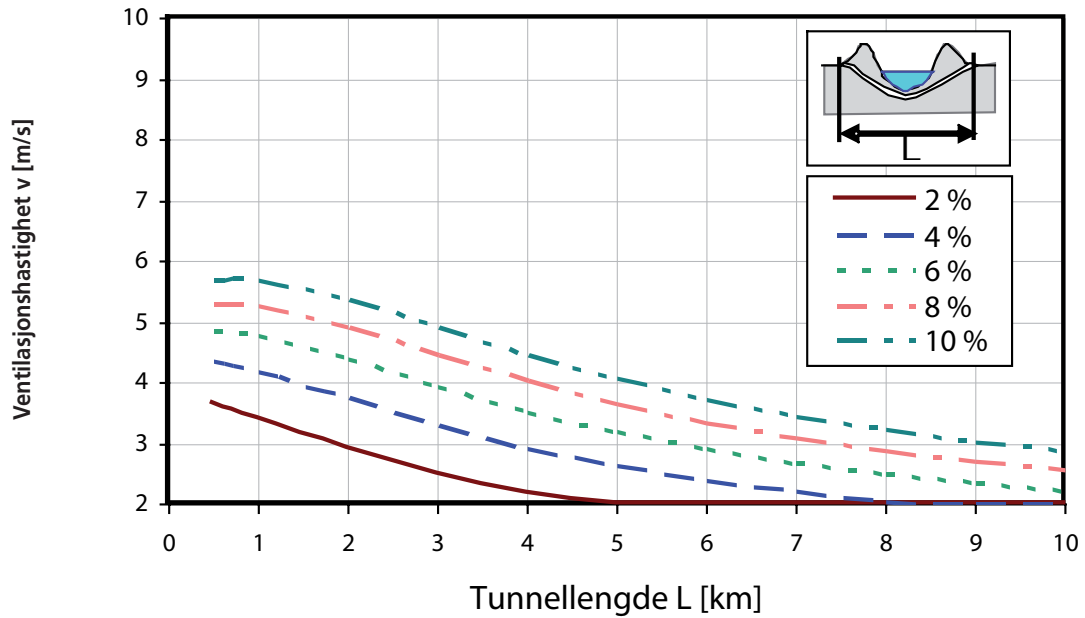
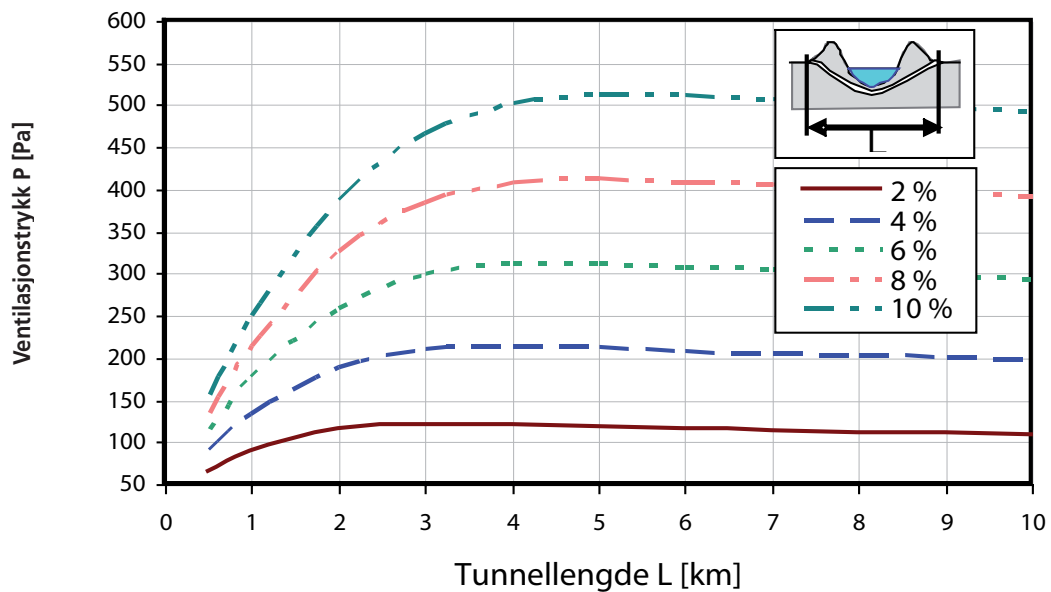
Figur D.19 Ventilasjonshastighet 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.

