



Normal

Vegtunneler





Statens vegvesen

Vegtunneler

Juni 2002

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.

Håndbøkene kan kjøpes av interesserte utenfor Statens vegvesen til de priser som er oppgitt i håndbokoversikten - håndbok 022.

Det er Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Ansvar for grafisk tilrettelegging og produksjon har Grafisk senter i Vegdirektoratet

Vegvesenets håndbøker utgis på 2 nivåer:

Nivå 1 - Rød 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 som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Vegtunneler

Nr. 021 i Vegvesenets håndbokserie

Layout: Grafisk senter, Vegdirektoratet

Opplag: 3100

Trykk: PDC Tangen A/S, Oslo

ISBN 82-7207-524-5

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 og har ikke tilbakevirkende kraft. Normalen skal i utgangspunktet også legges til grunn ved sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler. Alle avvik fra kravene gitt i normalen skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Normalen erstatter utgaven fra august 1992.

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.

I forhold til teksten i håndbok 021 fra 1992 er de fleste kapitler betydelig omarbeidet. En del emner 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.

Revisjonsarbeidet er utført i perioden 1997 til 2001. Vegkontorene, konsulenter, entreprenører m.fl., har gitt viktige bidrag i forbindelse med høringsprosessen.

Håndbok 021 vil være tilgjengelig på Statens vegvesens intranettsider og internettsider. En engelsk versjon av den nye håndboken blir utarbeidet og publisert senere.

Vegdirektoratet, januar 2002.

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
2	Geologiske forundersøkelser	21
201	Generelt	21
202	Tidlig oversiktsplan	21
203	Oversiktsplan (fylkesdelplan/kommunedelplan)	21
204	Reguleringsplan	22
205	Byggeplan/anbudsgrunnlag	23
205.1	Supplerende grunnundersøkelser	23
205.2	Geologisk og geoteknisk rapport som del av anbudsgrunnlag	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 begrensning 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	28
309.1	Konsekvensanalyse	28
309.2	Anbefalte luftkvalitetskriterier	29
309.3	Utslipp gjennom ventilasjonstårn	29
310	Rensing av tunnelluft	29
311	Støy nær tunnelåpninger	30
4.	Geometrisk utforming	31
401	Generelt	31
402	Valg av tunnelklasse	31
403	Tunnelprofiler	32
404	Sideareal	38

405	Sikring av farlige sidehinder	38
406	Utforming under vegbanenivå	38
407	Tunnelprofil for betongtunneler	39
408	Utvidelse for nisjer	40
408.1	Utforming og plassering av havari- og snunisjer	40
408.2	Nisjer for tekniske rom	40
408.3	Utvidelse i høgfellstunneler i områder med kolonnekjøring	41
409	Tverrforbindelser	41
410	Enfeltstunneler	42
411	Gang- og sykkeltrafikk	42
412	Linjeføring	42
412.1	Generelt	42
412.2	Dimensjonerende hastighet	43
412.3	Horisontalkurvatur/sikt	43
412.4	Vertikalkurvatur	43
412.5	Forbikjøringsmuligheter	44
412.6	Vertikalkurveradius	44
413	Kryss i forbindelse med tunneler	45
413.1	Kryss utenfor tunnelåpningen	45
413.2	Kryss i tunnel	46
413.21	Generelt	46
413.22	Rundkjøring	46
413.23	Av- og påkjøringsramper, toplankryss	47
413.24	T-kryss	47
414	Utstyr, trafikkskilt og vegoppmerking	47
414.1	Generelt	47
414.2	Utstyr og trafikkskilt utenfor tunnel	48
414.3	Trafikkskilt i tunnel	48
414.4	Vegoppmerking og visuell føring	51
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	56
502.33	Tunnelportal og andre konstruksjoner	57
502.4	Vegutstyr og skilt	59
503	Tunnelen	59
503.1	Generelle mål	59
503.2	Linjeføring	60
503.3	Utforming av tunnelrommet	60

6. Trafikk- og brannsikkerhet	61
601 Generelt	61
601.1 Eksisterende tunneler	61
602 Sikkerhetsutrustning	62
602.1 Sikkerhetsutrustning i de ulike tunnelklasser	62
602.2 Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustning av tunnel	65
602.201 Avbruddsfri strømforsyning (nødstrøm)	65
602.202 Rømningslys	65
602.203 Nødutgangsskilt	66
602.204 Nødtelefon	66
602.205 Brannsløkkere	67
602.206 Slokkevann	67
602.207 Rødt stoppblinksignal	67
602.208 Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel	67
602.209 Variable skilt og kjørefeltsignaler	68
602.210 ITV-overvåking	69
602.211 Høydehinder	69
602.3 Radioanlegg	69
602.31 Kommunikasjonsanlegg	70
602.32 Kringkastingsanlegg med "avbrytfunksjon"	70
602.33 Mobiltelefon	70
603 Trafikkstyring og hendelsesdetektering	71
603.1 Behovsanalyse	71
603.2 Hovedtyper av trafikkstyringssystemer	72
603.21 Forhåndsprogrammerte tiltak	73
603.3 Hendelsesdetektering - tekniske løsninger	73
603.31 Indirekte detektering	73
603.32 Direkte detektering	73
604 Arbeidsvarsling	74
605 Brannsikring	74
605.1 Generelt	74
605.2 Brannbelastning. Krav til konstruksjoner og utstyr	74
606 Transport av farlig gods	75
607 Beredskapsplan	76
7. Arbeider foran stuff, stabilitetssikring og vann- og frostsikring	77
701 Etablering av forskjæring og påhugg	77
702 Arbeider foran stuff	77
702.1 Sonderboring	77
702.2 Forinjeksjon	77
703 Stabilitetssikring	78
703.1 Generelt	78
703.2 Metoder	79
704 Krav til utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler	79
705 Frostinntrengning i tunneler	79

705.1	Generelt	79
705.2	Frostinntrengning	80
706	Vann- og frostsikring ved avskjerming	80
706.1	Generelt	80
706.2	Valg av konstruksjon	80
707	Frostsikring ved hjelp av frostporter	81
708	Portaler	82
8.	Drenering	83
801	Generelt	83
802	Drenssystem	83
803	Grøfter	83
804	System for oppsamling av vaskevann	84
805	Kummer for slokkevann	85
806	Pumpestasjoner, pumpeledninger	85
9.	Vegfundament og vegdekke	87
901	Generelt	87
902	Traubunn	87
903	Overbygning uten krav til frostsikring	87
903.1	Forsterkningslag	87
903.2	Bærelag, bindlag og slitelag	88
904	Frostsikret overbygning	88
904.1	Frostsikringslag	88
904.2	Isolasjonsmaterialer og sementstabilisert grus (Cg)	88
904.3	Bindlag og slitelag	89
10.	Tekniske anlegg	91
1001	Krav til teknisk utstyr	91
1001.1	Generelle krav til elektrotekniske anlegg	91
1001.2	Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning	91
1001.3	Kapslingsgrad	91
1001.4	Kabler	91
1001.5	Tekniske rom	92
1002	Strømforsyning	92
1003	Belysning	92
1003.1	Generelt	92
1003.2	Lysforhold utenfor tunnel - adaptasjonsluminansen	92
1003.3	Belysning i tunnel	93
1003.31	Krav til belysningsnivå (luminansnivå) i tunnel. Soneinndeling	93
1003.32	Belysning i nisjer	94
1003.4	Armatravstand	94
1003.5	Armaturer	95
1003.6	Prioritert belysning/nødlys	95
1004	Ventilasjon	95

1004.1	Krav til luftkvalitet i tunneler	95
1004.11	Generelt	95
1004.12	Tillatt konsentrasjon for karbonmonoksid, nitrogendioksid og siktforurensning	95
1004.2	Mekanisk ventilasjon ved langslufting	95
1004.21	Generelt	95
1004.22	Impulsventilatorer	96
1004.23	Ventilatorer plassert i ventilasjonstårn eller tverrslag	96
1005	Brannventilasjon	96
11.	Drift og vedlikehold	99
1101	Generelt	99
1102	Vedlikeholdsmetoder	99
1102.1	Generelt	99
1102.2	Kalendertidsbasert vedlikehold	99
1102.3	Driftstidsbasert vedlikehold	100
1102.4	Tilstandsbasert vedlikehold basert på inspeksjon	100
1102.5	Tilstandsbasert vedlikehold basert på måling av tilstand	100
1102.6	Erfaringsdata fra systematisk vedlikehold	100
1103	Vedlikehold av konstruksjoner	100
1103.1	Generelt	100
1103.2	Funksjonskontroll	100
1103.3	Tilstandsvurdering	101
1104	Vedlikehold av vegdekke og dreussystem	101
1104.1	Generelt	101
1104.2	Funksjonskontroll	101
1104.3	Spesielle krav	101
1105	Vedlikehold av tekniske installasjoner	102
1105.1	Generelt	102
1105.2	Vedlikeholdsmanual	102
1105.3	Funksjonskontroll	102
1105.4	Tilstandsvurdering	102
1106	Renhold	103
1107	Vintervedlikehold	103
12.	Dokumentasjon ved overlevering	105
	Vedlegg	107
A	Vurdering og beregning av luftforurensning fra vegtunneler	107
B	Beregning av støyutstråling fra vegtunneler	111
C	Ventilasjon	113
1	Beregning av nødvendig friskluftbehov	113
2	Beregning av nødvendig skyvkraft ved langslufting	115

D	Beregningsmodell for brannventilasjon	119
	Modell for beregning av viftekapasitet i tunneler med helning	119
	Ventilasjonsdata for tunneler ved brann på 5 MW og 20 MW	119
	Beregning av trykkbidrag Δp fra naturlig vind og oppdrift	120
	Gyldighetsområde og begrensninger	134
	Dimensjonering av viftekapasitet	134
	Regneeksempler	135
E	Årsmiddeltemperatur og frostmengder, fra håndbok 018	136

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 forurensningsloven bør avklares med forurensningsmyndighetene i en tidlig fase av planleggingen, for eksempel i forbin-

delse 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.

Lov om brannvern

Brannvernloven gjelder for tunneler i drift, og gir blant annet brannvernmyndigheten i kommunen hjemmel til å gi pålegg om brannsikringstiltak (jf. brannvernloven § 25). I "Retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler", vedtatt av Kommunal- og regionaldepartementet (KRD) og Samferdselsdepartementet (SD) i fellesskap juli 2000, legges det opp til at brannsikkerheten i nye tunneler avklares i forbindelse med reguleringsplanlegging etter plan- og bygningsloven.

Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr

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

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

- Havne- og farvannsloven
- Kommunehelsetjenesteloven
- Viltloven

- Lakse- og innlandsfiskeleven
- Reindrifftsloven
- 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 VDs 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 ± 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 (herunder 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 retningslinjer for saksbehandling for brannsikring av tunneler 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, jf. retningslinjene kapittel 3.1. 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 kom-

mune(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 kommunikasjonssystemet", 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 konse-

kvensutredninger 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 utredningsprogram. På grunnlag av dette forslaget skal Vegdirektoratet (for stamveger og nye vegforbindelser) eller planmyndigheten (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 fylkesveganlegg, 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 skal fastsettes i reguleringsplanen.

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 planeksemplere 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 brannsikringstiltakene som et ledd i reguleringsplanbehand-

lingen, jf. "Retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler" kapittel 3.2.

- 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. temaveiledningen "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. Eksemplere 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 nød-

vendig grunn og rettigheter til tiltaket og gi de berørte en best mulig forståelse av hvilke virkninger gjennomføring av planen vil ha, nødvendigvis at slike restriksjoner framgår klart av planen.

Noen holddepunkter 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 meldepplikten 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 enkeltelementer 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 oppstillingen. 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 Samferdselsdepartementets og Kommunal- og regionaldepartementets "Retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler" fra juli 2000. De retningslinjene er utarbeidet innenfor gjeldende regelverk og bygger på et utkast fra Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern og Vegdirektoratet i samarbeid med Statens bygningstekniske etat. Retningslinjene har Samferdselsdepartementet lagt ut på internett:

http://www.odin.dep.no/sd/norsk/regelverk/ru_tiner/028041-220002/index-dok000-b-n-a.html

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 veianlegg

get, 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 utgangs-

punktet 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.

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.

Ett-trinns søknadsbehandling

Forhåndskonferanse
(Behovet for forhåndskonferanse avklares i den enkelte sak)
Blankett NBR nr. 5170 og nr. 5169

Referat fra forhåndskonferanse
Blankett NBR nr. 5171

Nabovarsel
Blankett NBR nr. 5154
Gjenpart av nabovarsel
Blankett NBR nr. 5155

Søknad om igangsettingstillatelse
(Ev. søknad om enkle tiltak)
Blankett NBR nr. 5151

Tillatelse til tiltak
Blankett NBR nr. 5151

Melding

(Gjelder midlertidige anleggstiltak som er meldepliktige etter PBL § 85)

Forhåndskonferanse
Blankett NBR nr. 5170 og nr. 5169

Referat fra forhåndskonferanse
Blankett NBR nr. 5171

Nabovarsel
Blankett NBR nr. 5154
Gjenpart av nabovarsel
Blankett NBR nr. 5155

Melding om tiltak
Blankett NBR nr. 5153

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 totalkostnader, 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 stuff").

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 løsmassemekktighet
- 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/kommunedelplan)

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

Forundersøkelsene skal baseres på

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 for-

hold 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 tettearbeidene 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 rigggarealer, 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 rensetiltak 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 (miljørisikovurdering)
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 rensiltakene 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). Produktdataene 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 vasking 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, rensiltak 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).

310 Rensing av tunnelluft

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

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

Hvis det planlegges ventilasjonsløsning som inkluderer rensiltak, kreves det godkjenning 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.

Eksplisjonsrisiko 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 renseanlegget i en sidetunnel.

Tabell 3.1 Anbefalte luftkvalitetskriterier for luft utenfor tunnel

Grenseverdier	Måleenhet	Midlingstid *					
		C	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 "Virkinger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier".

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 byg-

ningsloven", 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, redningstjeneste etc.

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

Drift og vedlikehold skal sørge for at sikkerhetsnivået som bygges inn i tunnelen opprettholdes.

Viktige elementer i denne forbindelse er:

- valg av riktige konstruksjons- og utstyrsløsninger i plan- og byggefasen

- tilstrebe en ensartet standard for tunneler av samme type og trafikkmengde når tunnelene ligger på samme vegstrekning

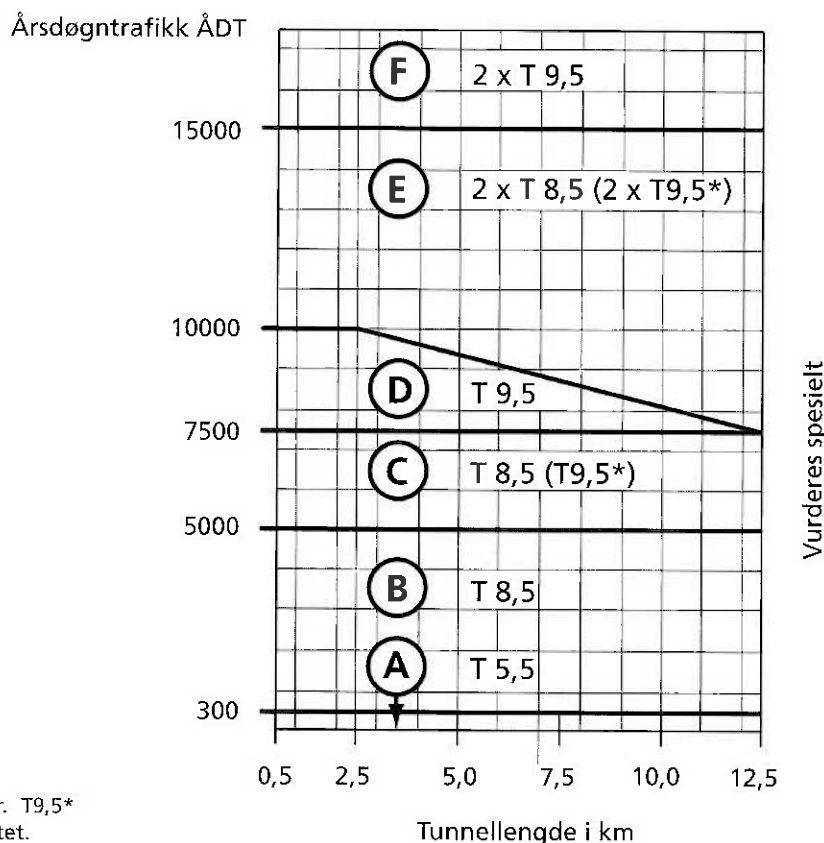
Krav til standard øker med økende trafikkmengde og tunnellengde. Tunnelene er derfor delt inn i klasser som blir bestemmende for geometrisk kvalitet og utrustning.

402 Valg av tunnelklasse

Trafikkmengde angis vanligvis som årsdøgnetrafikk (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 beregningsgrunnlaget for



Figur 4.1 Tunnelklasser. T9,5* gjelder for stamvegnettet.

ÅDT(20), kan 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 og snunisjer samt sikkerhetsutrustning. Når det gjelder 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. For tunneler under 500 m kan figur 4.1 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 på stamvegnettet i klasse C og E, skal bygges med tunnelprofil T9,5.

Dersom trafikkmengden ÅDT(20) gir tunnelklasse E, kan 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".

403 Tunnelprofiler

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

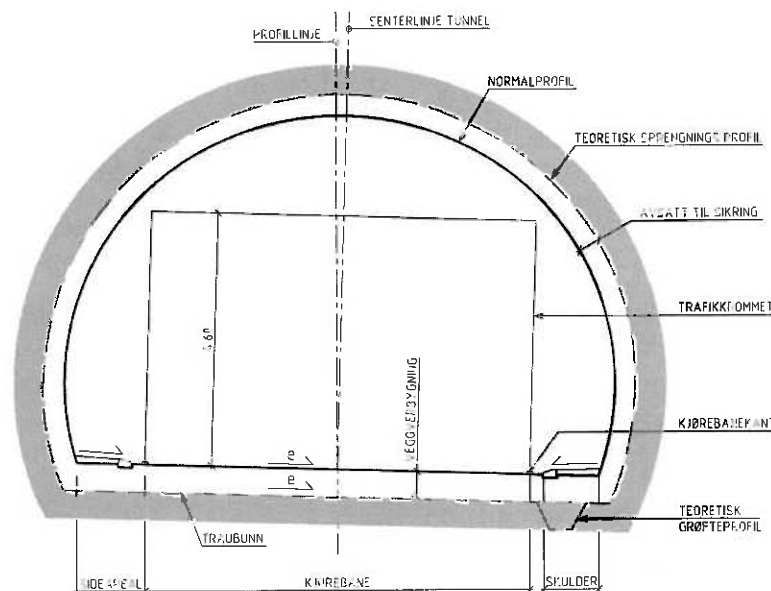
Tunnelprofil T4 utformes med rette vegger.

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

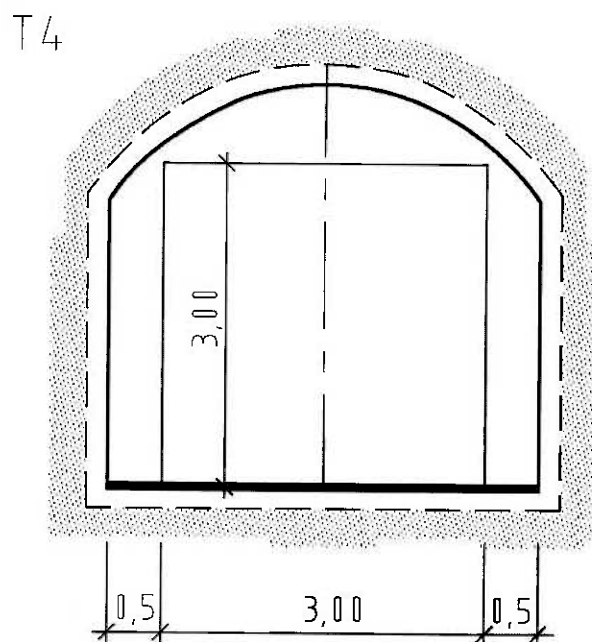
Kravet til fri høyde i tunneler er 4,6 m med unntak av tunneler for gang- og sykkeltrafikk. Kravet til fri høyde gjelder vinkelrett på kjørebanelnivå og målt midt på kantlinjen.