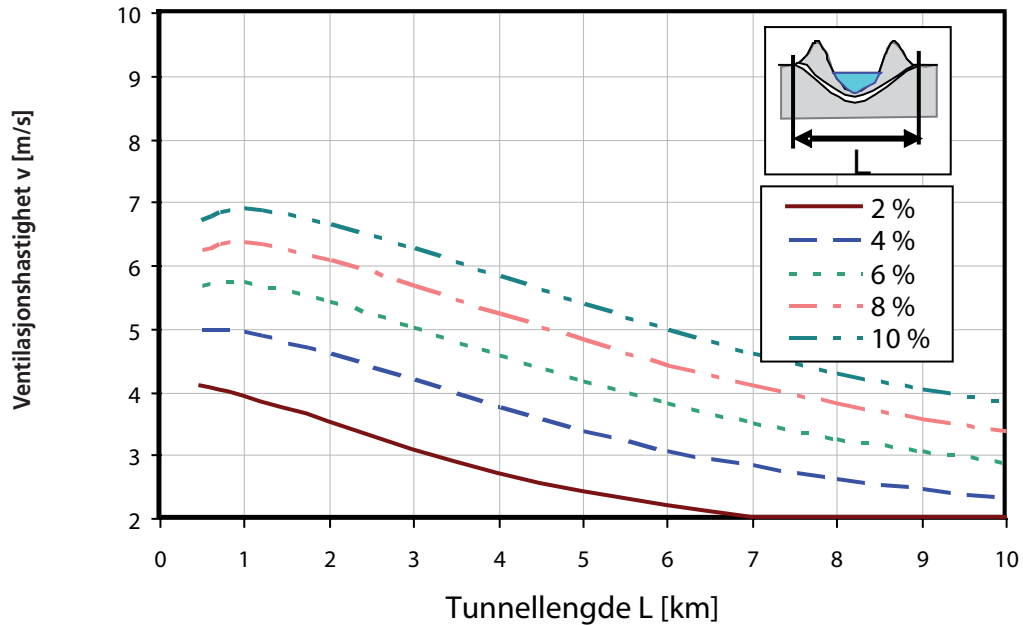
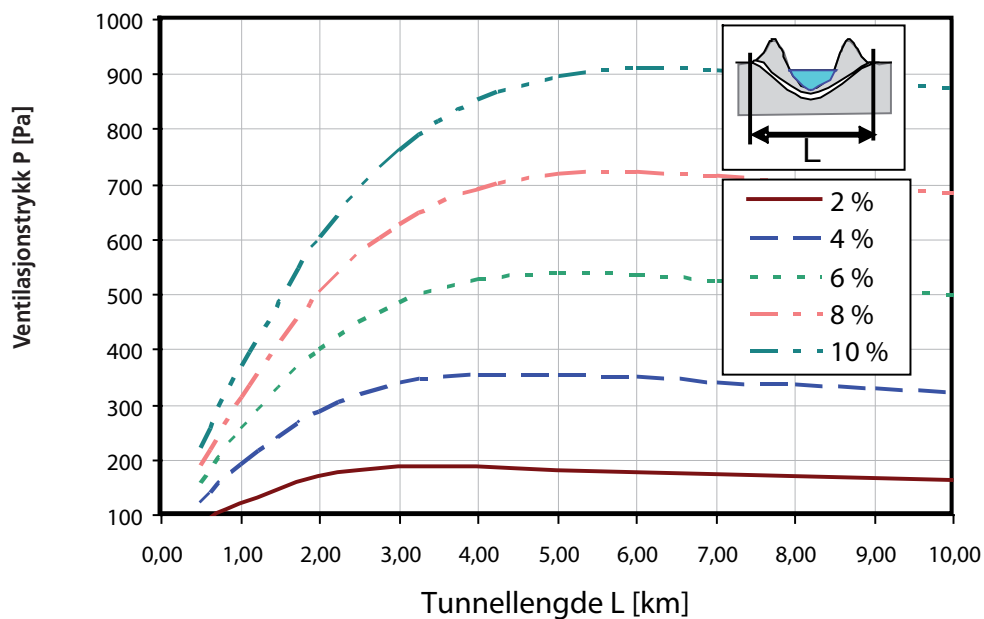


Figur D.20 Ventilasjonstrykk 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0$ Pa.

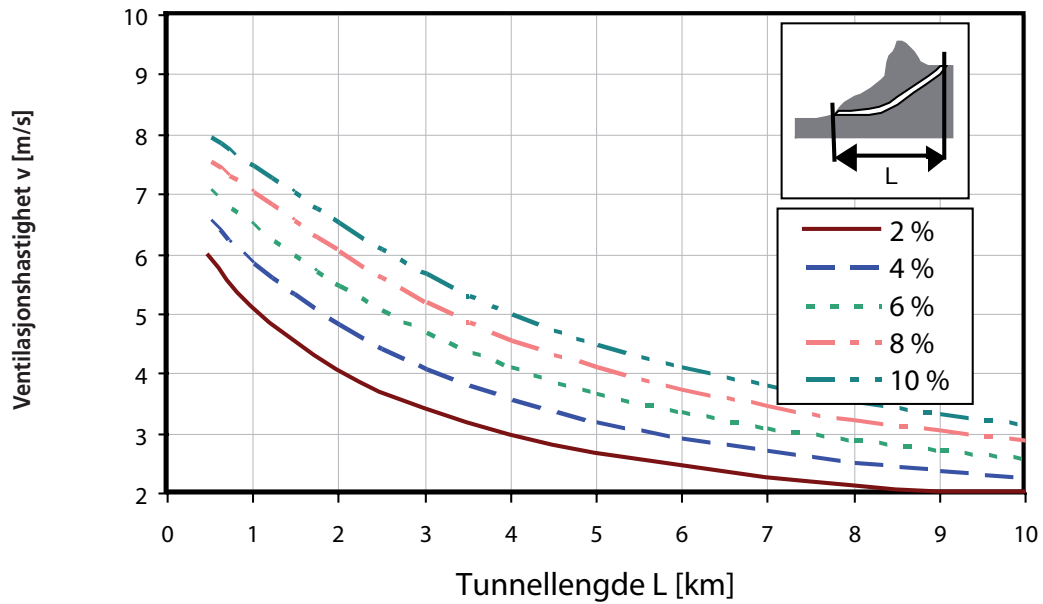
Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.21 Ventilasjonshastighet 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.22 Ventilasjonstrykk 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa.

Røykventilasjon, 100 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.23 Ventilasjons hastighet 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 100 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.24 Ventilasjons trykk 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16$ Pa.

Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.25 Ventilasjonshastighet 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.26 Ventilasjonstrykk 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.

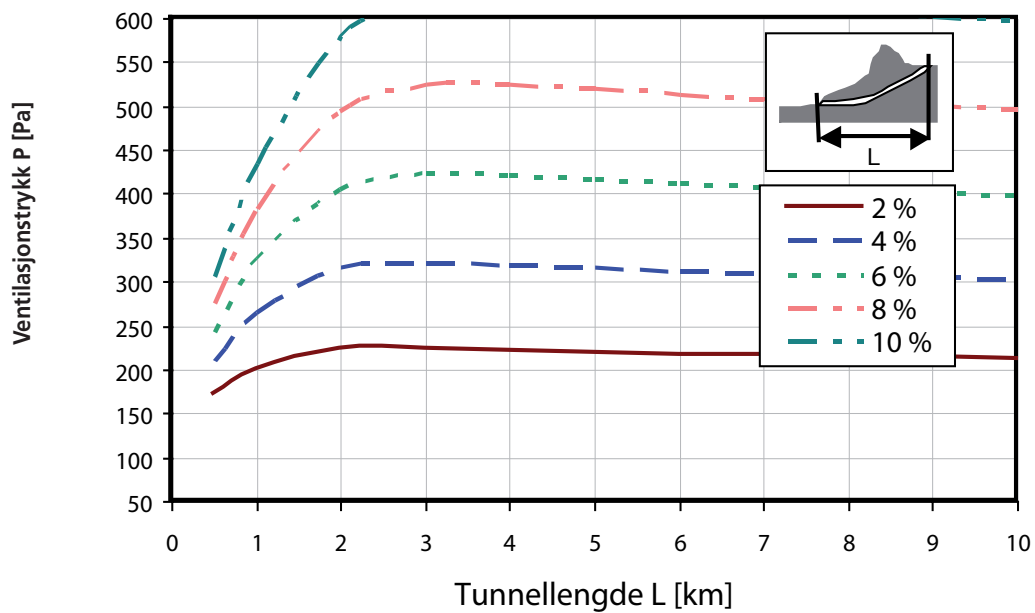
Røykventilasjon, 100 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.27 Ventilasjonshastighet 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.Røykventilasjon, 100 MW brann, $\Delta P = 16$ PaFigur D.28 Ventilasjonstrykk 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16$ Pa.

Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 64$ Pa

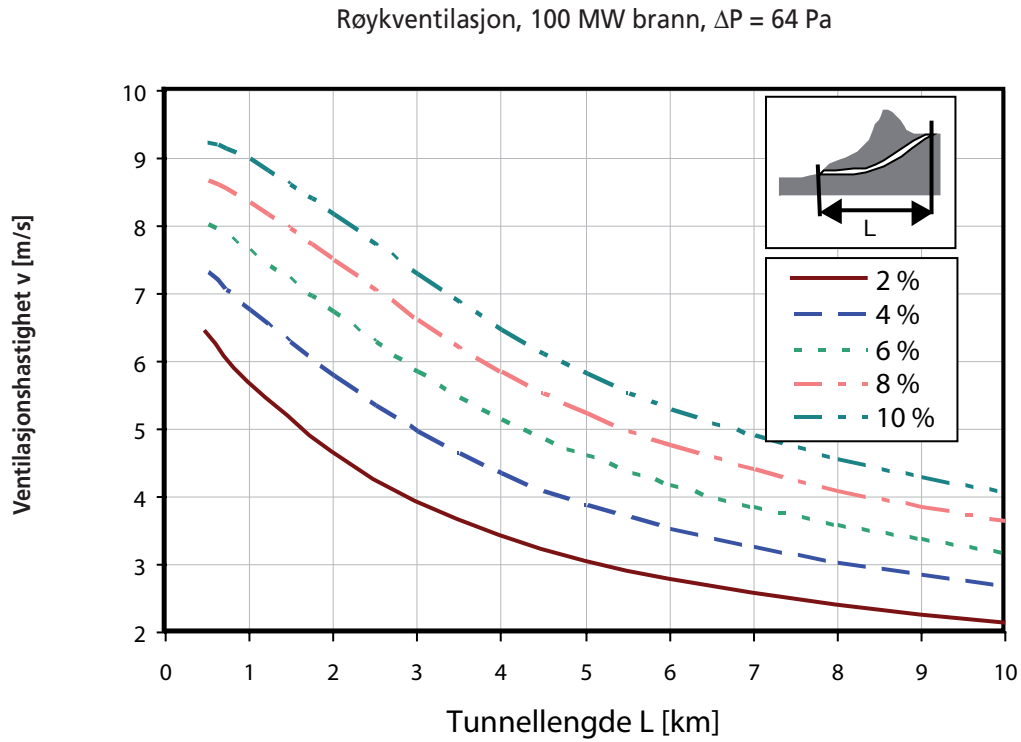


Figur D.29 Ventilasjonshastighet 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.

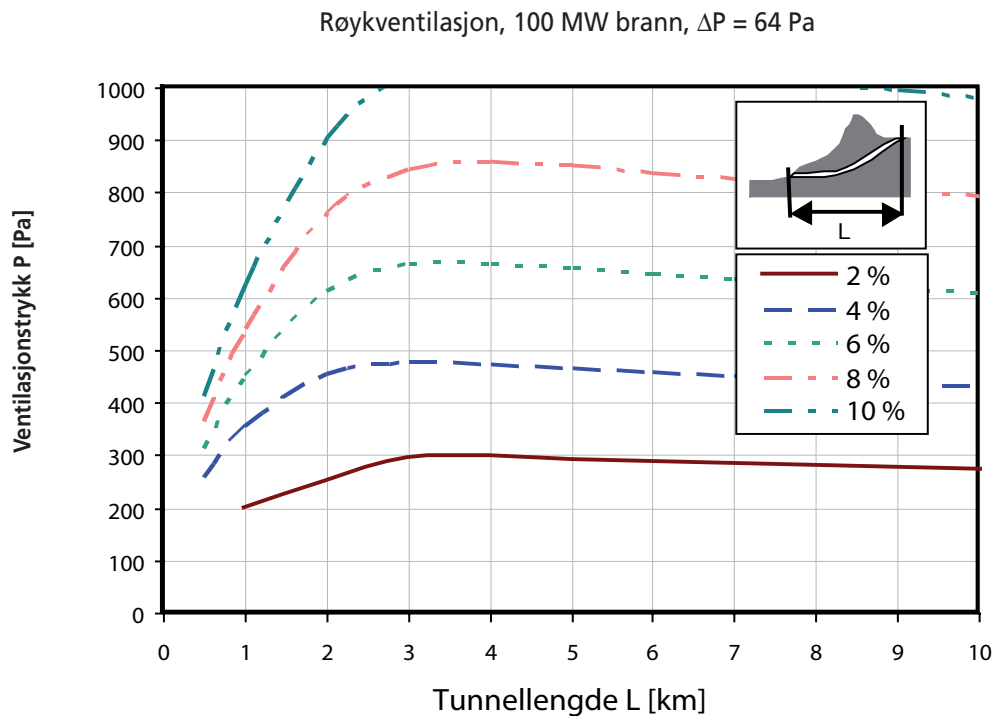
Røykventilasjon, 50 MW brann, $\Delta P = 64$ Pa