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

- ekstra klaring for senere justering av vegdekke



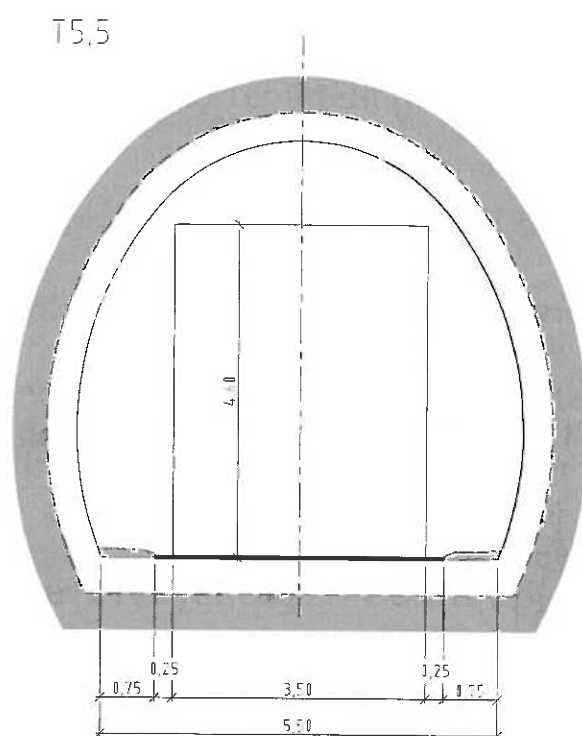
Figur 4.2 Skematisk tunnelprofil



Figur 4.3 Tunnelprofil T4 (mål i m)

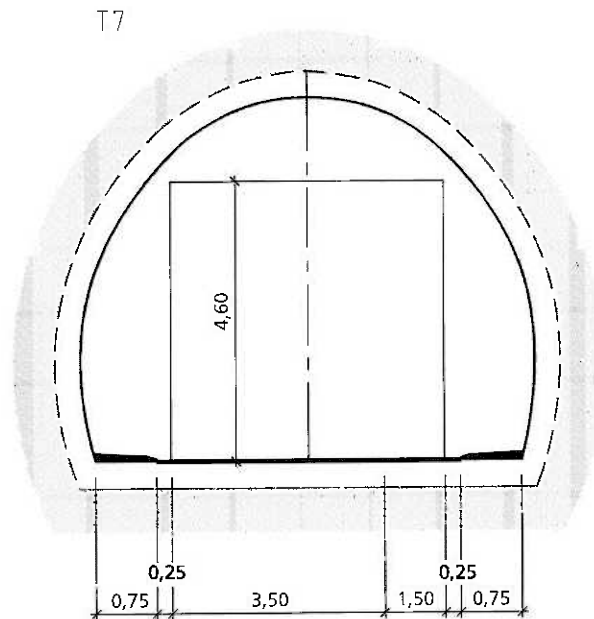
T4 brukes for gang- og sykkelveger. Krav til fri høyde er 3,0 m.

Profilen brukes også for gangbare tverrforbindelser i tunneler med to løp (tunnelklasse E og F).



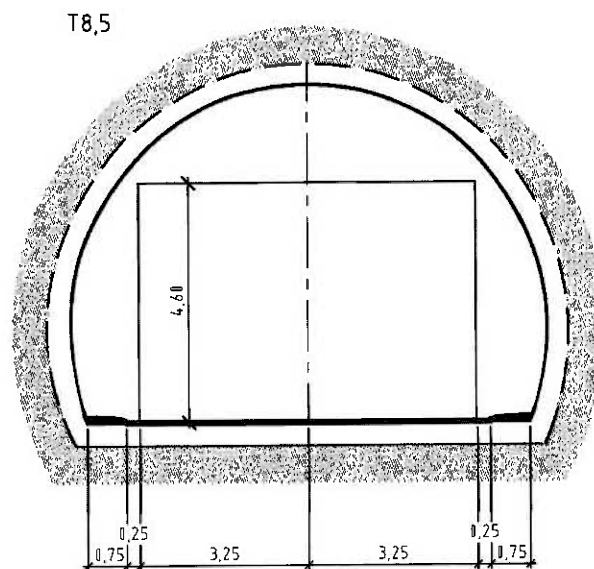
Figur 4.4 Tunnelprofil T5,5 (mål i m)

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



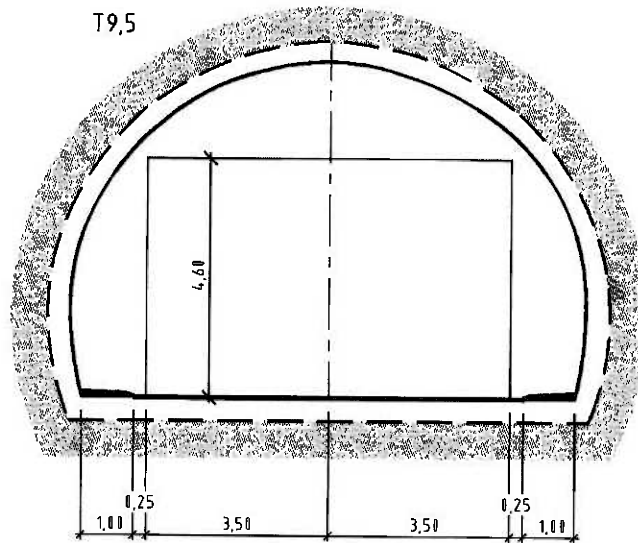
Figur 4.5 Tunnelprofil T7 (mål i m)

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



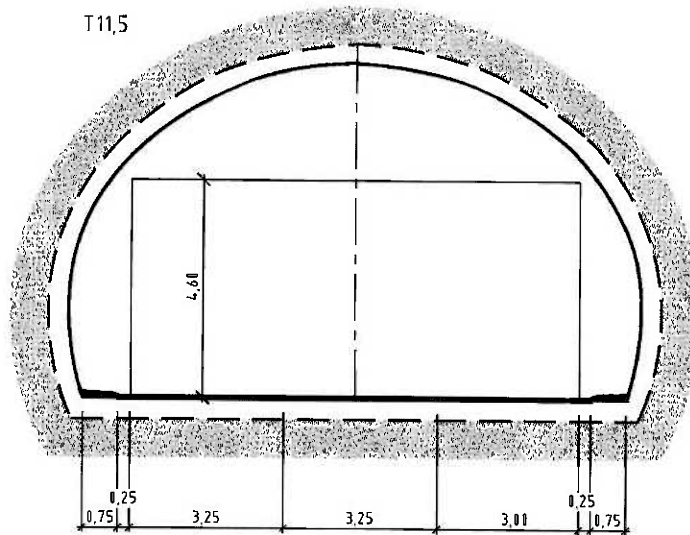
Figur 4.6 Tunnelprofil T8,5 (mål i m)

T8,5 skal brukes for tunneler med tovegstrafikk i tunnelklasse B og C og for hvert løp i tunnelklasse E.



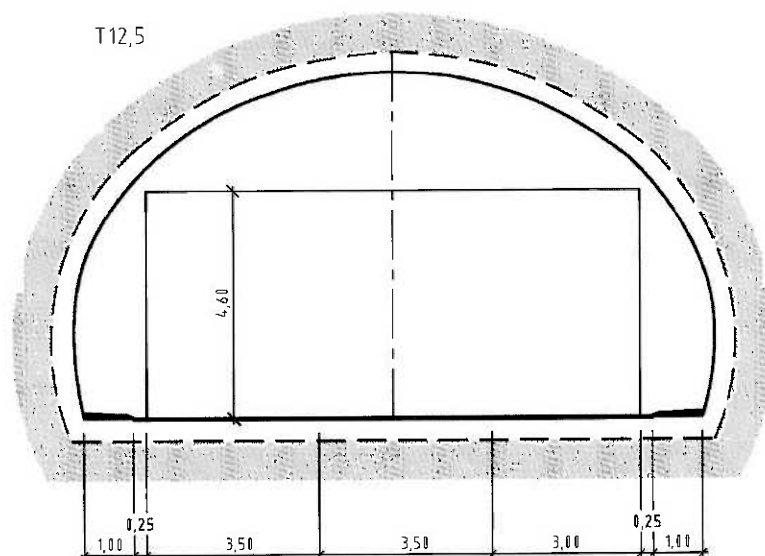
Figur 4.7 Tunnelprofil T9,5 (mål i m)

T9,5 skal brukes for tunneler med tovegstrafikk i tunnelklasse D og for hvert løp i tunnelklasse F, samt for tunnelklasse C og E på stamvegnettet.



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, C og E. 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 D og F. Figuren viser normal feltinndeling ved havarinisje. I andre situasjoner må feltinndeling vurderes ut fra trafikksituasjonen på stedet.

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

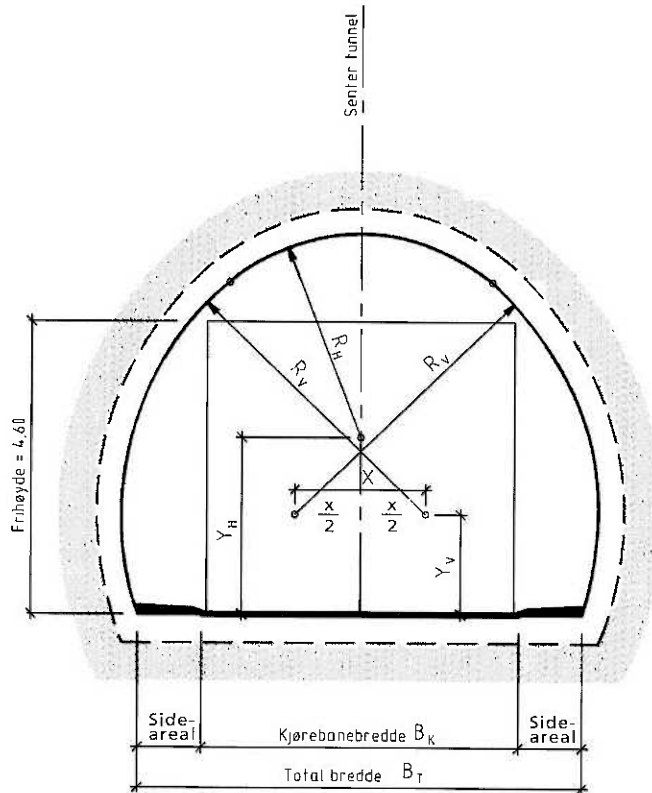
Tunnelprofilet vil normalt gi rom for skilt og tekniske installasjoner. Behovet for lokale utvidelser må vurderes i hvert

enkelt tilfelle. Minimum høyde til teknisk utrustning skal være 4,8 m over kjørebannen. For sidemontert utstyr som skilt o.l. skal klaring til trafikkrommet vurderes spesielt. Av hensyn til rømning bør sidemonterte skilt plasseres slik at fri høyde under skiltet er minimum 2,0 m. For krav til skilt se avsnitt 414.

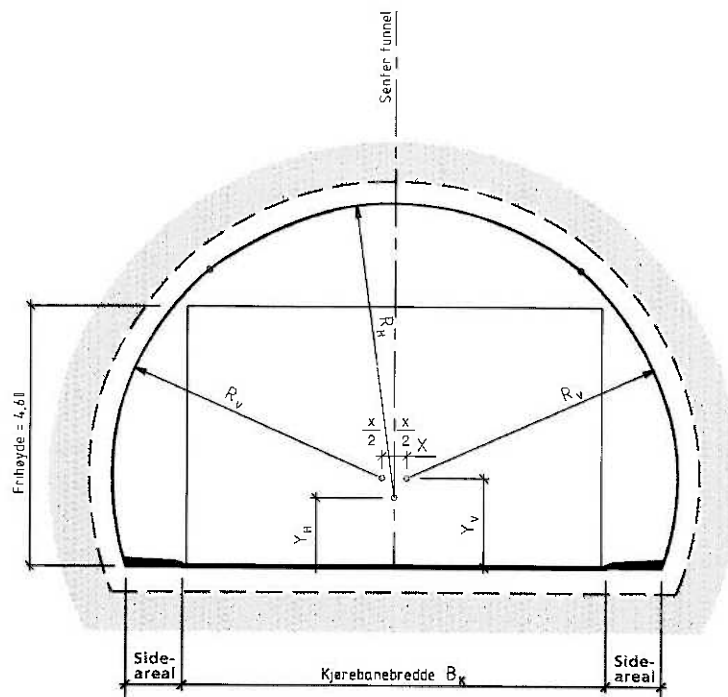
Tabell 4.1 Geometriske mål for de ulike tunnelprofilene

Profil	Total bredde B_T	Kjørebanebredde B_K	Senteravstand veggradier X	Senterhøyde veggradier Y_V	Veggradius R_V	Senterhøyde hengradius Y_H	Hengradius 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 Tunneltverrsnittsdata for de ulike tunnelprofilene

Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil		Normalprofil	
	Areal A_S m ²	Buelengde, B_S m	Areal 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:

A_S = Areal regnet etter teoretisk sprengningsprofil. I verdiene i tabellen er det forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring.

A_N = Areal regnet etter normalprofilen over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder.

B_S = Buelengde regnet etter teoretisk sprengningsprofil ned til nivå for traubunn forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring.

B_N = Buelengde regnet etter normalprofil ned til nivå for kjørebane.

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 vegbane. Tabellene gjelder derfor uavhengig av tverrfallets størrelse.

Takfall benyttes normalt ikke i tunnel.

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 tunnel-

klasse 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 dreinessystem, kabeltraséer, trekkekummer, rørkryss, mv.

Den råspregte sålen skal ha tverrfall tilsvarende vegdekkets tverrfall.

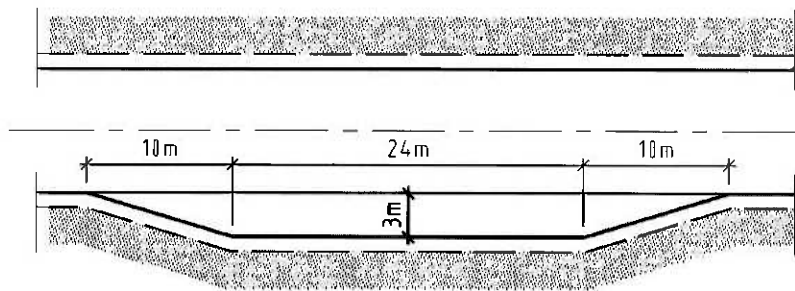
For øvrig henvises til kapittel 8 "Drenering", og kapittel 9 "Vegfundament og vegdekke".

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.

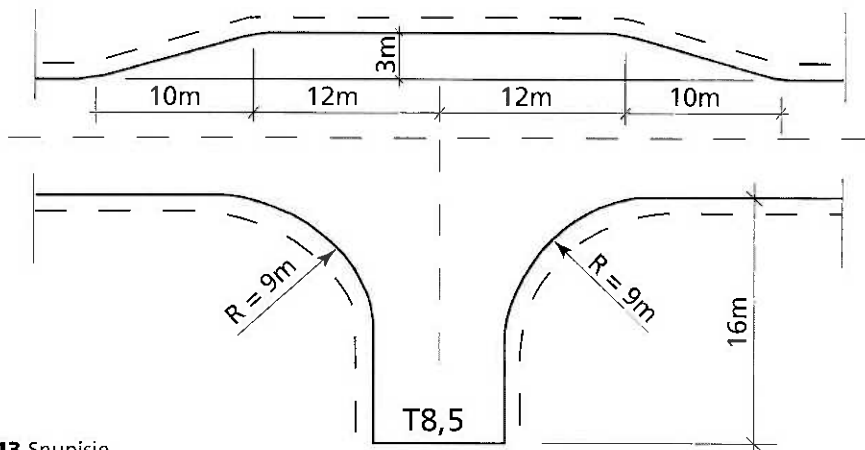
Eksempler på forhold som kan gi grunn for å avvike det ordinære tunnelprofilet kan være:

- Behov for å legge traséen grunt. Tunneltaket legges parallelt kjørebanelen mens det sirkulære profillet beholdes 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.

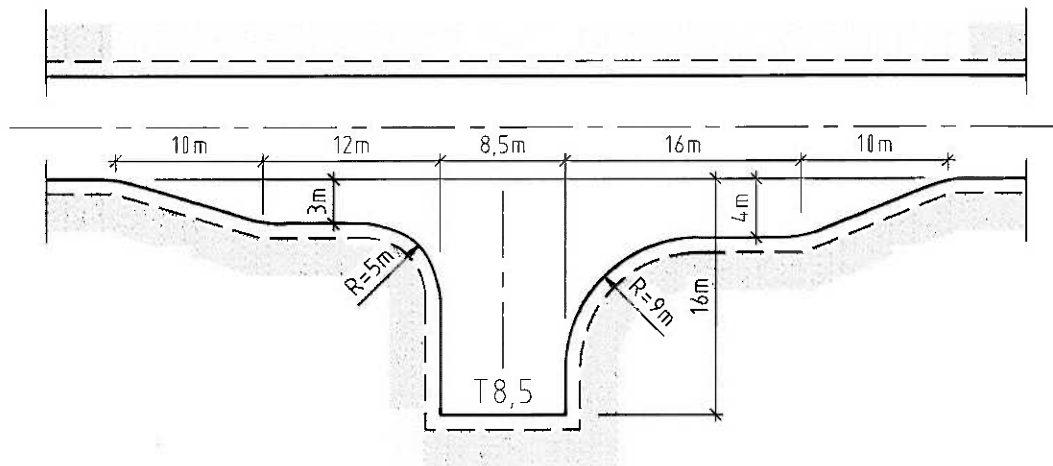


Havarinisje

Figur 4.12 Havarinisje



Figur 4.13 Snunisje



Figur 4.14 Eksempel på snunisje for brøytebil

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.

I tovegstunneler 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 trafikkkrommet. Nisjen bør plasseres ved havarinisje. Se avsnitt 408.2.

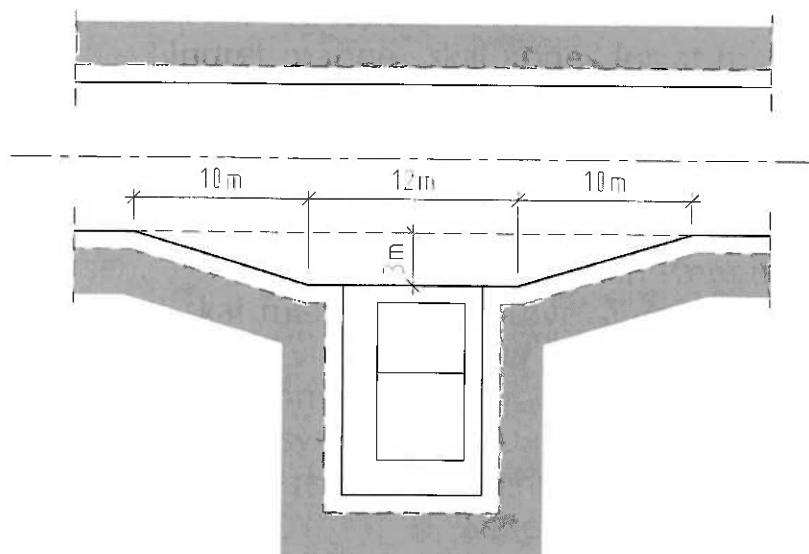
I lange tunneler kan det være behov for egen snunisje for brøytebil. Eksempel på utforming er vist i figur 4.14.

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".

Tabell 4.3 Normalavstand for nisjer

Tunnel-klasse	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 tunnellop.



Figur 4.15 Parkeringsnisje for teknisk rom

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.

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 $\geq 6\%$ 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 tovegstrafikk 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 havarini-

sje, og med tett vegg mot trafikkkrommet (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.

408.3 Utvidelse i høgfellstunneler i områder med kolonnekjøring

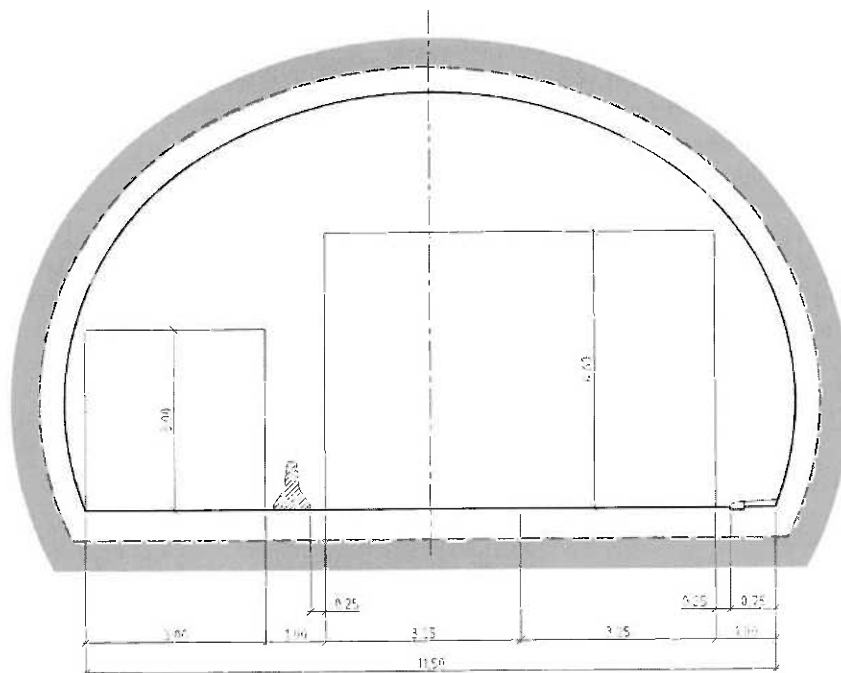
I høgfellstunneler med fare for periodisk stengt veg, f.eks. ved kolonnekjøring, skal det vurderes å øke bredden for å oppnå økt sikkerhet ved oppstilling av kjøretøyer.

409 Tverrforbindelser

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

Gangbare tverrforbindelser bygges med tunnelprofil T4.

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



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

410 Enfeltstunneler

I enfeltstunneler med tovegstrafikk 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

Det kan etter spesiell vurdering bli nødvendig å tillate gang- og sykkeltrafikk i tunneler når det ikke finnes alternative ruter. Gang- og sykkeltrafikk skal bare unntaksvis tillates i tunneler lengre enn 4 km. Det stilles spesielle krav til belysning og ventilasjon, kfr. kapittel 10 "Tekniske anlegg".

Gang- og sykkelareal plasseres ensidig med bredde på minimum 2,0 m og fri høyde minimum 3,0 m. Det skal etableres fysisk skille med betongrekkverk mellom gang- og sykkeltrafikk og biltrafikk.

Tunnelprofil T11,5 gir rom for gang- og sykkelbane, adskilt fra biltrafikk med betongrekkverk, sammen med en tofelts kjøreveg (figur 4.16). I spesielle tilfeller kan Vegdirektoratet tillate gang- og sykkeltrafikk i tunneler med andre tunnelprofil og uten betongrekkverk. En løsning kan da være fortau med høy, avvisende kantstein kombinert med lav fartsgrense.

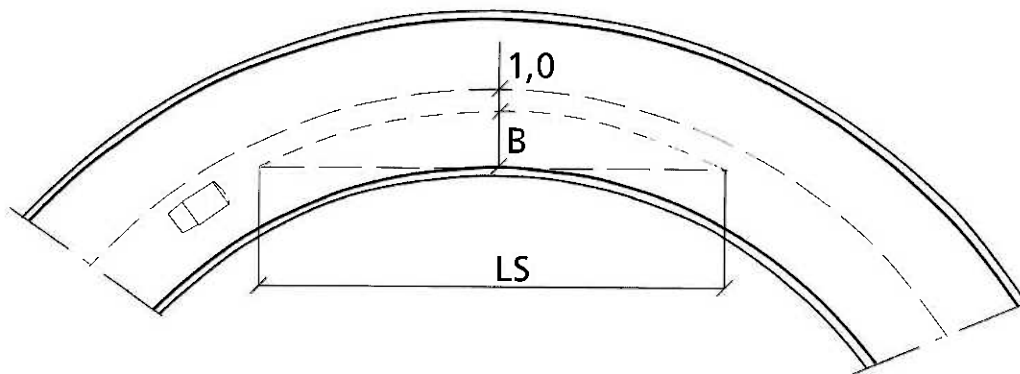
Der separat gang- og sykkelveg føres i egen tunnel, brukes tunnelprofil T4.

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.



Figur 4.17 Siktlinje i tunnel

412.2 Dimensjonerende hastighet

I tunneler blir minste horisontalkurve bestemt av siktforholdene. Kjoredynamisk kan derfor kurvene trafikeres 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 6 % 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 vgstrekningen tunnelen blir en del av.

412.3 Horisontalkurvatur/sikt

I hver ende av tunnelen bør det vurderes å legge inn en kurve både for å hindre forbikjøring og å 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 rettligne 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 horisontalkurveveradius (R), stoppsikt (LS) og avstand fra bilførerens øye til tunnelveggen (B) er gitt ved formelen:

$$R = LS^2 / 8B \text{ [m]}$$

Se figur 4.17 og tabell 4.4. Jf. også håndbok 017 (1993) figur 16.25 "Samhørende verdier for avstand (B) senter kjørefelt til sidehinder ved ulike kurveradier (R) og sikt-krav (L)".

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

I venstrekurve i envegstunneler 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

Maksimal stigning for tunneler er gitt i tabell 4.5.

Dersom det anlegges forbikjøringsfelt, kan verdiene i tabellen økes med 1 %.

Tunneler av lokal karakter og med små trafikkmengder, samt bytunneler utenom

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

Dim. hastig km/t	ÅDT(20) 0 - 1 500 stigningsgrad s			ÅDT (20) 1 500 - 5 000 stigningsgrad s			ÅDT(20) > 5 000 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

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 tunneløp samlet.

ÅDT-verdiene i tabell 4.5 gjelder vegstrekninger 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 tabellen 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 tovegstrafikk og med stigning ≥ 6 % 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 tilstrebes 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, avsnitt 4.2.

412.6 Vertikalkurveradius

Anbefalt vertikalkurveradius i forhold til dimensjonerende hastighet er vist i tabell

Tabell 4.5 Tillatt stigningsgrad for tunneler

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

Tabell 4.6 Minste tillatte vertikalaradius (m) i lavbrekk

Dimensjonerende hastighet (km/t) Standardklasse	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

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.

413 Kryss i forbindelse med tunneler

413.1 Kryss utenfor tunnelåpningen

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

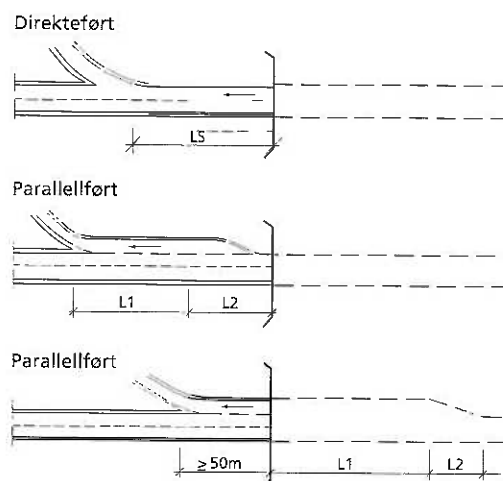
Når trafikken fra tunnelen er vikeplikts- eller signalregulert, skal avstanden fra tunnelåpning til vikepliktlinje, stopplinja eller gangfelt ikke være mindre enn stoppsikt, beregnet ut fra hastighetsnivå ved utkjøring av tunnelen. Ved tunneler i bystrøk med hastighetsnivå 50 km/t eller lavere kan denne 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 $2 \times$ 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.

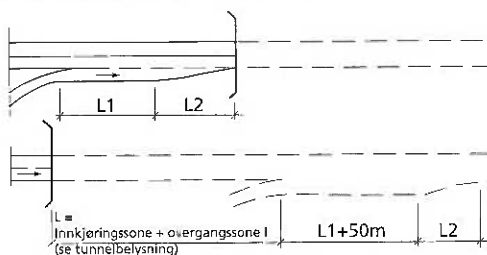
I toplankryss ved tunnelåpning skal ingen feltlengder være kortere enn angitt i håndbok 017. Påkjøringsramper skal være avsluttet før tunnelåpning.

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

Direkteført avkjøringsrampe skal ikke starte nærmere tunnelåpning enn stoppsikt (figur 4.18). 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.

413.2 Kryss i tunnel

413.21 Generelt

Kryss i tunnel skal alltid godkjennes av Vegdirektoratet.

Kryss i tunnel gir ofte store bergrom. Det skal derfor alltid 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

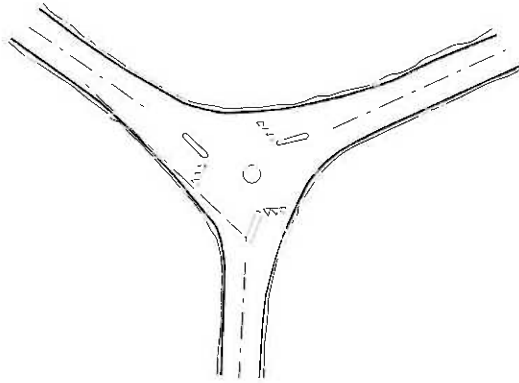
Rundkjøring i tunnel kan anvendes i by- og tettstedsområder hvor hastighetsnivået (definert som 85 % fraktilen) i tunnelen ikke er høyere enn 60 km/t. Det kan anvendes 3-armet minirundkjøring eller større rundkjøring med 3 eller 4 armer og oppbygget sentraløy (figur 4.20 og 4.21).

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

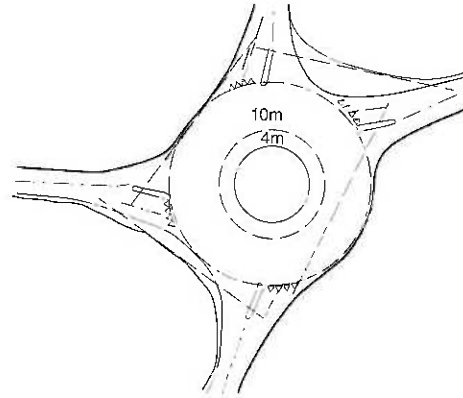
3-armet minirundkjøring forutsetter 120 graders vinkel mellom vegarmene, og oppmerket sentraløy med 1,5 m diameter. Med disse forutsetningene vil frisiktsonen (10 x 50 m) falle sammen med breddeutvidelsen inn mot krysset.

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 være 8-10 m. Ved 3-armet rundkjøring med ca. 120 graders



Figur 4.20 3-armet minirundkjøring



Figur 4.21 Stor rundkjøring, 3- eller 4-armet

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 tilfredsstillere 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 reduserer behovet for feltskifte (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 kødannelse, bør tilfartskontroll vurderes for å få kødannelse 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, $\text{ÅDT}(20)$ lavere enn 500 på hovedveg, og $\text{ÅDT}(20)$ 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.

En variant av vegvisningsskilt 712 "Stedsnavn" med tunnelsymbol og lengde skal benyttes av sikkerhetsmessige årsaker ved tunnellengde over 500 m. Skiltet skal plasseres på høyre side og minimum 50 m fra tunnelåpningen.

Alternativt til skilt 712 kan det være aktuelt å varsle tunnel 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 tunnel-lengde.

Forbudsskilt 314 "Høydegrense" benyttes bare for tunneler med målt fri høyde lik eller mindre enn 4,59 m. Forbudsskiltene 334 "Forbikjøringsforbud" 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 syklister.

Informasjonsskilt 601 "Radiostasjon"

skal benyttes i alle tunneler med innlagt radiokommunikasjon.

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

Bommer skal ha påmontert skilt 908 "Hindermarkering", eller ha utforming som dette skiltet men i fargene rødt og hvitt. 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.

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

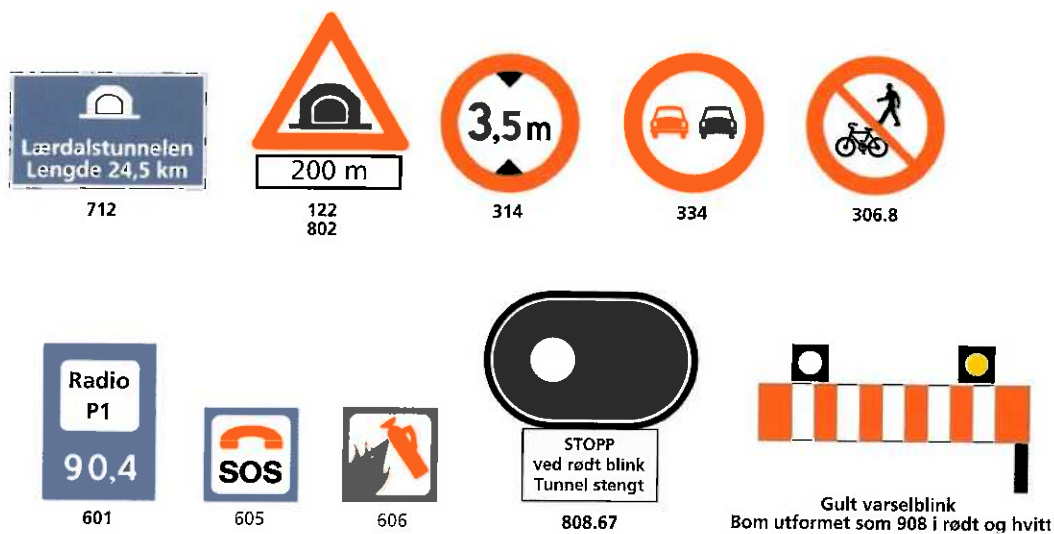
Minimumsavstander mellom skilt som er gitt i håndbok 050 "Trafikkskilt" skal overholdes også inn mot tunnelportal. Håndboken gir også detaljerte bestemmelser om hvilke skilt som kan plasseres på samme stolpe/mast og maksimalt antall skilt per stolpe.

Det skal vurderes om skilt som er knyttet til tunnel og vanligvis plasseres nær tunnelinngang, 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 rødt stoppblinksignal med tilhørende underskilt og bommer.

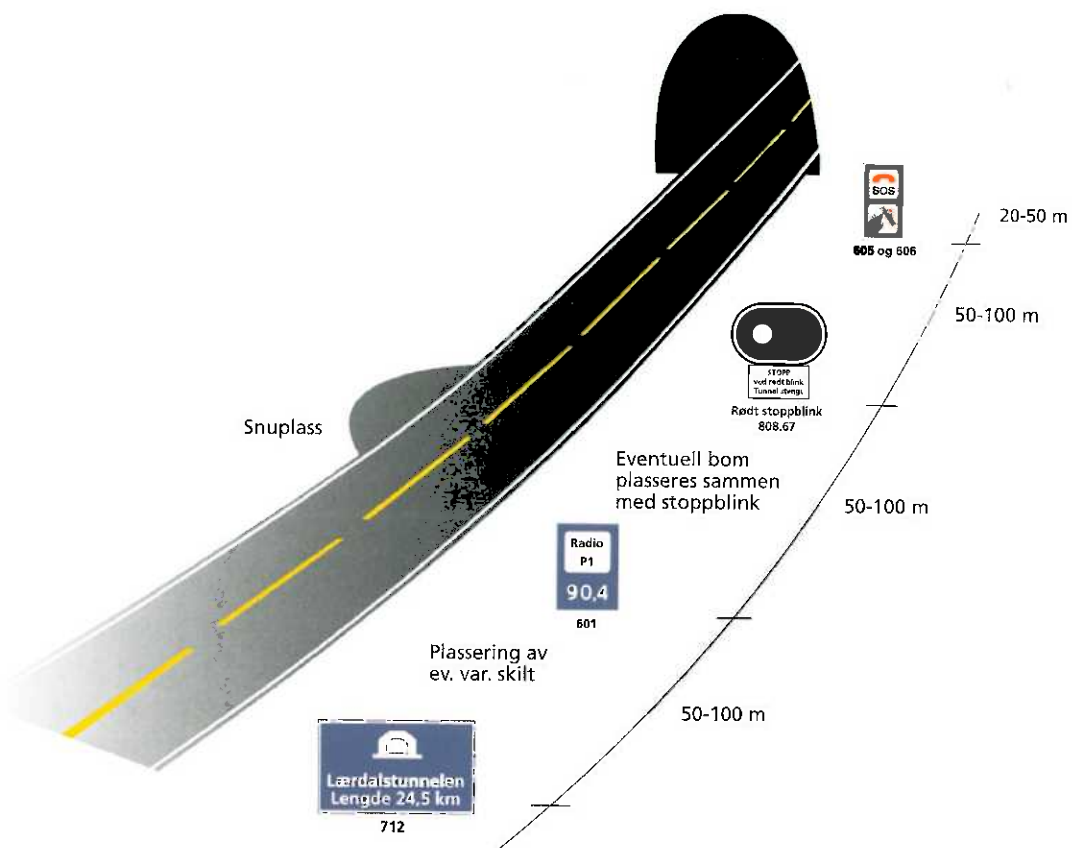
Eksempel på skiltplassering og avstand er vist i figur 4.23.

414.3 Trafikkskilt i tunnel

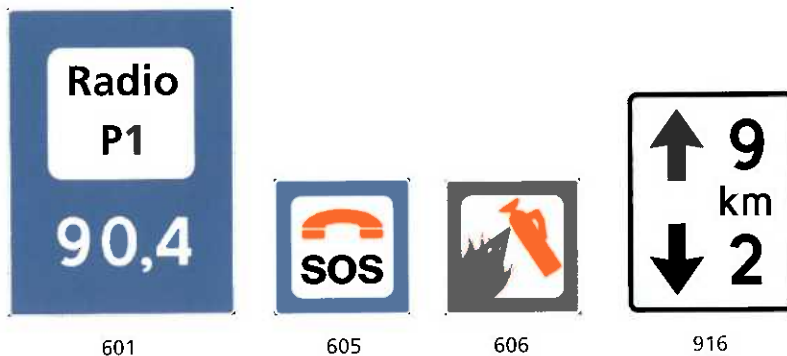
Antall skilt inne i tunnelen skal holdes på et minimum. Det gjelder spesielt plasskrevende skilt fordi tunnelprofilen gir



Figur 4.22 Aktuelle skilt utenfor tunnel



Figur 4. 23 Eksempel på plassering av skilt i portalsone



Figur 4.24 Aktuelle skilt i tunnel

begrenset plass til skilting. Kryss inne i tunnel eller 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 4.24.

Serviceskilt 601 "Radiostasjon" 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 brann sikkerhet"). Teksten på skiltet skal vise til radiokanal P1 selv om melding også gis på andre kanaler.