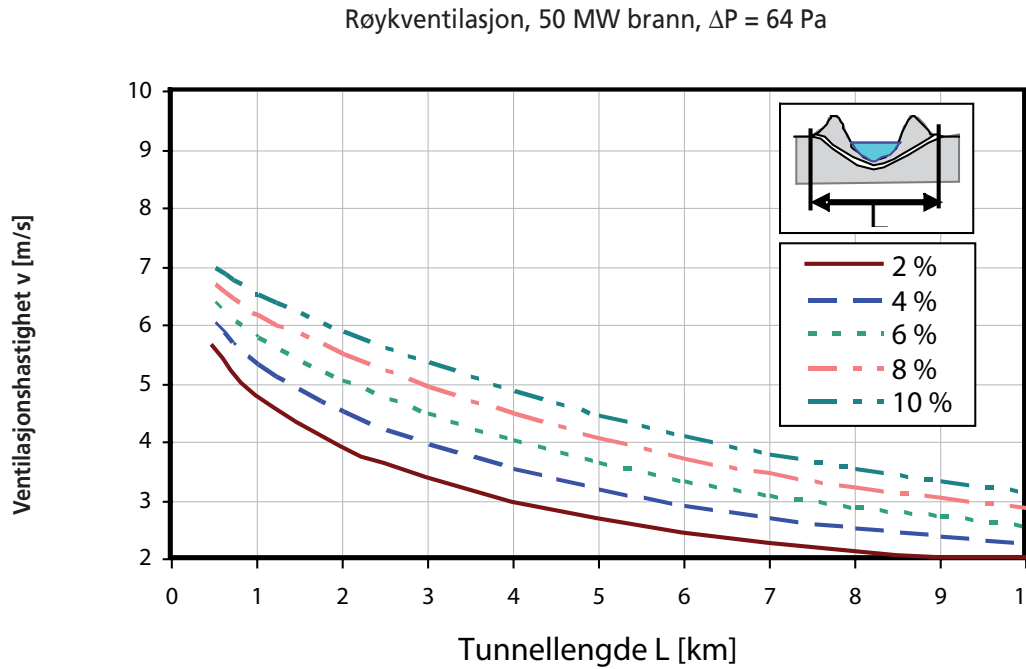
Figur D.30 Ventilasjonstrykk 50 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.



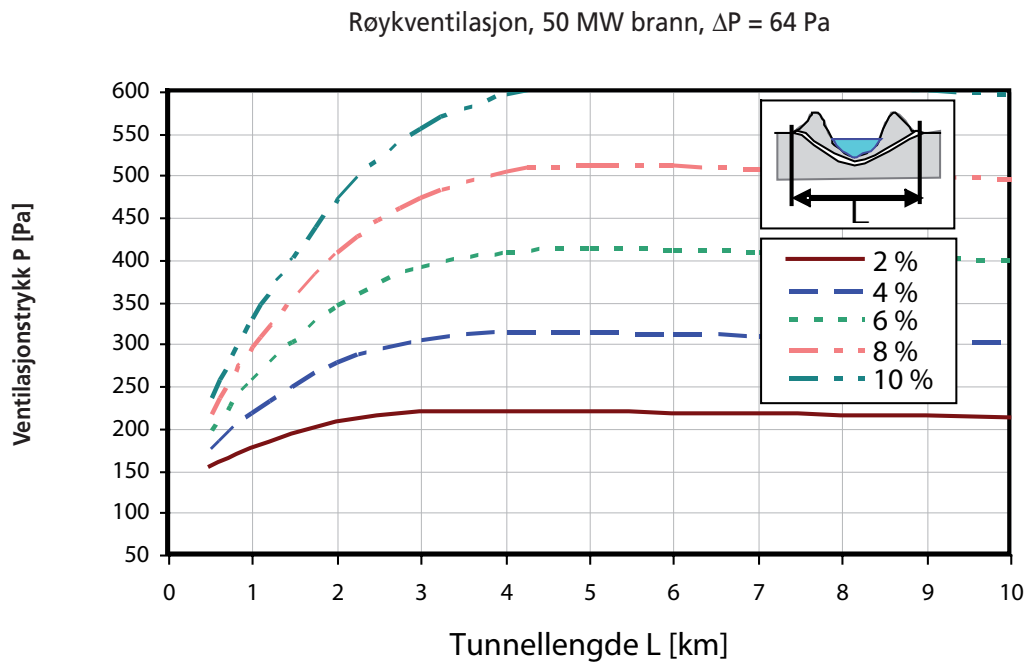
Figur D.31 Ventilasjonshastighet 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.



Figur D.32 Ventilasjonstrykk 100 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa.

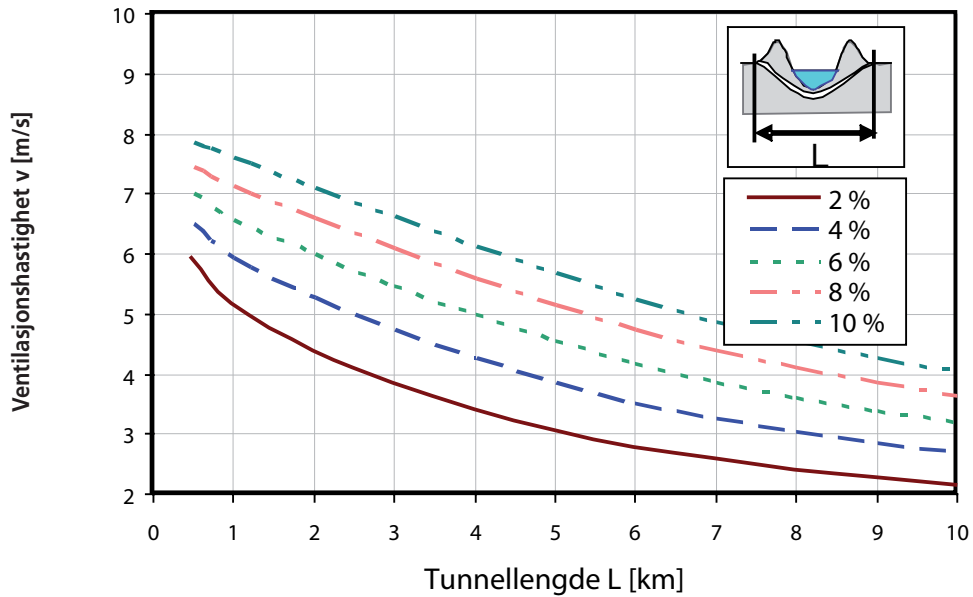


Figur D.33 Ventilasjonshastighet 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.



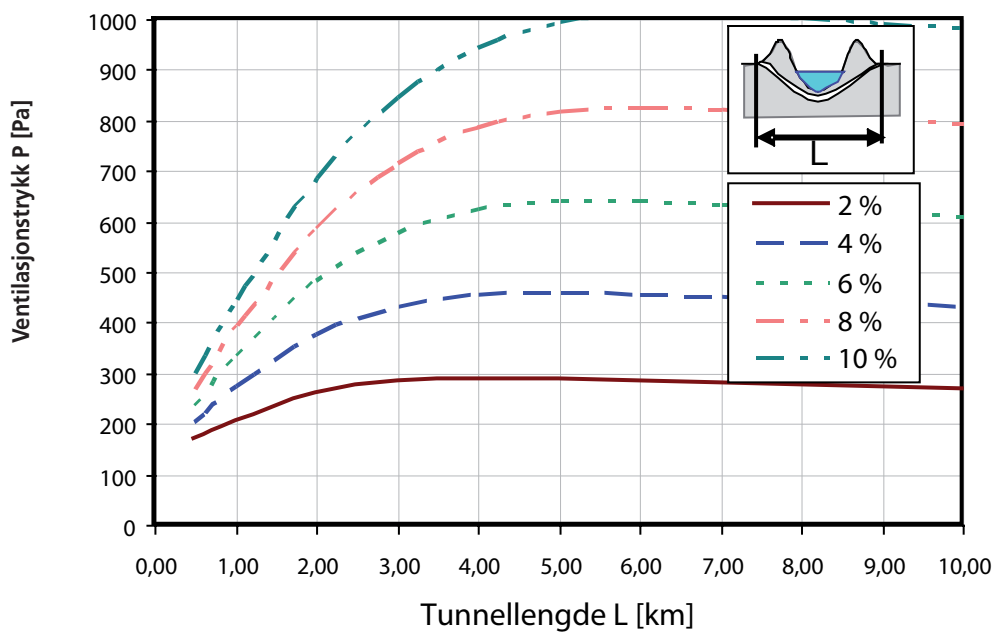
Figur D.34 Ventilasjonstrykk 50 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.

Røykventilasjon. 100 MW brann. $\Delta P = 64$ Pa



Figur D.35 Ventilasjonshastighet 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.

Røykventilasjon, 100 MW brann, $\Delta P = 64$ Pa



Figur D.36 Ventilasjonstrykk 100 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64$ Pa.

Gyldighetsområde og begrensninger

Beregning av oppdriftstrykk i henhold til den utviklede beregningsmodellen forutsetter en viss helning for å gi et rimelig estimat. Det vil si at oppdriftstrykket må være vesentlig større enn lokal trykkoppbygging (10-20 Pa for en 5 MW brann i en tunnel). Trykkeffekter nær selve brannen er neglisjert, og oppdrift beregnes etter det såkalte skorsteinsprinsippet. For å bruke ligningene må høydeforskjellen i tunnelens lengderetning være mye større enn innvendig høyde. Man kan anta at lokal trykkoppbygging nær brannstedet ligger i størrelsesorden 10-20 Pa, og kommer i tillegg til oppdriften i tunnelens lengderetning. Hvis beregningen her gir lavere skyvtrykk enn 50 Pa, velges skyvtrykket lik 50 Pa eller 2 m/s som ventilasjonshastighet.