Alle nødtelefoner varsles med serviceskilt 605 "Nødtelefon". Alle brannslukkere varsles med serviceskilt 606 "Brannslukker". Skiltene skal være tosidig eller

det settes opp et skilt for hver kjøretning.

Skilt 916 "Avstandsmarkering for tunnel" viser avstand til tunnelåpning i begge retninger. Skiltet er aktuelt for tunneler over 3 km.

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

For nødsilt som ikke er trafikksilt, se avsnitt 602.203 "Nødutgangssilt".

Enkelte innvendig belyste skilt inne i tunnel kan ha redusert størrelse i forhold til skilt i dagen. Dette gjelder trekantede 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 opplysningskilt 530-538, som kan reduseres med opptil 30% og serviceskiltene 605 og 606 som kan ha bredde 440 mm. For overhengende kjørefeltskilt 724 kan som minimum teksthøyde 210 mm benyttes. Se håndbok 050 "Trafikksilt" 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 brannsikring".

414.4 Vegoppmerking og visuell føring

Varsellinje, sperrelinje og kombinasjoner av disse samt kantlinjer i tunneler skal utføres som profilerte. Se retningslinjer for bruk av profilert vegoppmerking. Vegbanereflektorer bør vurderes, spesielt ved lavt belyningsnivå. Vanligvis skal profilert oppmerking og vegbanereflektorer i tunnel føres minst 100 m ut av tunnelen. For øvrig utføres oppmerking som for veg i dagen.

I tunneler med lavt belyningsnivå og vanskelig kurvatur kan skilt 914 "Tunnelmarkering" brukes for å bedre den visuelle føringen.

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.

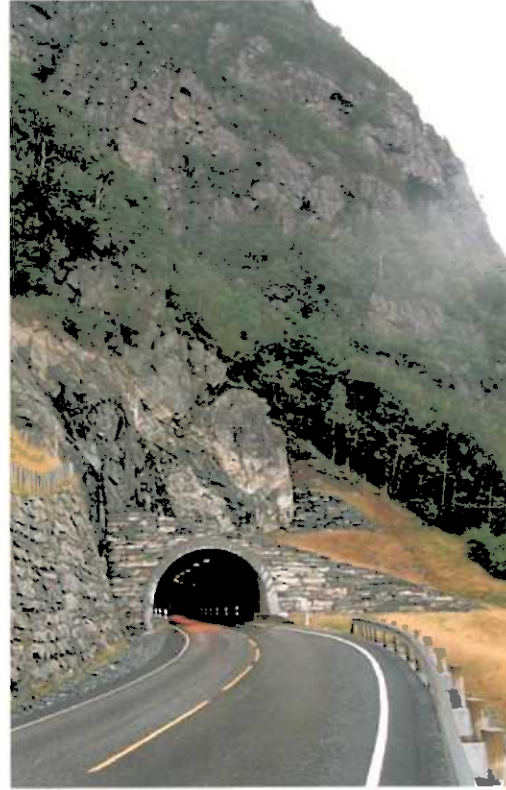
Positiv kontrast vil i de fleste tilfeller si at dagsoneanlegget behandles og utformes ut fra en formmessig idé som spiller opp mot det overordnede landskapsrommet på en positiv måte uten at dagsoneanlegget underordnes formmessig eller forsøkes gjemt bort. Et slikt byggverk/terrengform bør ha:

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



Figur 5.1 Vinhellavegen (Foto: Ingerlise Amundsen)



Figur 5.2 Riksveg 15 (Foto: Astrid Taklo)

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 kostnads-krevende 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 tunnelpåhuggget lokaliseres slik at:

- retningen på dagsonen følger retningen på landskapsformen
- vegen kommer vinkelrett inn mot den naturlige bergoverflaten i påhuggsområdet

- forskjæringene 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 midtels 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 terrenng 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 terrenng 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 vertikal-kurve.

Som regel bør et tidligst mulig påhugg tilstrebes. I mange tilfeller vil dette kreve spesielle sikringstiltak. 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.

Terrengforming skal i størst mulig grad:

- gi dagsonen 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

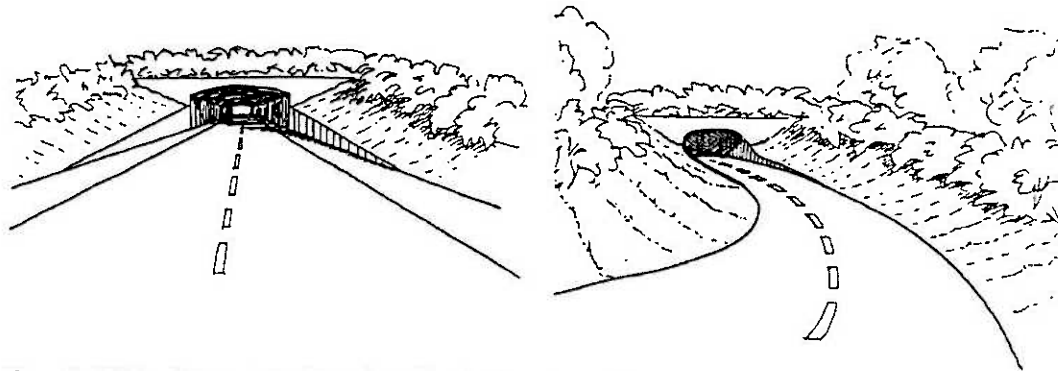
Ved etablering av tunnelpåhugg skal bevaring av eksisterende vegetasjon vektlegges spesielt. Vegetasjonsområdene bør sikres slik at den enkelte grunneier ikke kan felle trær som er av visuell betydning for portalområdet. Dette kan gjøres enten ved hjelp av grunnerverv eller skriftlig avtale med grunneier.

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.

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



Figur 5.5 Utforming av tunnelportal med beplantning. Eksempler

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 trafiksikkerhet er ivaretatt. Som hovedregel skal portalen gis en form som i seg selv gjør rekkverk unødvendig både innenfor og utenfor tunnelåpningen.

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.

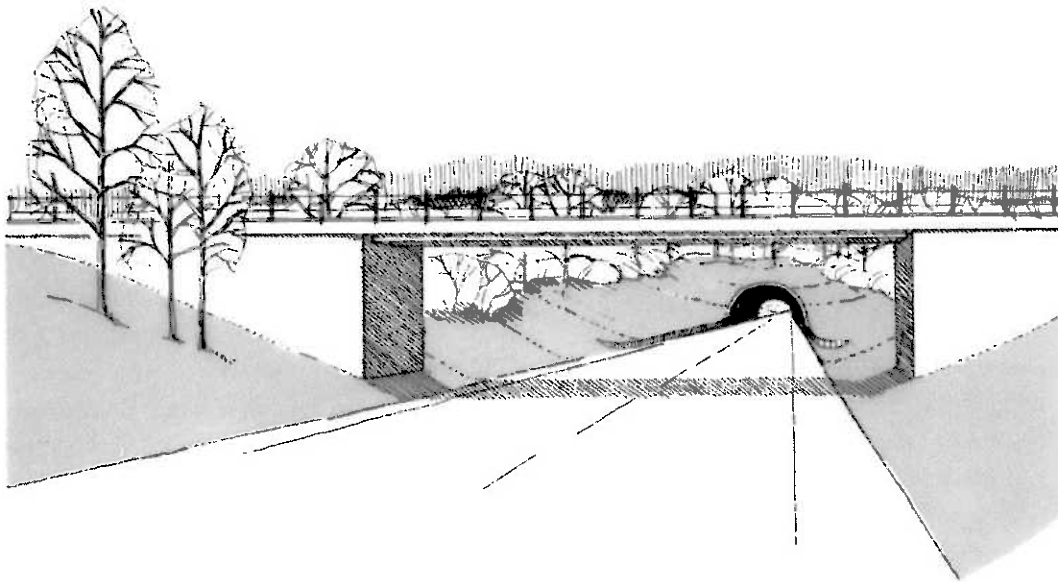
Sidevangene i en nedramping bør ikke legges høyere enn 1 meter over bakken der fotgjengere skal kunne oppleve byrommet. I stedet for å bruke lukkede støpte vanger kan rekkverk som er tilpasset gaterommets arkitektur i form og farge benyttes.

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.

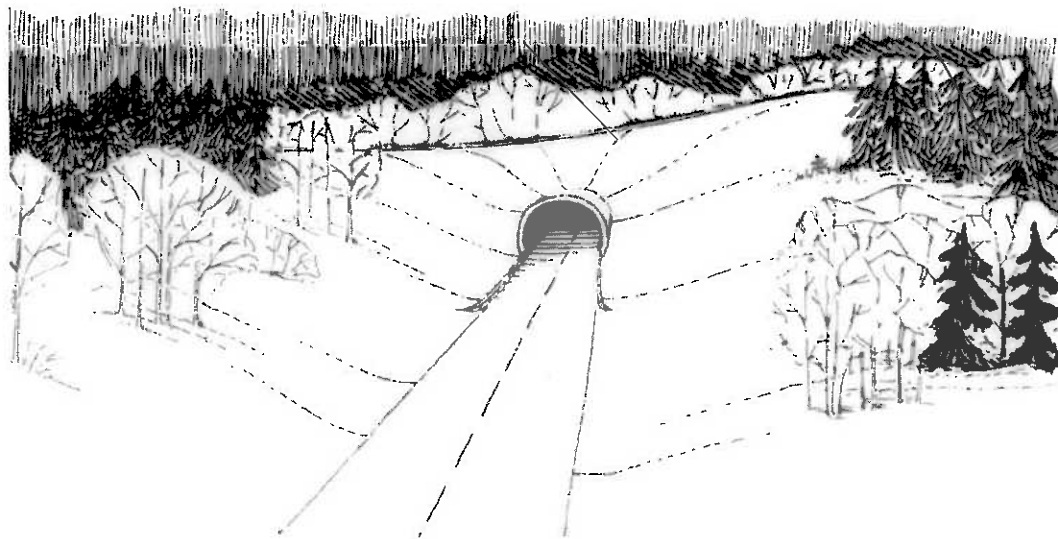
Skrålinjer som dannes av kryssende

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.



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.

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 mobiltelefon

Det bør unngås at nye mobiltelefonmaster 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 skifter retning
- 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 kiosk med nødtelefon, skap med teknisk utstyr, brannslukkere, 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 monotoniene ved å skape variasjon ved hjelp av lys. En løsning kan være å velge spesiell belysning f.eks. ved nisjer eller SOS-stasjoner.

I tunneler med kledning bør alt teknisk utstyr som ikke er beregnet for publikum som tekniske rom for trafoer og kommunikasjonsutstyrrom, 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 følelsmessige "pusterom" og bidra til å bryte den rommessige monotoniene 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

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 risikoanalyse, jf. "Risikoanalyse av brann i vegtunneler", veiledning til NS 3901.

Tunnelklassene bestemmer kravene til sikkerhetsutrustning i tunneler. Tunnelklassene fremgår av figur 6.1. Se også kapittel 4 "Geometrisk utforming".

For ramper stilles samme krav til sikkerhetsutrustning som for hovedtunnelen.

Tunneler med lengde mellom 250 og 500 m plasseres i en tunnelklasse lavere enn hva dimensjonerende trafikkmengde tilsier.

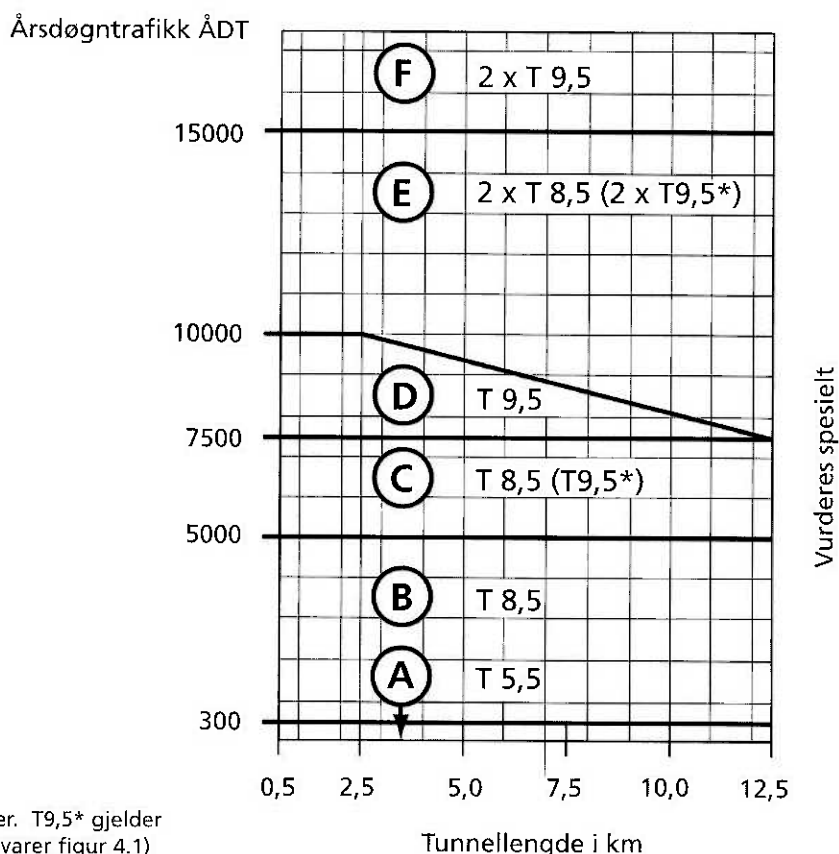
For tunneler som er kortere enn 250 m stilles det kun krav til belysning.

Prinsippet for evakuering baserer seg på at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy. I tunneler med tovegstrafikk 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 tunneler med to parallelle tunnellop skjer rømning via gangbare tverrforbindelser.

601.1 Eksisterende tunneler

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



Figur 6.1 Tunnelklasser. T9,5* gjelder for stamvegnettet (tilsvarer figur 4.1)



Figur 6.7 Nødutgangsskilt

over og vinkelrett på kjøreretningen. Armaturene skal ha herdet glass.

602.203 Nødutgangsskilt

Ved tverrforbindelser og andre rømningsveier inne i tunnelen brukes innvendig belyst skilt i grønt og hvitt, figur 6.7 (format minimum 400 x 400 mm). Dette skiltet settes opp vinkelrett på kjøreretningen.

602.204 Nødtelefon

Nødtelefon skal være av en type som gir ringesignal når røret løftes av. Telefonen skal gi kontakt med bemannet sentral, for-

trinnsvis vegtrafikkssentral. Telefonene skal være koblet slik at det er mulig å se hvilken telefon det ringes fra. Telefonene skal monteres i støvtett kiosk med innvendig belysning. Eksempel på utforming av nisje med kiosk for nødtelefon er vist i figur 6.8. Døren skal være utstyrt med panikkbeslag.

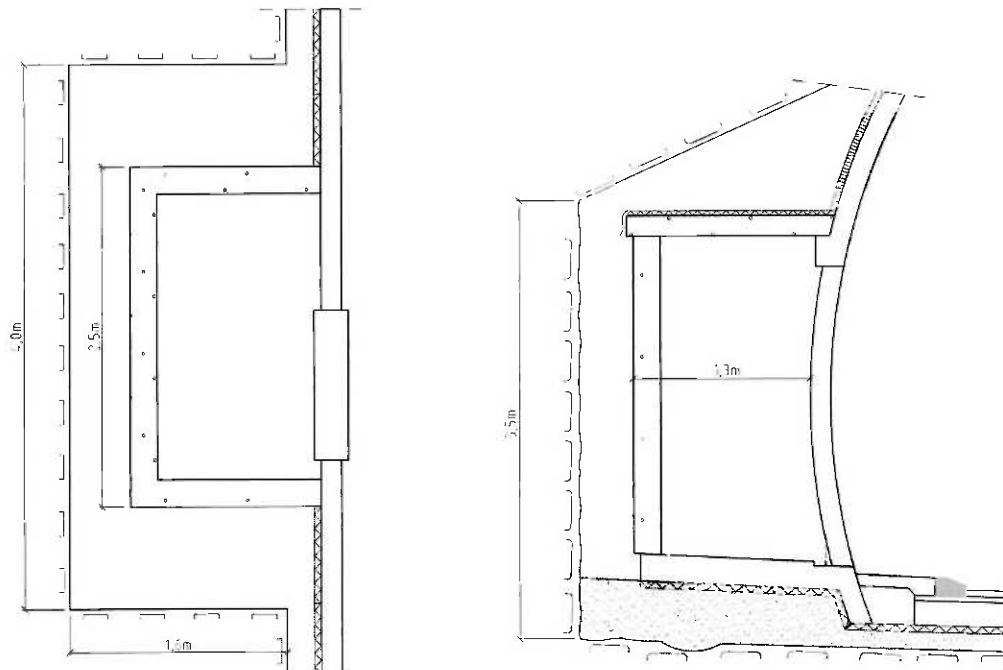
Rettledning for bruk av nødtelefon bør skrives på flere aktuelle språk, i det følgende er vist et eksempel:

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

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

Hörer abnehmen, und Antwort abwarten.
Falls innerhalb einer minute keine Antwort
kommt, hörér auflégen und erneut versuchen.

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



Figur 6.8 Eksempel på utforming av nisje for nødtelefon

602.205 Brannslukkere

Apparatene skal være på minimum 6 kg ABC (NS EN3). Apparatene skal stå i egne skap. Skapene skal markeres med godkjente symboler. For tunneler i klasse D og F monteres to apparater i felles skap.

Skapene skal ha farge orange 80. 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.

Brannslukkere merkes med skilt nr. 606, se avsnitt 414.3

I tunneler som brukes for oppstilling av kolonner, skal antall brannslukkere økes i oppstillingsområdet.

602.206 Slokkevann

Alternative løsninger er:

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

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

602.207 Rødt stoppblinksignal

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 hori-

sontalt plasserte røde lyshoder, om nødvendig plassert på sort bakgrunnsskjerm. Dersom årsaken til stengningen ikke er åpenbar, kan signalene suppleres med underskilt 808, jf. håndbok 048 "Trafikk-signalanlegg".

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 inngår i skiltflaten (se håndbok 048).

Rødt stoppblinksignal kan plasseres på tre alternative steder:

- foran tunnelportalen (se avsnitt 414.2)
- ved snunisjer i tunnel
- 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.

For plassering av rødt stoppblinksignal se figur 4.23. Ved plassering av anlegget bør det også 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 brannslukker
- automatisk på grunnlag av detektert for dårlig luftkvalitet
- fjernstyrt fra vegtrafikksentral
- lokalt via betjeningspaneler i anlegget.

602.208 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 sperer det/de aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen. Behov for fjernstyrte bommer skal vurderes ut fra forventet bruksfrekvens. Fjernstyrte bommer skal også kunne betjenes manuelt på stedet. I tunnelklasse F er det krav om fjernstyrte bommer.

Fjernstyrte bommer benyttes enten for å oppnå entydig og hurtig stengning av tunneløp eller for å oppnå sikker leding av trafikantene, for eksempel gjennom midtdeler ved tovegsregulering i normalt envegsrettede tunneløp.

Behovet for fjernstyrte bommer 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 eller som vekselblink mellom to ényshoder avhengig av hensikten med signalene.

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

Ved bruk av fjernstyrte bommer skal disse være utstyrt med en kontrollfunk-

sjon 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.

602.209 Variable skilt og kjørefeltsignaler

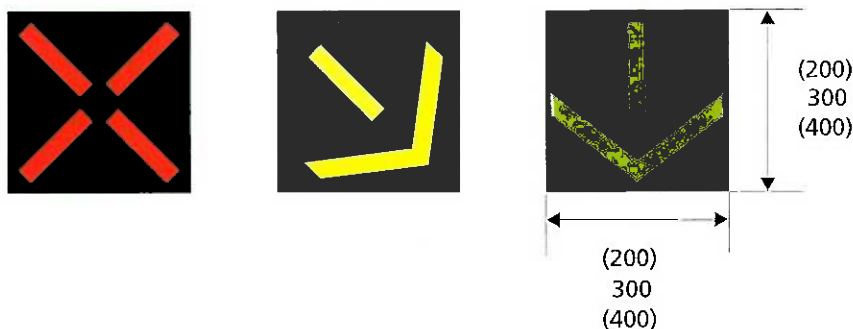
Variable skilt kan utføres med ulik teknologi. Det mest vanlige er mekanisk variable skilt eller diodebaserte skilt.