Hvis ventilasjonshastigheten (v) bare er litt større enn oppdriftshastigheten, kan det oppstå sjiktning og todimensjonal strømming i tunnelen med en tunge av røyk som går mot ventilasjonsretningen. Dette kan løses ved å innføre en sikkerhetsfaktor n_s , som brukes ved beregning av nødvendig skyvkraft for viftene i ligning 7.

Dimensjonering av viftekapasitet

Forskjellige tunnelkonfigurasjoner vil gi forskjellige ventilasjonshastigheter (v). Nødvendig ventilasjonshastighet vil øke med økende helning (I), økende branneffekt (Q), økende ekstern vind (u_{∞}), økende tverrsnittsareal (A) og økende tunnellengde (L).

Skyvkraften P_v beregnes i henhold til ligning 7, der sikkerhetsfaktor for beregningene, n_s anbefales satt lik 1,1.

Ligning (7):

$$P_v = \frac{n_s}{n_v} \cdot \Delta p_s \cdot A \quad [\text{N}]$$

Tegnforklaring:

P_v [N]	påtrykt kraft fra ventilasjon (dimensjonerende skyvkraft)
Δp_s [Pa]	påtrykt drivtrykk fra ventilasjon når brannen er overvunnet med hastighet u (etter at dynamiske krefter er overvunnet)
n_s [-]	sikkerhetsfaktor for beregningene
n_v [-]	virkningsgrad for vifter
A [m ²]	tunnelens tverrsnittsareal

E Årsmiddeltemperatur og frostmengder

Vedlegg E gir årsmiddeltemperatur (°C) og frostmengder i timegrader (h°C) for alle landets kommuner og er hentet fra håndbok 018 Vegbygging. Kommunetabellene er ordnet fylkesvis basert på offisiell nummerering (ajourført 1990).

- t_m : Årsmiddeltemperatur
- F_2 : Frostmengden overskrides 1 gang i en 2-års periode
- F_5 : Frostmengden overskrides 1 gang i en 5-års periode
- F_{10} : Frostmengden overskrides 1 gang i en 10-års periode
- F_{100} : Frostmengden overskrides 1 gang i en 100-års periode

Det klimatiske grunnlaget for kommunetabellen er den statistiske undersøkelsen av dimensjonerende frostmengder ved 69 værstasjoner, og årsmiddeltemperatur og normal frostmengde ved 360 værstasjoner i perioden 1931-60.

Vanligvis er verdiene i tabellene knyttet til kommunesenteret. Innen de enkelte kommunene kan det være meget store lokale variasjoner i klima (kyst/innland, høyde over havet). Ved bruk av tabellen skal dette tas hensyn til.

Forholdsvis sikre verdier kan oppnås for dimensjonerende frostmengde ved å utføre målinger (det finnes enkle måleinstrument) over en måned eller lenger tid, og sammenligne målt frostmengde i samme periode med målte verdier fra den værstasjonen som er grunnlaget for kommunetabellen.