Av hensyn til krav til ensartet utforming av skiltmønster 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.

Kjørefeltsignaler er lyssignalerhoder med følgende symboler (figur 6.9): rødt diagonalt kryss, gul skråpil (venstre/høyre) og grønn nedadrettet pil.

Kjørefeltsignaler i forbindelse med tunneler skal kun benyttes for å angi unormal bruk av kjørefelt i envegskjorte tunneler.



Figur 6.9 Lysåpninger for kjørefeltsignaler (størrelser i mm)

Signalene kan benyttes for avstenging av kjørefelt ved trafikkuhell, for å oppnå tovegstrafikk i tunnellopet, eller i forbindelse med utførelse av sideorienterte vedlikeholdsarbeider. I ordinær trafikksituasjon skal signalene være slokkt.

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 trafikketning 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.

Trafikkstyringsanlegg som innebærer bruk av kjørefeltsignaler skal godkjennes av Vegdirektoratet.

602.210 ITV-overvåking

ITV-overvåking er bare aktuelt for tunneler med høy kapasitetsutnyttelse store deler av dagen, slik at en raskt og effektivt kan oppdage hendelser som krever trafikkregulerende tiltak for å unngå trafikkopphopninger og eventuelle sekundærhendelser.

ITV-overvåking krever tilknytning til fast bemannet Vegtrafikksentral.

Lokal ITV-overvåking kan være aktuelt i område for fjernstyrte bomber (se avsnitt 602.208).

602.211 Høydehinder

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

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

602.3 Radioanlegg

Statens vegvesen har ansvar for å etablere radioanlegg i alle nye tunneler lengre enn 500 m. For tunneler kortere enn 500 m skal radioanlegg bare 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). Radiomateriell som benyttes skal tilfredsstillende 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 fremtidige radiosystem. For etablering av slike tilleggskanaler/-systemer gjelder at kanal-/systemeier må dekke kostnadene for etableringen og betale leie av utstyrs plass til Statens vegvesen.

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

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.

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/ending av sitt kommunikasjonssystem i det fri som fører til at fer-

dig etablerte anlegg i tunnelen også må bygges om, skal nødvendig ombygging i tunnelen bekostes av vedkommende etat.

602.32 Kringkastingsanlegg med "avbrytfunksjon"

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

For alle andre kringkastingskanaler enn NRK P1 gjelder at alle kostnadene for etablering og drift skal dekkes av kringkastingssekskapet 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 "avbrytfunksjon" som for NRK P1.

602.33 Mobiltelefon

Nettoperatørene for mobiltelefon har ansvaret for å planlegge, etablere og drifte mobiltelefonutstyr 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 nettoperatorene, skal faktureres når leveransen er fullført.

Ved etablering av mobiltelefon i eldre tunneler skal operatørens 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 varslingssystemer 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 kjørebanelen)
- 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 bommer, kjørefeltsignaler og variable skilt). Vegdirektoratet har utviklet en beregningsmodell (MATS) for nytte-/kostnadsanalyse av forskjellige trafikkstyringskonsepter for stengning av tunneløp med tilhørende etablering av omkjøringsvisning.

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 vegtrafikk-sentraler (VTS) og/eller lokale driftsenheter skal også avklares som en del av planleggingen.

Tabell 6.2 Ferdig programmerte reguleringer som iverksettes manuelt

Trafikkreguleringstiltak	Aktuelt trafikkteknisk utstyr	Vurderingsaspekter for realisering
Entydig og hurtig stenging av tunnellop	Fjernstyrte bomber	<ul style="list-style-type: none"> - Økt sikkerhet i tunneler med stor trafikk og/eller i spesielt lange tunneler - Reduserte mannskapskostnader ved stengning av tunnellop
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 arbeidsvarslingsystem ved vedlikeholdsarbeider med trafikk i tunnellopet
Tovegsreguleringssystem (tunnelklasse E og F)	Kjørefeltsignaler Variable skilt Fjernstyrte bomber	<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 - Arbeidsvarslingsystem som sikrer full avstengning av tunnellopet 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

603.2 Hovedtyper av trafikkstyrings-systemer

Trafikkstyringssystemer knyttet til tunneler kan opereres på to måter:

- Forhåndsprogrammerte tiltak som iverksettes manuelt av operatør i vegtrafikksentral eller fra kontrollpane-

ler ute i tunnelanlegget

- Systemer som automatisk regulerer trafikken eller varsler trafikantene direkte på grunnlag av detektering av trafikksituasjonen.

Tabell 6.3 Eksempler på automatiske trafikkreguleringstiltak

Trafikkreguleringstiltak	Aktuelt trafikkteknisk utstyr	Vurderingsaspekter for realisering
Køvarsling	Variable fartsgrenser / fareskilt / opplysningskilt	- Økt trafiksikkerhet, primært påkjøring bakfra ulykker
Optimalisering av trafikkavvikling	Variable fartsgrenser	- Økt kapasitet - Reduserte kjørekostnader - Økt trafiksikkerhet
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	- Trafiksikkerhet i tunneler med lange og bratte nedoverbakker

603.21 Forhåndsprogrammerte tiltak

I tabellene nedenfor er listet trafikkreguleringstiltak som er aktuelle å realisere ved bruk av styrbare trafikktekniske installasjoner.

Trafikkstyringsprogrammene fjernbetjenes fra aktuell vegtrafikkentral, 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.

Ofta 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 utstyrposisjoner, plass er sikret for fremtidige installasjoner, lokale styreenheter er dimensjonert for antatt økt behov etc.

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 redusert 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 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 teknologi 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 kjørebanen 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. Det kan ofte være vanskelig for føreren å bedømme vegens fall og rett avstand til øvrige kjøretøy ved kjøring i tunnel. Det stilles derfor spesielle krav til varsling av endringer i kjøremønsteret. Arbeidsvarslingen skal da tilrettelegges slik at arbeid i tunnelen blir skiltet for den strekning arbeidet foregår.

Det skal utarbeides rutiner for arbeidsvarsling spesielt for den enkelte tunnel tilpasset de aktuelle arbeidsprosesser, tunnelens varslingsutstyr, trafikkmengde, omkjøringsmuligheter mv. 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 på stamveger er å betrakte 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.

Samferdselsdepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet har utarbeidet retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler (juli 2000). Retningslinjene 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. Likeledes har Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern utarbeidet en veiledning om brannsikkerhet i vegtunneler (mai 1999).

605.2 Brannbelastning. Krav til konstruksjoner og utstyr

Tunneler skal dimensjoneres for en brannbelastning på 5 MW når ÅDT(10) er under 10 000 og 20 MW når ÅDT(10) er over 10 000.

I tunneler der brann medfører risiko for sammenbrudd av konstruksjonselementer skal dimensjonerende brannbelastning vurderes spesielt.

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.

For tunneler med to løp gjelder at det skal etableres brannvegg i alle tverrforbindelser. 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 brannvegg 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 "Veg-

direktoratet 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 typer er definert gjennom ADR avtalen (Den europeiske avtale om internasjonal vegtransport av farlig gods), samt FN avtalen ECE/TRANS/60. Varer som er omfattet av ADR avtalen er inndelt

Tabell 6.4 Primære effekter ved en ulykke med farlig gods.

Klasse jf. ADR	Brann	Forgiftning	Eksplisjon	Annet
1	X		X	
2	X	X	X	
3	X			
4	X			
5			X	
6		X		
7				X
8				X
9				X

i følgende 9 hovedgrupper med undergrupper:

- Klasse 1 - eksplosive stoffer og gjenstander*
- Klasse 2 - gasser: komprimerte, flytende eller oppløst under trykk*
- Klasse 3 - brannfarlige væsker*
- Klasse 4.1 - brannfarlige faste stoffer*
- Klasse 4.2 - selvoantennende stoffer*
- Klasse 4.3 - stoffer som utvikler brannfarlige gasser ved kontakt med vann*
- Klasse 5.1 - oksiderende stoffer*
- Klasse 5.2 - organiske peroksider*
- Klasse 6.1 - giftige stoffer*
- Klasse 6.2 - infeksjonsfremmende stoffer*
- Klasse 7 - radioaktivt materiale*
- Klasse 8 - etsende stoffer*
- Klasse 9 - forskjellige farlige stoffer og gjenstander*

Siden risikoen for gående og syklende og tredje person generelt sett er mindre ved ulykker i en tunnel enn utenfor, skal farlig gods gå gjennom tunneler i tettbygde strøk dersom ikke en risikoanalyse viser noe annet.

Farlig gods som ved en ulykke ikke gir større konsekvenser i en tunnel enn på det alternative vegnettet skal gå gjennom tunnelen etter de regler som gjelder for transport på det alternative vegnettet.

Tiltak som kan redusere konsekvenser og til en viss grad også risikoen for uhell med farlig gods er restriksjoner på transport, eskortering, overvåking/registrering, vannledning, brannalarm og brannventilasjon.

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.

Beredskapsplanen består i hovedsak av tre deler:

- En beskrivelse av tunnelen, utstyret i tunnelen, omkjøringsmuligheter og disponibelt innsatsutstyr
- En risikoanalyse
- 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. Det er utarbeidet en egen veileder som beskriver innholdet i planen i detalj.

Det er et krav om å gjennomføre risikoanalyser for tunneler klassifisert som særskilte brannobjekter. Det er laget en egen veileder som gir råd om hvordan slike analyser kan gjennomføres. Kravet om risikoanalyser er ellers beskrevet i "Retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler, del 2 Risikoanalyser" samt i NS 3901 "Risikoanalyse av brann i byggverk" og i veiledning til standarden ("Risikoanalyse av brann i byggverk" og "Risikoanalyse av brann i vegtunneler").

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

7 Arbeider foran stuff, 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 inn til 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 sprenes 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 stuff

702.1 Sonderboring

Sonderboring skal benyttes for å skaffe opplysninger om bergkvalitet, overdekning og vannlekkasjer foran stuff. 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 stuff
- 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 stuff.

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 for-

undersøkelser, utførte sonderboringer og vanntapsmålinger/ lekkasjemålinger foretas en hydrogeologisk vurdering av berget foran stuff. 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 ivare tatt:

- Det er viktig at skjermen tilpasses de stedlige forhold
- Boring av kontrollhull skal ikke punktere skjermen
- Bolting skal utføres slik at injeksjonsskjermen ikke punkteres

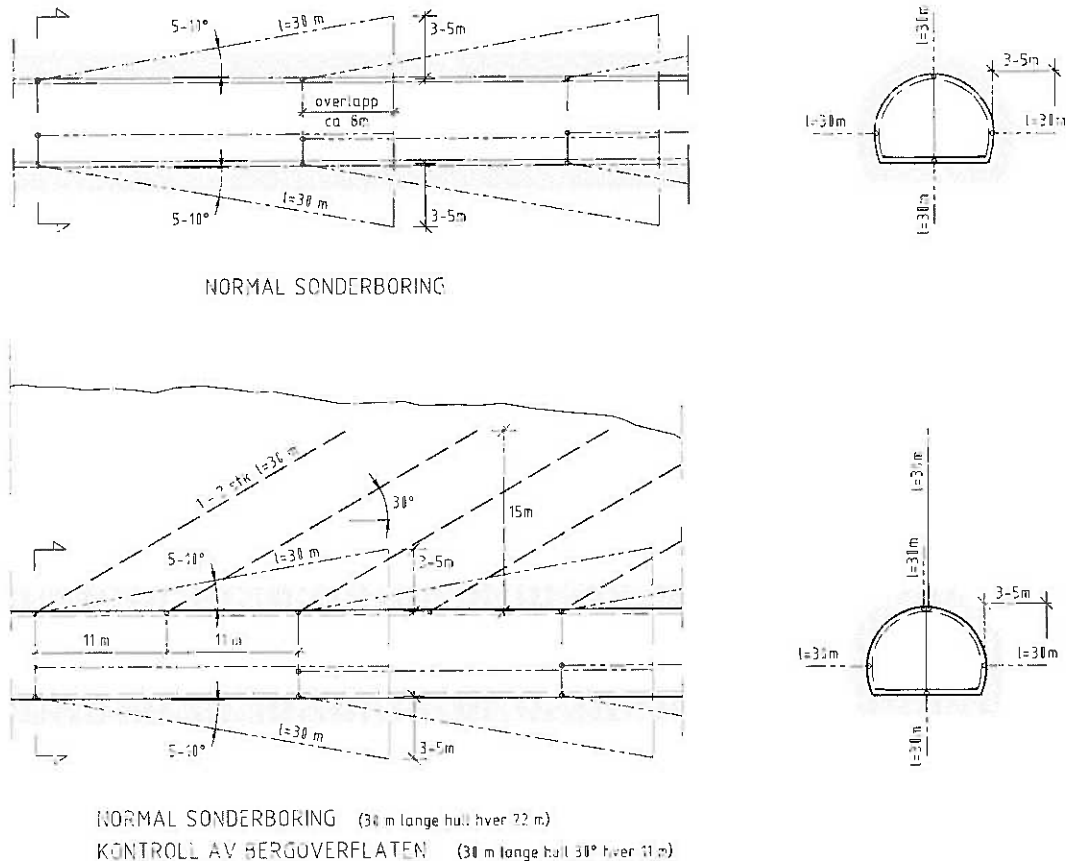
- Sprengning skal utføres på en slik måte at injeksjonsskjermen ikke skades
- Injeksjonstrykk og stoppkriterier skal fastsettes
- Injisering skal også foretas i stoffen
- For permanent tetting skal det stilles krav til injeksjonsmiddelets langtidsbestandighet.

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 tunneløp drives parallelt, skal



Figur 7.1 Eksempel på plan for sonderboring fra stuff

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

Det skiller 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 pulverlakering med epoxy eller tilsvarende korrosjonsbeskyttelse.

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

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 et nødstrømsanlegg.

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 stuffen. Skjoldet skal alltid være oppmontert og i beredskap nær stuff.

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. Frosten 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 envegs høytrafikk tunneler) er det sjelden at nevneverdig frost trenger lenger inn enn 200-300 m fra øvre åpning / åpning med utkjørende trafikk.

Usikkerheten knyttet til frostinntrengning er så stor at alle tunneler med lengde inn til 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 de aktuelle konstruksjonstypene kreves en levetid på minimum 50 år forutsatt et normalt vedlikehold. For konstruksjonstypene, 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), kjøretøy-

hastighet, tunnallengde, 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 kjørebanelinjen.

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 aggressiv 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 kjørebanebredde 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 adkomst 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 kjørebanelinjen til minimum 8,0 m fra porten og deretter ut til siden i et utsvingforhold på 1:10.

Frostport med festeordninger 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 trafikk sikkerhetsmessige 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 166 "Vegrekkverk").

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 drens-systemet. 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 drenslaget som plasseres over avrettet traubunn.

I tillegg til drens-system 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 Drens-system

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

Ved dimensjonering av drens-system skal blant annet følgende forhold vurderes:

- forventet lekkasje
- mulige endringer i lekkasjer over tid
- nedslagsfelt og nedbørmengder i dagsoner
- spesielle vurderinger ved lite fall, fare for tilslamming og/eller begroing av ledninger
- behov for reservemagasin i forbindelse med lavbrekk
- behov for hjelpedrensgrøfter i våte partier (se figur 8.2).

Det skal ikke brukes drensrør med innvendig diameter mindre enn 150 mm i hovedgrøft og 100 mm i hjelpegrøft.

I tillegg til drensledning kan det være nødvendig å benytte egen transportledning for drensvann. Det benyttes da egen transportledning fra det sted i tunnelen der samlet lekkasje fører til at 50 % eller mer av drensledningens kapasitet er

utnyttet. Egen transportledning vurderes også hvis det er lange strekninger med lite fall og med fare for tilslamming i drensledning. Alternativt kan det vurderes å øke dimensjonen på drensledning for å begrense lengden med egen transportledning.

Drens-systemet i undersjøiske tunneler er utsatt for gjengroing. Drens-systemet 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 drens-systemet legges etter at tunnelen er ferdig drevet for å unngå tilslamming. Hvis det er aktuelt med legging av drens-systemet 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 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 frost-

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 frostisoleres

sikringskonstruksjoner 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 trykkfast-

het på minimum 500 kPa dokumentert iht. håndbok 014. Tykkelsen på isolasjonsplaten skal minimum være 50 mm. Ved isolasjon av grøftene skal isolasjonen legges dypest mulig i grøfta.

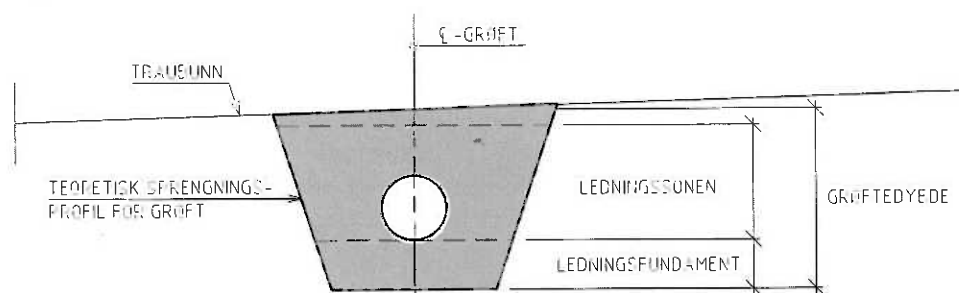
Det må settes krav til komprimering slik at platene ikke overbelastes.

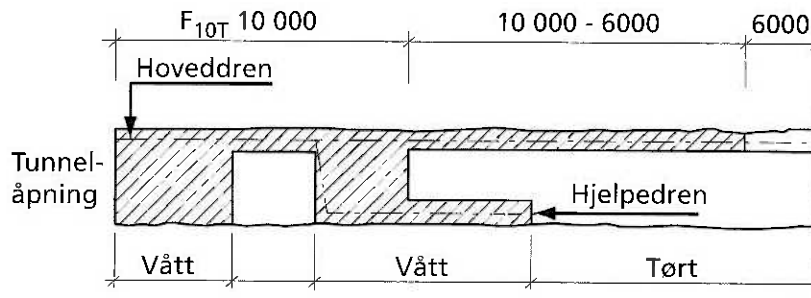
Krav til avrettingsmaterialer i kontakt med isolasjonsplater er gitt i avsnitt 904.2.

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.

**Figur 8.1** Krav til grøftedybde, prinsippskisse



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

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 sløkkevann

Drenssystemet kan suppleres med egne kummer for sløkkevann (se avsnitt 602.206). 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 sløkkevannskommene. 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. Pumpenanlegget vil som regel bestå av pumpearrangement og pumpemagasin. I tillegg kommer egen slamutskiller og oljeutskiller. Vanligvis føres drens vannet 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 reservepumpeledning.

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 pumpe-stasjonen, 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 (F_{10T}) i tunnelen er større enn $10\ 000\ h^{\circ}C$. 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 traubunn

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.

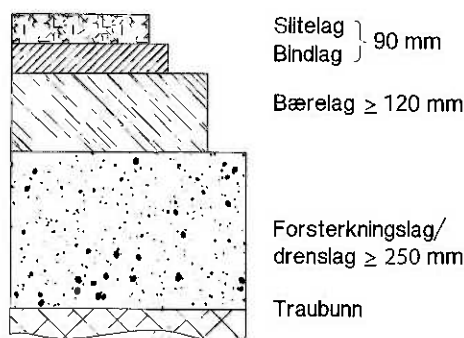
903 Overbygning uten krav til frostsikring

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.