KOMMUNE	TEMP.	FROSTMENGDE			
	t _m	F ₂	F ₅	F ₁₀	F ₁₀₀
	°C	h°C			

1818 Herøy	5,5	2 000	4 000	7 000	11 000
1820 Alstahaug	5,5	1 000	4 000	7 000	13 000
1822 Leirfjord	5,0	3 000	6 000	9 000	15 000
1824 Vefsn	3,5	13 000	16 000	21 000	27 000
1825 Grane	2,5	18 000	23 000	28 000	32 000
1826 Hattfjelldal	1,5	26 000	32 000	37 000	42 000
1827 Dønne	5,5	2 000	4 000	7 000	11 000
1828 Nesna	5,5	2 000	4 000	7 000	11 000
1832 Hemnes	3,0	18 000	23 000	29 000	37 000
1833 Rana	3,0	16 000	18 000	25 000	35 000
1834 Lurøy	5,5	2 000	4 000	8 000	13 000
1835 Trøna	6,0	0	1 000	2 000	6 000
1836 Rødøy	5,0	3 000	5 000	10 000	15 000
1837 Meløy	5,0	3 000	5 000	10 000	15 000
1838 Gildeskål	5,0	2 000	4 000	9 000	14 000
1839 Beirern	3,5	10 000	13 000	18 000	24 000
1840 Saltdal	2,0	18 000	22 000	28 000	37 000
1841 Fauske	3,5	14 000	17 000	22 000	28 000
1842 Skjerstad	4,0	10 000	13 000	18 000	24 000
1845 Sørfold	4,0	10 000	13 000	18 000	24 000
1848 Steigen	4,5	4 000	6 000	10 000	15 000
1849 Hemsøy	4,0	7 000	9 000	13 000	18 000
1850 Tysfjord	3,5	10 000	13 000	18 000	24 000
1851 Ledingen	4,0	7 000	10 000	13 000	18 000
1852 Tjeldsund	4,0	8 000	11 000	14 000	19 000
1853 Evensen	3,5	9 000	11 000	15 000	21 000
1854 Ballangen	3,5	10 000	13 000	17 000	24 000
1856 Rest	5,5	0	1 000	2 000	6 000
1857 Verøy	5,5	0	1 000	2 000	6 000
1859 Flakstad	5,0	1 000	3 000	5 000	12 000
1860 Vestvågøy	5,0	3 000	5 000	8 000	14 000
1865 Vågan	5,0	3 000	5 000	8 000	14 000
1866 Hadsel	4,5	4 000	6 000	9 000	15 000
1867 Bø	4,5	3 000	4 000	7 000	14 000
1868 Øknes	4,5	3 000	4 000	7 000	15 000
1870 Sortland	4,5	4 000	6 000	9 000	16 000
1871 Andøy	4,0	4 000	5 000	8 000	16 000
1874 Moskenes	5,0	1 000	3 000	5 000	12 000
19 TROMS					
1901 Narstad	4,5	5 000	7 000	10 000	16 000
1902 Tromsø	3,5	10 000	13 000	16 000	21 000
1911 Kvæfjord	4,5	7 000	9 000	12 000	18 000
1913 Skånland	4,0	8 000	10 000	13 000	19 000
1915 Bjarkey	4,5	6 000	8 000	10 000	16 000
1917 Ibestad	4,5	7 000	9 000	12 000	18 000
1919 Gratangen	3,5	11 000	14 000	18 000	25 000
1920 Lavangen	3,5	12 000	15 000	19 000	26 000
1922 Bardu	2,0	27 000	29 000	36 000	47 000
1923 Salangen	3,5	12 000	15 000	19 000	26 000
1924 Målselv	2,0	27 000	29 000	36 000	47 000
1925 Serreisa	3,0	12 000	16 000	19 000	26 000
1926 Dyrøy	3,5	11 000	15 000	18 000	25 000
1927 Tranøy	3,5	10 000	14 000	17 000	24 000
1928 Torsken	3,5	8 000	11 000	14 000	20 000
1929 Berg	3,5	10 000	13 000	16 000	21 000
1931 Lenvik	3,5	11 000	15 000	18 000	25 000
1933 Belsfjord	3,0	15 000	18 000	22 000	29 000
1936 Karlsøy	4,0	8 000	11 000	15 000	19 000
1938 Lyngen	3,0	17 000	21 000	25 000	31 000
1939 Storfjord	2,0	23 000	26 000	30 000	42 000
1940 Kåfjord	2,0	23 000	26 000	30 000	42 000
1941 Skjerøy	3,5	10 000	14 000	19 000	24 000
1942 Nordreisa	2,0	23 000	26 000	30 000	42 000
1943 Kvanangen	2,0	25 000	28 000	32 000	44 000
20 FINNMARK					
2001 Hammerfest	2,0	15 000	18 000	21 000	32 000
2002 Vardø	1,0	17 000	23 000	26 000	33 000
2003 Vadsø	1,0	18 000	25 000	29 000	37 000
2011 Kautokeino	-2,0	51 000	56 000	65 000	76 000
2012 Alta	1,5	25 000	28 000	32 000	44 000
2014 Loppa	2,5	10 000	13 000	16 000	27 000
2015 Hasvik	3,0	8 000	11 000	14 000	25 000
2016 Serøysund	3,0	9 000	12 000	15 000	26 000
2017 Kvalsund	2,0	18 000	21 000	26 000	37 000
2018 Måsøy	2,0	13 000	16 000	20 000	30 000
2019 Nordkapp	2,5	12 000	15 000	19 000	29 000
2020 Porsanger	1,5	30 000	33 000	37 000	49 000
2021 Karasjok	-1,5	52 000	57 000	69 000	78 000
2022 Lebesby	1,5	25 000	28 000	33 000	44 000
2023 Gamvik	1,5	17 000	20 000	24 000	34 000
2024 Berlevåg	1,5	18 000	24 000	28 000	35 000
2025 Tena	0,5	30 000	33 000	38 000	49 000
2027 Nesseby	1,0	30 000	35 000	40 000	49 000
2028 Båtsfjord	1,0	18 000	25 000	28 000	36 000
2030 Sør-Varanger	0,5	31 000	35 000	43 000	50 000



Statens vegvesen

Håndbøkene kan bestilles fra:

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
0033 Oslo

Telefon: 02030
Faks: 22 07 37 68
publvd@vegvesen.no

ISBN 978-82-7207-611-4