Anvendt sortering skal maksimalt inneholde 15 % materiale $< 2\ mm$. For øvrig gjelder materialkrav som for forsterkningslag/drencslag i håndbok 018. Eksempler på sorteringer som kan være



Figur 9.1 Eksempel på vegoverbygning i tunnel uten krav til frostsikring ($F_{10T} \leq 10\ 000 h^{\circ}C$)

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.

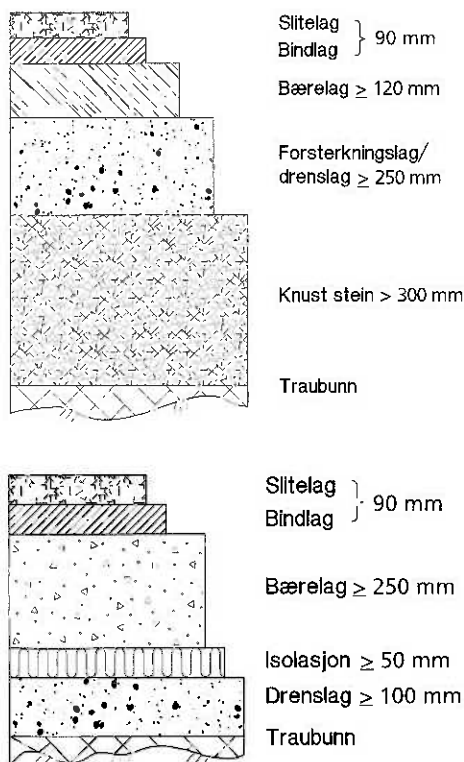
903.2 Bærelag, bindlag og slitelag

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

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.



Figur 9.2 Eksempel på frostsikret overbygning i tunnel ($F_{\text{tot}} > 10\,000\text{h}^\circ\text{C}$), med frostsikringslag (a), eller isolasjonsmaterialer (b)

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 tilfredsstillende kravene i håndbok 018. Overbygningen forøvrig 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 dretnslag 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 av 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 isolasjonsplaten 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 natur-sand. 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 vannlekkasjer/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 prøvelfelt for å komme frem til hvilke emulsjonsmengder og avstrøingsmengder som fungerer best. På et slikt prøvelfelt 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 etterfølgende tabell 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 salpetersyrling og salpetersyre, fra nitrøse 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 kabelklasser avhengig av hvilke krav som settes. EX-kabler skal ikke benyttes.

For åpen forlegning av kabler skal det skilles mellom kabler som forsyner utstyr som skal fungere i en brannsituasjon (kabelklasse 3) og kabler 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.

Tabell 10.1 Anbefalt levetid for en del utstyrskomponenter

Installasjoner	Anbefalt minimum levetid [år]
Transformatorer	30
Nødstrømsaggregater	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

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 flammemetemperatur 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 blending, 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 natriumlys i innkjørings- og overgangssoner.

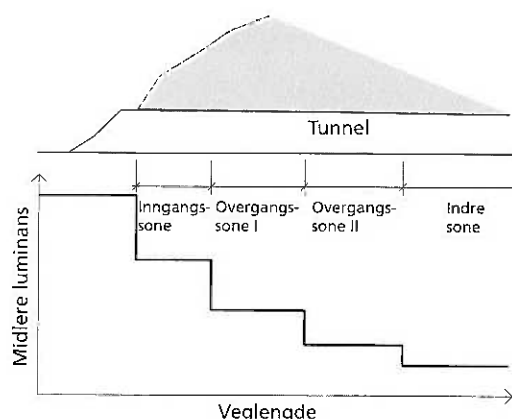
1003.2 Lysforhold utenfor tunnel - adaptasjonsluminansen

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 kjørebannen 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 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.



Figur 10.1 Prinsippskisse av soner og luminansforløp i tunneler

1003.3 Belysning i tunnel

1003.31 Krav til belysningsnivå

(luminansnivå) i tunnel. Soneinndeling

Lysteknisk sett inndeles en tunnel i innkjøringssone, 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 inngangssone 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 10.2 Avstanden fra tunnelåpningen til målepunkt for adaptasjonsluminans

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

Kravene er gitt som minste midlere luminans om dagen uttrykt i prosent av adaptasjonsluminansen for hver sone eller som cd/m^2 .

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 $> 250 \text{ cd}/\text{m}^2$ (normalt vil 2-6 stk. 400 W Na-H armaturer være tilstrekkelig)

Tabell 10.3 Lengde på inngangs- og overgangssoner

Fartsgrense (km/t)	Inngangssonens lengde (m)	Overgangssonens 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 - 5 000		5 000 - 7 500		> 7 500	
		< 2 500	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

- 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:

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

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 2500.

I tunnelene tillatt for gang- og sykkel-

trafikk, 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/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 flimмерpåvirkninger 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 ($\dot{A}DT(10) < 2500$) skal armaturene ha dyptrukket skjerm for oppnå god visuell føring.

1003.6 Prioritert belysning / nødlis

Prioritert belysning 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 ($\dot{A}DT(10)$).

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-gass midt i tunnelen og ved hver ende. I envegskjørtede tunneler er det ikke behov for målere i innkjøringssonen.

Måleområdet for CO skal være minimum 0 - 300 ppm.

Måleområdet for NO 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

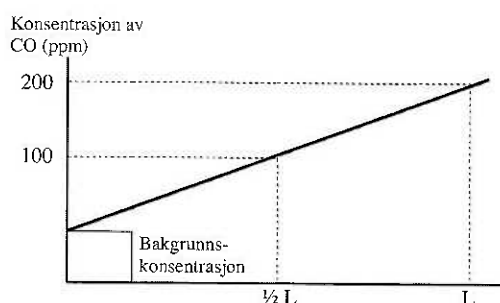
hvor forurenset luft slippes ut. Ved fastsettelse av tillatt konsentrasjon for dimensjonering av nødvendig friskluftbehov, skal det tas hensyn til bakgrunnskonsentrasjon som finnes i inntaksluften.

1004.2 Mekanisk ventilasjon ved langslufting

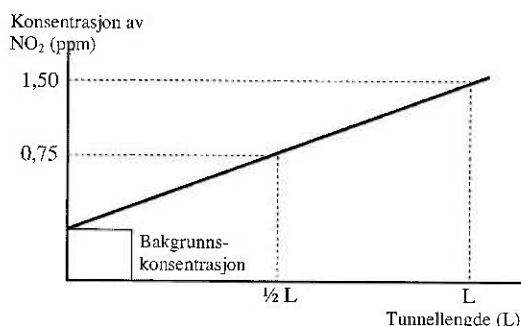
1004.21 Generelt

Mekanisk langslufting baseres på bruk av impulsventilatorer. I lange eller sterkt trafikkerte 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.

Lufthastigheten bør ikke overstige 10 m/s i envegskjørtede og 7 m/s i tovegskjørtede



Figur 10.2 Tillatt CO-konsentrasjon i tunneler (Bakgrunnskonsentrasjonen varierer fra sted til sted).



Figur 10.3 Tillatt NO_2 -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 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. F.eks. 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 _{NO₂} = 1,5 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	C _{NO_x} = 15 ppm	
NO	C _{NO} = 13,5 ppm	
Sikt	C _{sikt} = 1,5 mg/m ³	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 .

* Tillatte konsentrasjoner benyttes for beregning av nødvendig friskluft som skal tilføres tunnelen (vedlegg C). Omregningsfaktor mg/m³ CO = 1,20 ppm CO.

tunneler, ut fra hensyn til installasjons- og driftskostnader, oppvirkning 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 langsluftingssystem. 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

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

i samarbeid med brannvernmyndighetene i forbindelse med utarbeidelse av beredskapsplanen.

Ventilasjonsanlegget skal dimensjoneres for å kunne kontrollere en brann på 5 MW eller 20 MW avhengig av trafikkmengde. Se kapittel 6 "Trafikk- og brann-sikkerhet" 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 minimum 2 m/s for tunneler dimensjonert for en personbilbrann (5MW), og

minimum 3,5 m/s dimensjonert for en lastebilbrann (20MW).

For å oppnå en slik kontrollert strøming 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

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
- Riktig 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 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 akutt-oppgaver, skal dokumenteres ved hjelp

av et FDV-program (forvaltning, drift og vedlikehold). 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 tunneleier 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 registreringen. 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 intervaller.

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 etablert og satt i drift et FDV-program som vil gi en komplett database med erfaringsmateriale som viser skader, driftsproblemer og andre hendelser som oppstår over tid. En slik database 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.

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 særrettersyn. 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 drencsystem

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 yrkeshygiene

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 dressystemet.

Dreneringens funksjon kontrolleres og rørsystemet gjennomspyles minst hvert 3. år. Dreneringens 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 undersøiske 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

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 vedlikeholdsrutiner iht. et FDV-program.

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 betjeningsmuligheter og 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

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 ut-

føres av utenforstående entreprenører. Det er også aktuelt ved enkelte intervaller å supplere med mer grundige tilstandsvurderinger utført av spesialister.

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. Renholdsstandarder 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, kryptrom 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

Ferdigstillelsedokumentasjon, som inneholder all dokumentasjon som kan ha betydning for framtidig drift, vedlikehold og utvidelser, leveres til Trafikkavdelingen senest ved overleveringen, se håndbok 151 "Styring av utbyggingsprosjekter". Dokumentasjonen skal være systematisk lagret, og der det er mulig overleveres på elektronisk form. De deler av dokumentasjonen som er relevant for drift og vedlikehold av tunnelen med utstyr knyttes til et FDV-program (forvaltning, drift, vedlikehold). Dette gjelder opplysninger om type utstyr, drifts- og vedlikeholdsrutiner med intervaller, leverandører, garantidokumentasjon osv. (PROFF-prosjektet viser en måte å gjøre dette på).

Konkret hvilken dokumentasjon og i hvilken form skal avklares med Trafikkavdelingen allerede i planfasen. Krav om dokumentasjon fra leverandørene skal beskrives i anbudet.

Før tunnelen overleveres bør det kjøres en test på at anleggene virker slik de er forutsatt. Det bør lages en rapport etter denne testen som skal følge med ved overleveringen.

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.

Vedlegg A Vurdering og beregning av luftforurensning fra vegtunneler

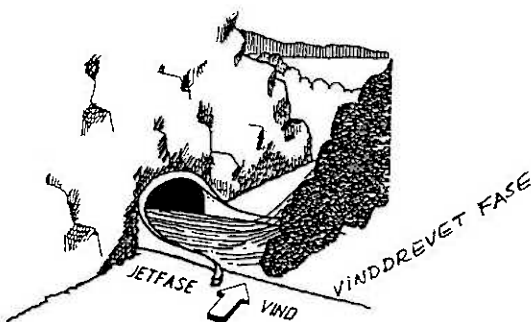
Utslipp gjennom tunnelåpning

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 munninger 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, jettfase og vinddrevet (plume-) fase. I jettfasen er det i første rekke lufthastigheten ut av tunnelåpningen (u) som er avgjørende, mens i vinddrevet fase er det atmosfæreforholdene (bl.a. typisk vindhastighet ute, w) som er viktigst. Dette er skjematisk fremstilt i figur A.1. De valgte parametre er avhengig av representative målinger. Overgangen fra jettfase 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 Jettfase 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]

--- jettfase

— vinddrevet fase (plumefase)

2. Begrensninger i nomogrammene

- Tunnelvertersnitt $A_T = 48 \text{ m}^2$

- Nomogrammene benyttes ikke for $w < 1 \text{ m/s}$ og $u > 8 \text{ m/s}$

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:

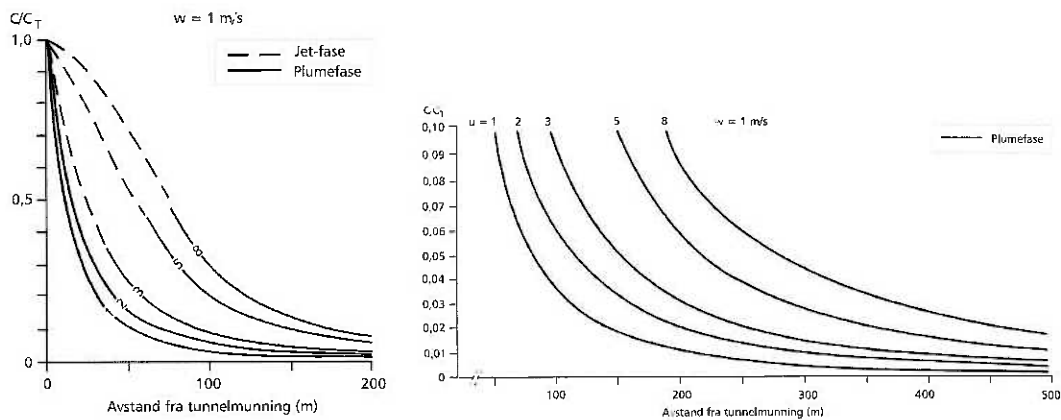
Det er laget nomogrammer for tre ulike vindhastigheter ($w = 1 \text{ m/s}$, $w = 2 \text{ m/s}$, og $w = 5 \text{ m/s}$).

Nomogrammene til venstre viser C/C_T i området 0 - 1,0.

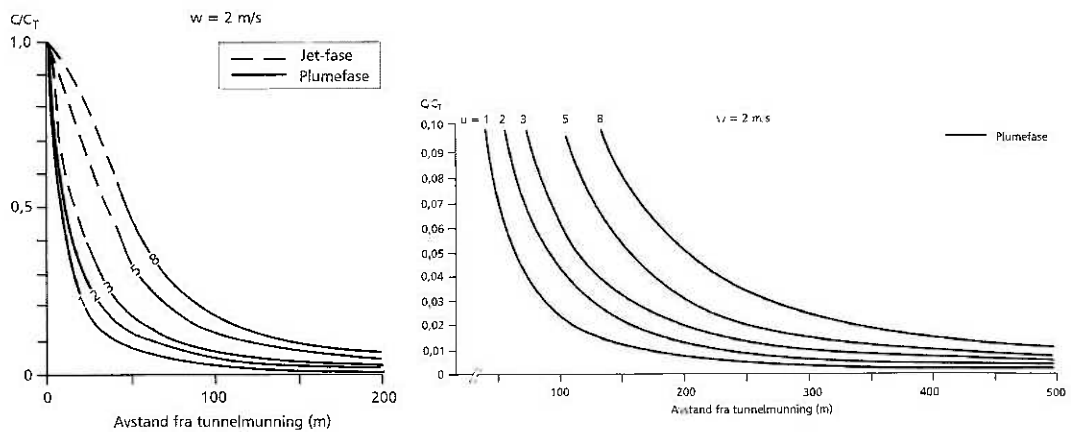
Nomogrammene til høyre viser C/C_T i området 0 - 0,1 (dvs. 10 x forstørret).

Dersom w og u ikke har eksakte verdier, skal den nærmeste kurve som overestimerer konsentrasjonen benyttes:

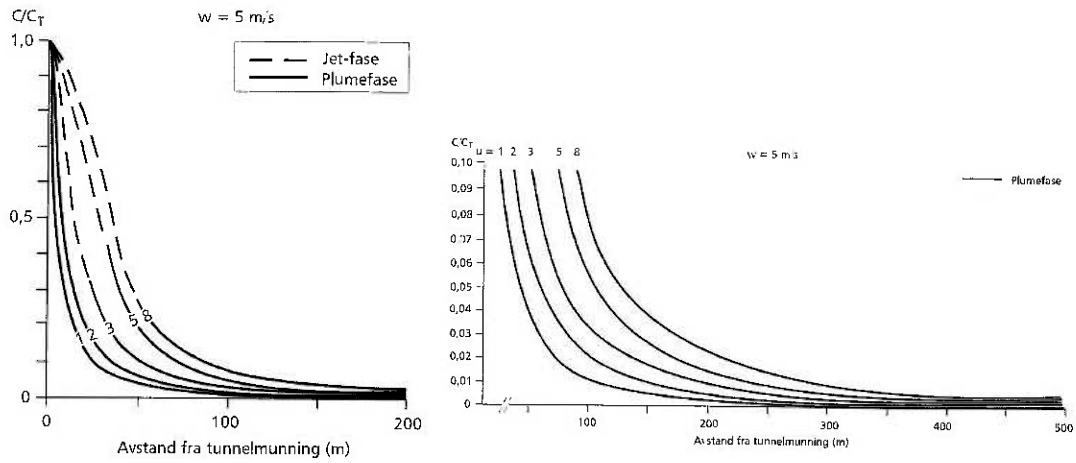
- kurvesettet for den største w mindre enn den virkelige
- kurvesettet for den minste u større enn den virkelige.



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 $w = 5 \text{ m/s}$

Vedlegg 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.

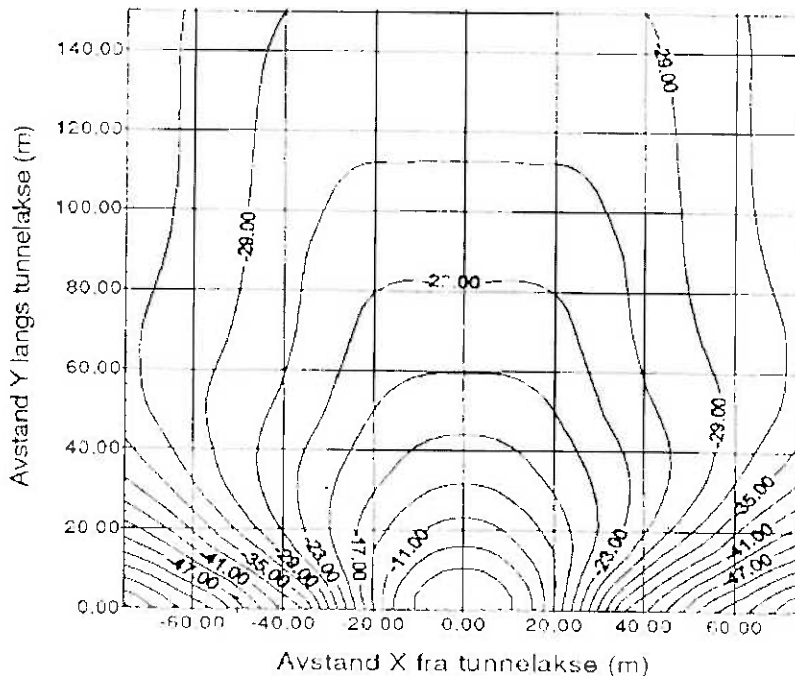
3. Korreksjon for korte tunneler

Korte tunneler gir mindre utstrålt støy til omgivelsene. Korreksjonen framgår av tabell B.1.

4. Tunnelstøy L_v dBA

Støyen utstrålt fra tunnelåpningen gir støynivå i dBA i mottakerpunktet:

$$L_t = L_{utg} + 14 + K2 + K3$$



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

Vedlegg 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:

$$Q_{o\ CO} = q_{o\ CO} \cdot (k_{kat} \cdot M_l + M_t) \cdot k_{hh} \cdot k_s \cdot k_f \cdot L \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$Q_{o\ CO} = \text{totalt produserte CO-mengder [m}^3/\text{h]}$$

$$q_{o\ CO} = \text{basisverdi, CO-produksjon pr. bil, [m}^3/\text{km}\cdot\text{kjt].}$$

Basisverdi for CO-produksjon, $q_{o\ CO}$ 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_l = 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 ($Q_{o\ CO}$), og tillatt CO-konsentrasjon i tunnel C_{∞} (ppm). C finnes fra figur 10.2.

$$Q_{o\ luft} = \frac{Q_{o\ CO} \cdot 10^6}{C_{\infty}} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Dette friskluftbehovet som forutsetter normaltrykk (1013 millibar) og temperatur på 0°C omregnes til friskluftbehovet ved ugunstigste atmosfæriske forhold ved dimensjonerende trafikkbelastning.

$$Q_{o\ luft} = Q_{o\ luft} \cdot \frac{P_o \cdot T_t}{P \cdot T_o} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

P_o = 101,3 [kPa] (1013 millibar)

P = aktuelt trykk [kPa]

T_o = normaltemperatur 273 K (0 °C)

T_t = aktuell middellufttemperatur i tunnel i K (273 + t_{tunnel} [°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}

$$P_{sikt} = P_{sikt} (M_t + 0,08 M_l) k_{hh} \cdot k_s \cdot L$$

[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 siktre-
duserende støvinnhold:

$$Q_{\text{luft}} = \frac{P_{\text{sikt}}}{C_{\text{sikt}}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

For beregning av nødvendig friskluftbe-
hov benyttes støvinnhold, $C_{\text{sikt}} = 1,5$
 mg/m^3 .

NO_x - produksjon

Beregningsmodell for produksjon av
nitrose gasser (NO_x):

$$Q_{\text{Nox}} = q_{\text{Nox}} (k_{\text{kat}} \cdot M_l + k_t \cdot M_t) \cdot k_s \cdot L$$

[m³/km]

Q_{Nox} = produserte mengder NO_x-gass
[m³/km]

q_{Nox} = basisverdi for personbil, $1,3 \cdot 10^{-3}$
m³/km·kjt

k_{kat} = katalysatoreffekt, settes lik 0,3

M_l = 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 kjøretøyer, 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

Konsentrasjonen av de nitrose gassene
finnes av:

$$C_{\text{Nox}} = \frac{Q_{\text{Nox}}}{Q_{\text{luft}}}$$

Q_{luft} er nødvendig friskluftmengde for
uttynning av CO-gass eller siktfurens-
ning i tunnelen.

Dimensjonerende lufthastighet,

$$u = Q_{\text{max}} / 3600 \times A_N \quad (\text{m/s})$$

A_N = normalprofilen

2. Beregning av nødvendig skyvkraft ved langslufting

Generelt

Et system med langslufting kan bygges
med eller uten ventilasjonstårn/tverrslag.
Luftstrømningen kan regnes som rør-
strømning, 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

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 normalprofilen over kjørebane og sideareal, forutsatt 5 % fall på skulder (Se tabell 4.1).

D_H = Hydraulisk diameter definert som

$$D_H = \frac{4A_N}{O} \text{ der } O \text{ er omkretsen for normalprofilen (berøringsflaten).}$$

tunnelen, vil de utøve et trykk (skyvkraft) mot luftmassene i tunnelen. Denne effekten beregnes ut fra etterfølgende ligning (4) for tunneler med tovegs trafikk og etter ligning (5) for envegskjorte 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.

Beregning av forskjellig trykktap

a) Mekaniske ventilasjonskrefter, trykktap basert på beregnet nødvendig lufthastighet

Ligning (1):

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left(i + \lambda \frac{L}{D} + 1 \right) u^2 + \rho \frac{du}{dt} \left[N/m^2 \right]$$

Δp = trykktapet gjennom tunnelen, N/m²

ρ = luftens tetthet [kg/m³]

i = innløpstag

λ = koeffisient for strømningsstag.

Varierer fra 0,025 ved utstøpt tunnel til 0,05 ved råsprenget tunnel.

L = tunnellengde [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):

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left(i + \lambda \frac{L}{D} + 1 \right) u^2 \quad [N/m^2]$$

b) Trykktap som følge av meteorologiske ventilasjonskrefter

Når lufthastigheten inne i tunnelen er målt etter gjennomslag, kan trykktapet av de meteorologiske effektivene (temperatur og vind) beregnes ut fra ligning 2.

Når lufthastigheten inne i tunnelen ikke er målt etter gjennomslag kan trykkdifferansen mellom tunnelåpningene beregnes ut fra ligning 3.

Ligning (3):

$$\Delta p_m = \rho \left(g \frac{\Delta T}{T_i} \Delta H + \frac{w^2}{2} \right) \quad [N/m^2]$$

Δp_m = meteorologisk ventilasjonskraft, [N/m²]

ρ = luftens spesifikke vekt ved nedre tunnelåpning [kg/m³]

g = tyngdens akselerasjon 9,81 [m/s²]

ΔT = differansen mellom midlere lufttemperatur i tunnelen og lufttemperatur ved nedre tunnelåpning [K]

T_i = 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 tovegs trafikk

Stempeleffekt fra kjøretøy, den kraften som bilene utøver på luften i tunnelen (luftmotstanden), uttrykkes som:

Ligning (4):

$$P_F = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{i_F \cdot A_F}{\left(1 - \frac{A_F}{A_N}\right)^2} \left(N^+ (v_i - u)^2 - N^- (v_i + u)^2 \right) [N]$$

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_i = trafikkhastighet [m/s]

u = dimensjonerende lufthastighet [m/s]

b) Tunneler med envegstrafikk

For envegstrafikkerte tunneler kan formelen for den kraft som bilene utøver på luften i tunnelen, forenkles til:

Ligning (5):

$$P_F = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{i_F \cdot A_F}{\left(1 - \frac{A_F}{A_T}\right)^2} \left(N^+ (v_i - u)^2 \right) [N]$$

Dimensjonerende skyvkraft

Dimensjonerende skyvkraft

$$= \frac{\text{Dim. netto skyvkraft}}{k_s} = \frac{P_F + \sum \Delta p \cdot A_N}{k_s} \quad [N]$$

hvor

k_s = systemkoeffisienten [-]

Normalverdier for k_s :

$k_s = 0,5 - 0,6$ (sidemonterte vifter)

$k_s = 0,7 - 0,8$ (sentermonterte vifter).

Vedlegg 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 røykgassene 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 røykgassene til tunnelveggene.
 - Tunnelveggenes varmekapasitet antas uendelig mye større enn varmekapasiteten til røykgassene, dvs. varmeutveksling mellom gass og veggmateriale medfører temperaturendringer kun i gassfasen.
 - Tilnærmet endimensjonal strømning i tunnelen, dvs. effekten av lokal oppdrift og sjiktning av røykgassene 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 derfor 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 5 MW og 20 MW

For å gjøre beregningene enklere er nødvendig ventilasjonshastighet og tilhørende drivtrykk for å overvinne brannindusert luftstrøm ved branner i størrelsesorden 5 MW og 20 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 Δp som uttrykker summen av naturlige trykkforhold slik som naturlig trekk og ekstern vind. Bidrag fra naturlig trykkforhold Δp beregnes etter ligning (6). Tunnelprofilen 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 henholdsvis 5 MW og 20 MW, samt ingen bidrag fra naturlige trykkforhold. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.5 - D.8 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjons-trykk for henholdsvis 5 MW og 20 MW, samt ingen bidrag fra naturlige trykkforhold. Kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.9 - D.12 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjons-trykk for henholdsvis 5 MW og 20 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 16 Pa. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.13 - D.16 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjons-trykk for henholdsvis 5 MW og 20 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 16 Pa. Kun halve lengden bidrar til oppdrift (typisk undersjøiske tunneler).

Figurene D.17 - D.20 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjons-trykk for henholdsvis 5 MW og 20 MW, der bidrag fra naturlige trykkforhold er 64 Pa. Tunnelen har kun stigning.

Figurene D.21 - D.24 gir nødvendig ventilasjonshastighet og ventilasjons-trykk for henholdsvis 5 MW og 20 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 undersjøis-

ke 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 strømning 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:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \rho_{ute} \cdot u_{\infty}^2 + (\rho_{ute} - \rho_{inne}) \cdot g \cdot \Delta H$$

u_{∞} = ekstern vind [m/s]

ρ = tetthet for luft [kg/m³]

g = tyngdens akselerasjon, 9,8 [m/sek²]

ΔH = høydeforskjell mellom tunnelåpningene [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.

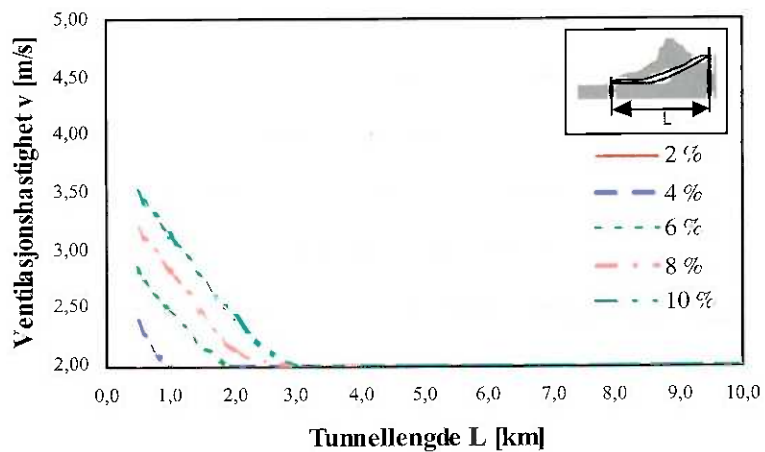
$$\rho_0 = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273+0) = 1,29 \text{ kg/m}^3 \text{ og } \rho_{10} = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273+10) = 1,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot 5^2 + (1,29 - 1,24) \cdot 9,8 \cdot 100 = 65 \text{ Pa}$$

Tabell D.1 Inngangsdata brukt i figurene D.1 - D.24. Det anbefales at minimum ventilasjonshastighet settes til 2 m/s eller drivtrykk minimum 50 Pa.

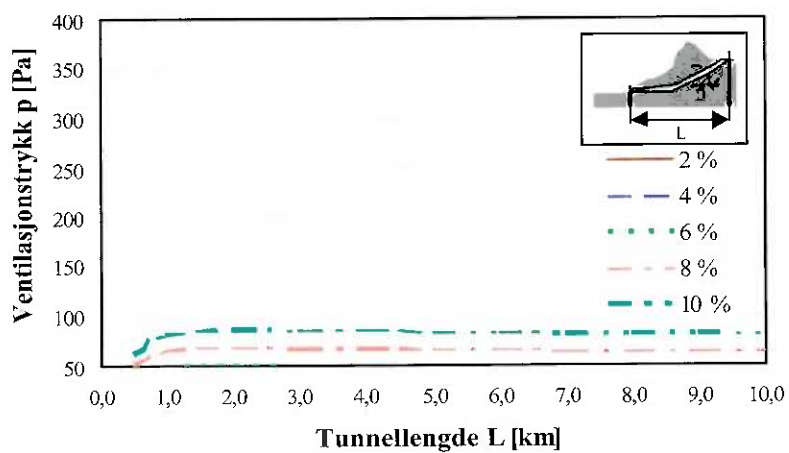
Parameter	Enhet	Verdi	Kommentarer
Q	[MW]	5 og 20	Branneffekt
T _c	[K]	273	Initiell temperatur i tunnel og utenfor
L	[m]	500 - 5500	Tunnellengde
Profil	[-]	T8,5 T9,5 T11,5 og T12,5	Profilen i henhold til kapittel 4 "Geometrisk utforming"
α	%	2, 4, 6, 8, 10	Stigningstall
x	[m]	500 - 10 000	Avstand fra brannkilde til utløp, satt lik tunnel-lengden, x = L eller x = ½ L
	[%]	2, 4, 6, 8, 10	Stigningstall i henhold til figur
Δp	[Pa]	0, 16 og 64	Naturlig drivtrykk pga oppdrift og ekstern vind
h _e	[W/m ² · K]	20	Konvektivt varmeovergangstall. 20 W/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 verdier for h _e gir høyere oppdriftstrykk fra branner
l	[-]	0,5	Innløpsmotstand, avhengig av utformingen av innløpet til tunnelen
λ	[-]	0,04	Motstandskoeffisient for strømning. Avhengig av ruheten på overflatene. Lavere verdier for λ gir høyere oppdriftstrykk fra branner

Røykventilasjon 5MW brann, $\Delta p = 0\text{Pa}$



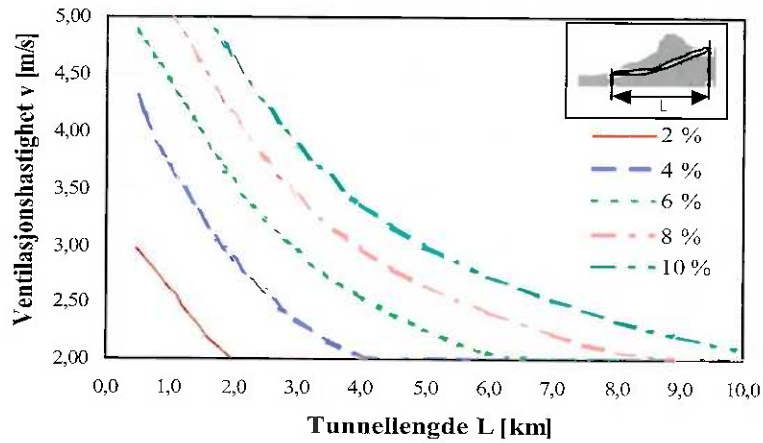
Figur D.1 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0\text{ Pa}$

Røykventilasjon 5MW brann, $\Delta p = 0\text{Pa}$



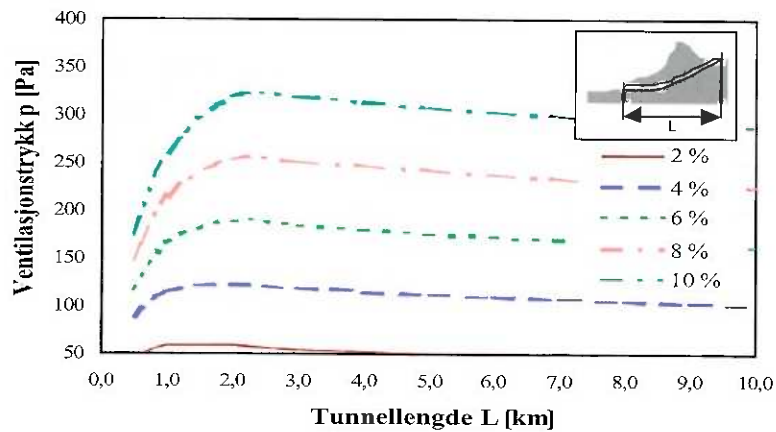
Figur D.2 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0\text{ Pa}$

Røykventilasjon 20MW brann, $\Delta p = 0\text{Pa}$



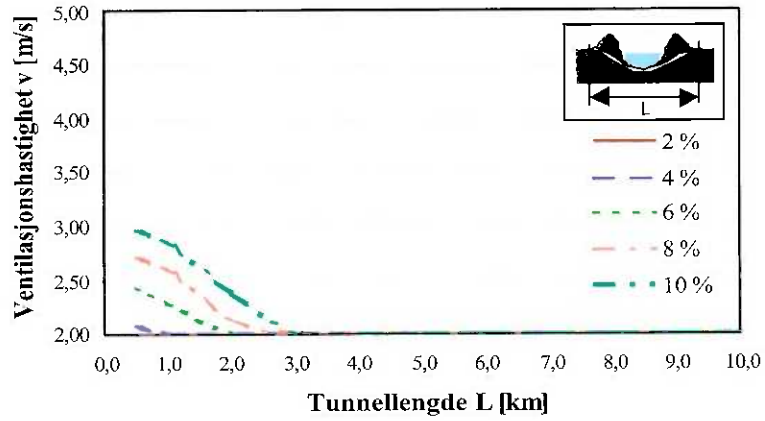
Figur D.3 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0\text{ Pa}$

Røykventilasjon 20MW brann, $\Delta p = 0\text{Pa}$



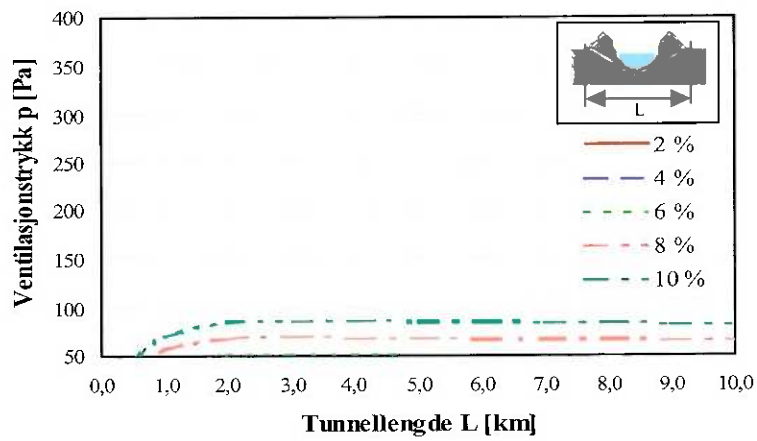
Figur D.4 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 0\text{ Pa}$

Røykventilasjon 5MW brann, $\Delta p = 0 \text{ Pa}$



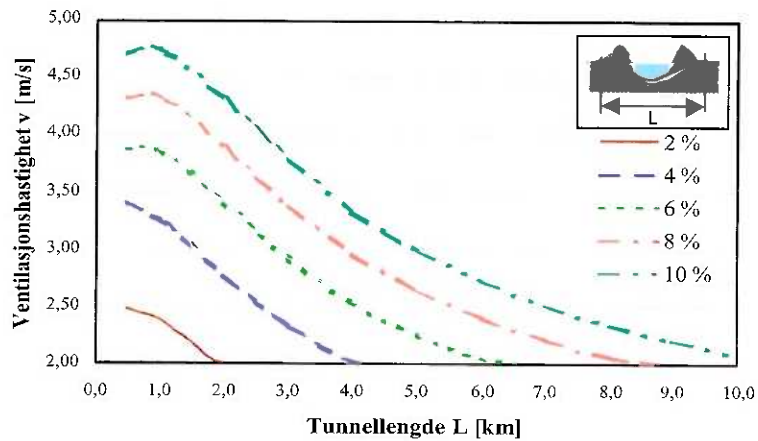
Figur D.5 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0 \text{ Pa}$

Røykventilasjon 5MW brann, $\Delta p = 0 \text{ Pa}$



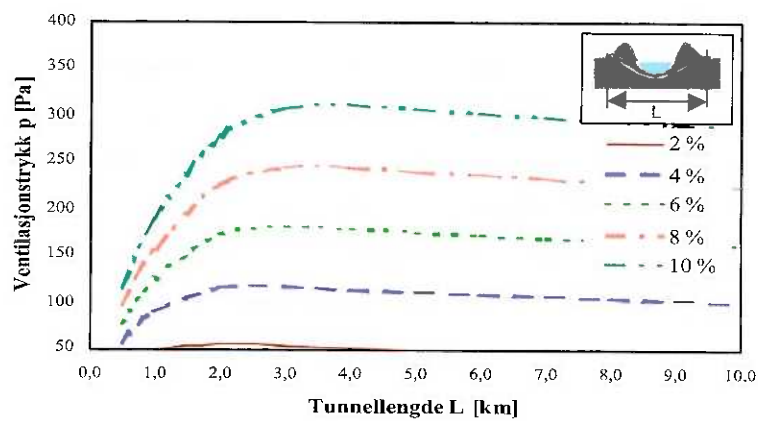
Figur D.6 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0 \text{ Pa}$

Røykventilasjon 20MW brann, $\Delta p = 0 \text{ Pa}$

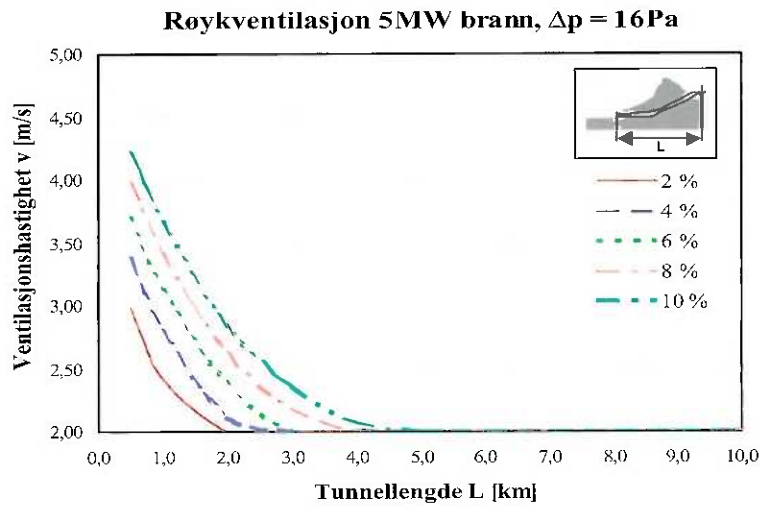


Figur D.7 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0 \text{ Pa}$

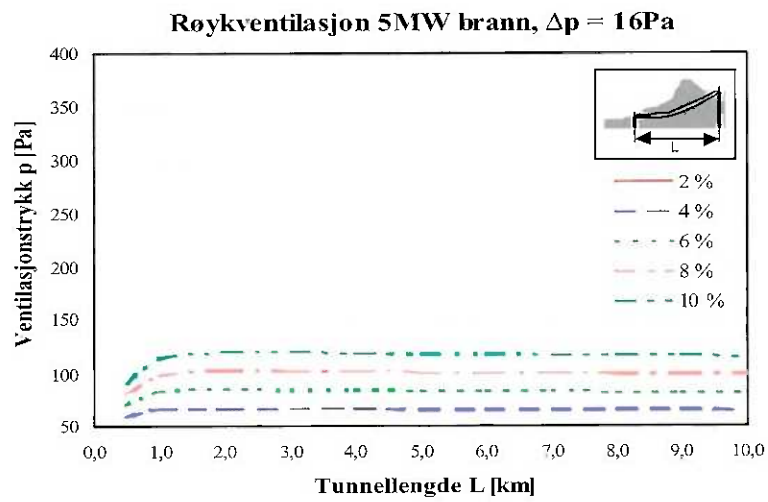
Røykventilasjon 20MW brann, $\Delta p = 0 \text{ Pa}$



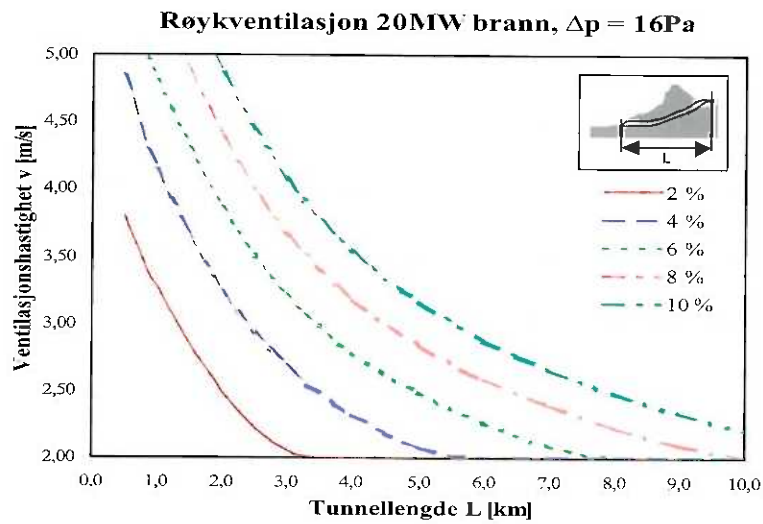
Figur D.8 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 0 \text{ Pa}$



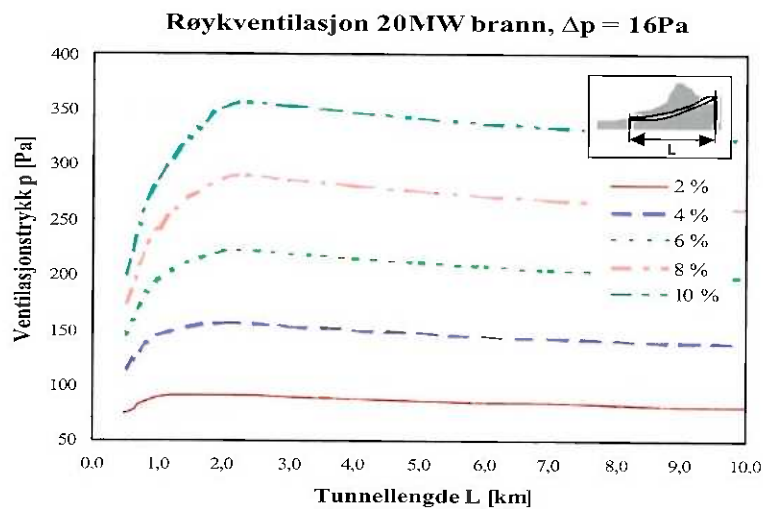
Figur D.9 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



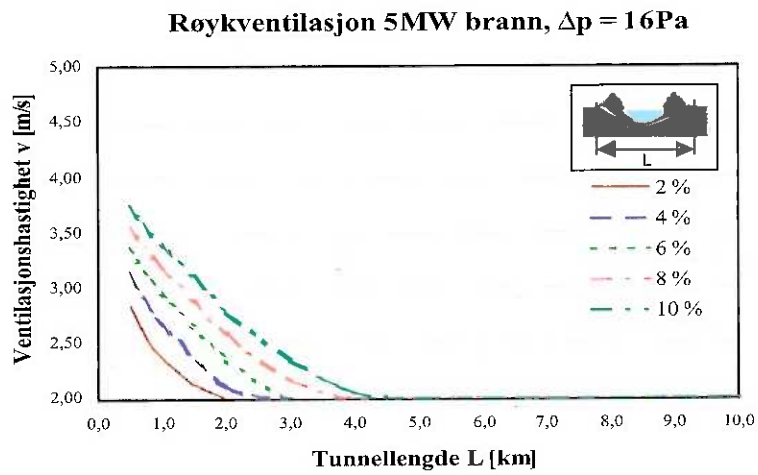
Figur D.10 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



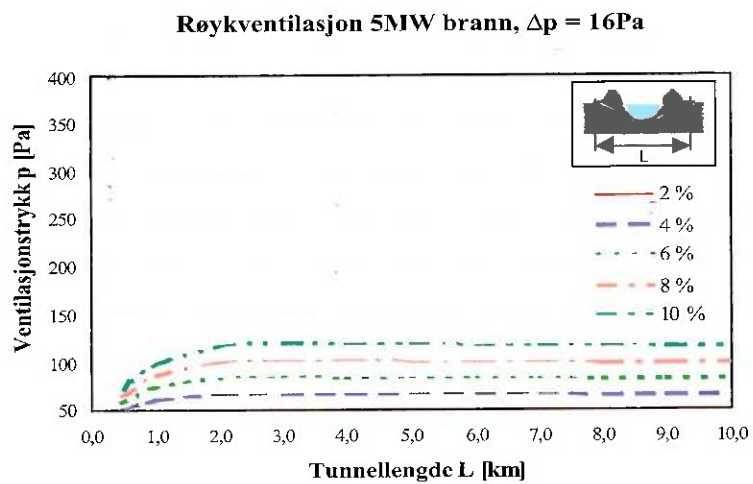
Figur D.11 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



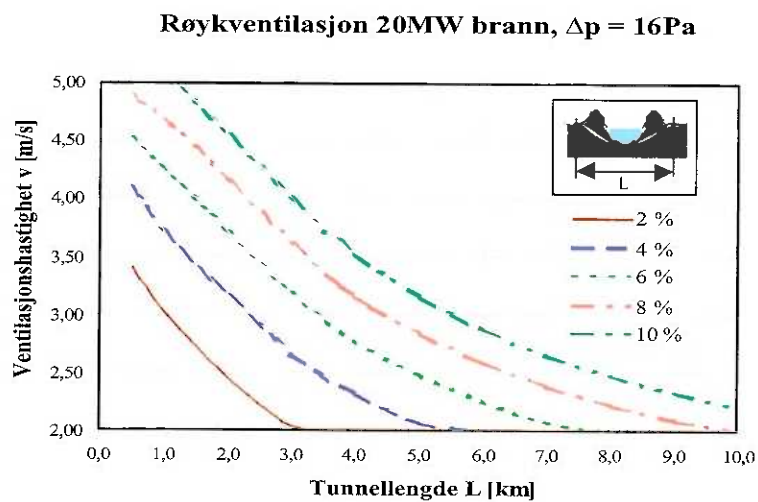
Figur D.12 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



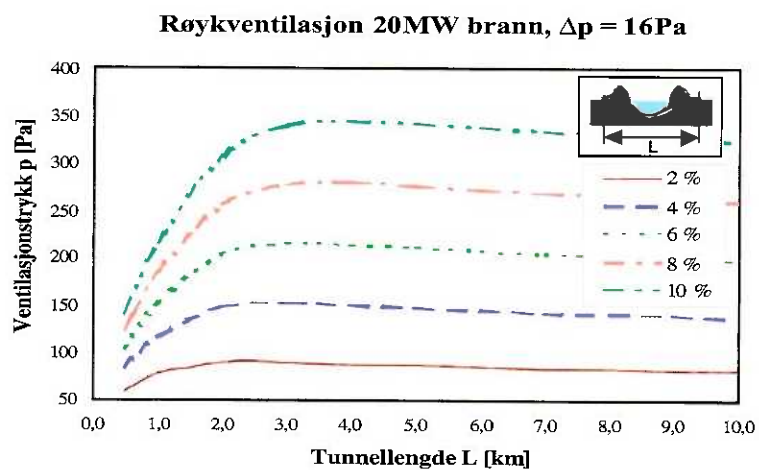
Figur D.13 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



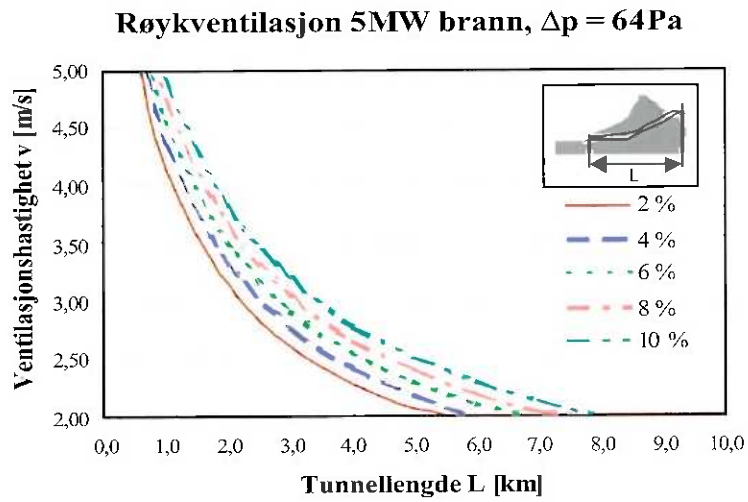
Figur D.14 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



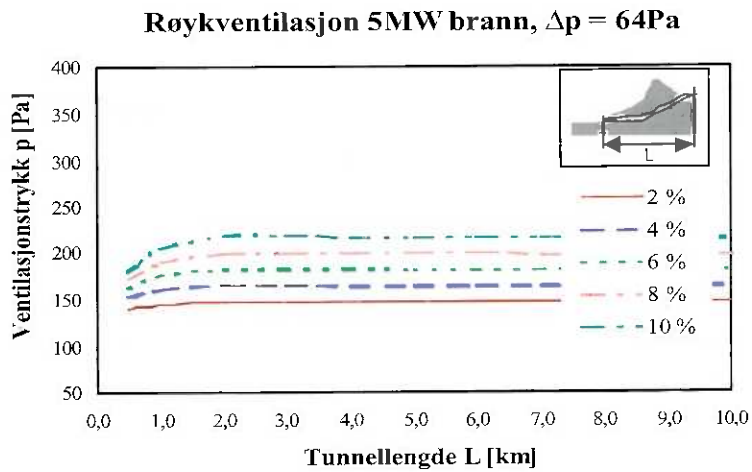
Figur D.15 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



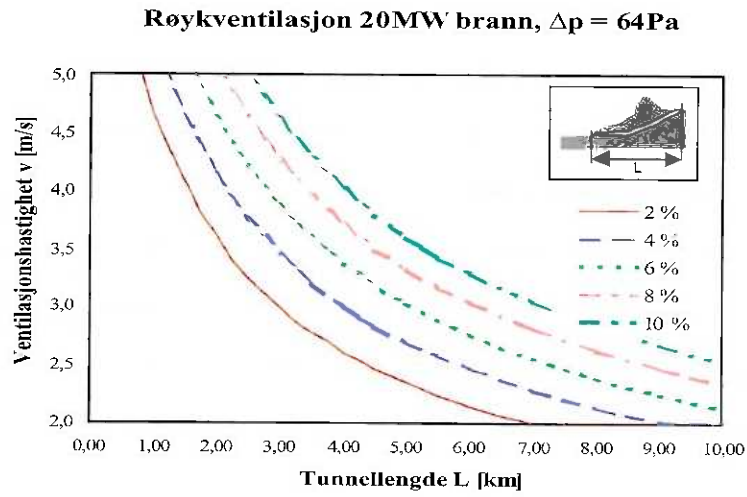
Figur D.16 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 16\text{ Pa}$



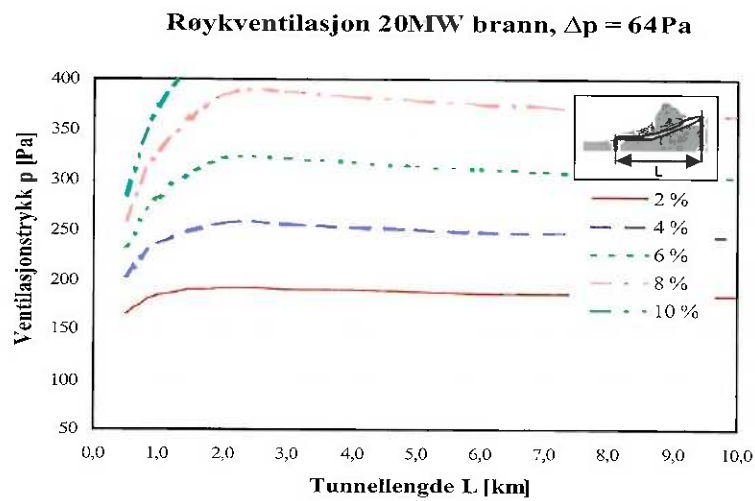
Figur D.17 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa



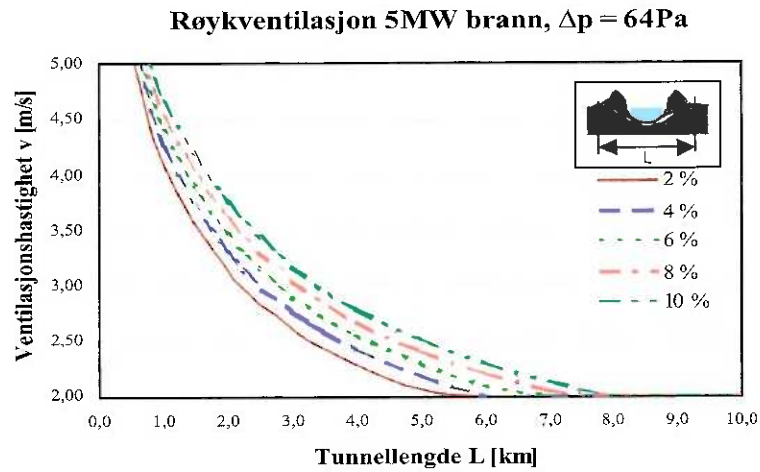
Figur D.18 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64$ Pa



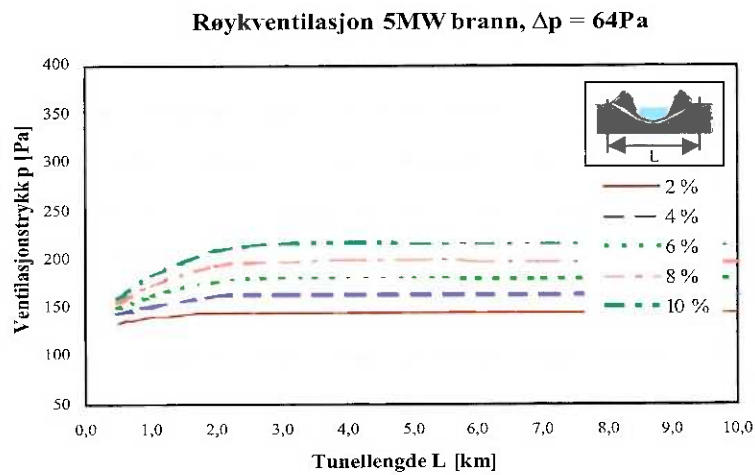
Figur D.19 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64 \text{ Pa}$



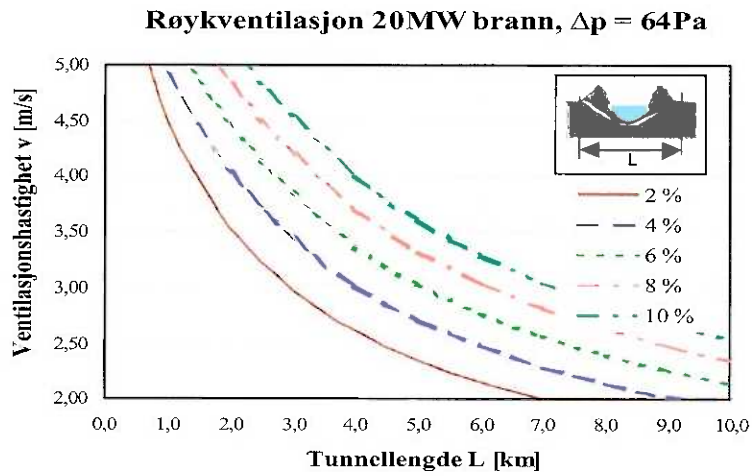
Figur D.20 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, jevn stigning og $\Delta p = 64 \text{ Pa}$



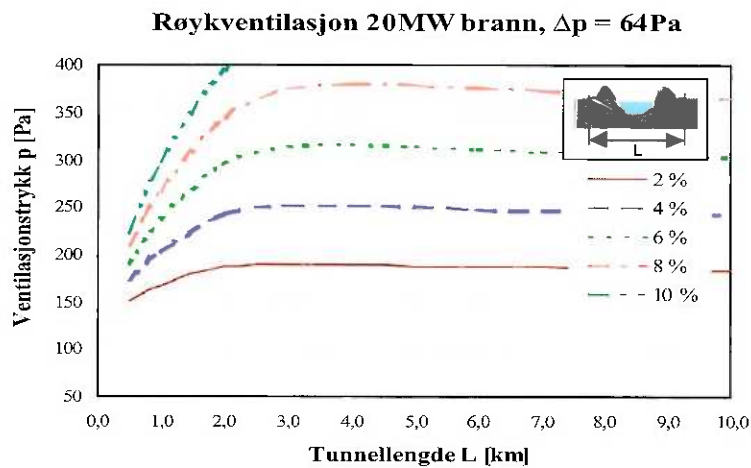
Figur D.21 Ventilasjonshastighet 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64\text{ Pa}$



Figur D.22 Ventilasjonstrykk 5 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64\text{ Pa}$



Figur D.23 Ventilasjonshastighet 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64 \text{ Pa}$



Figur D.24 Ventilasjonstrykk 20 MW brann, stigning over halv lengde og $\Delta p = 64 \text{ Pa}$

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_e), 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):

$$P_v = \frac{n_s}{n_v} \cdot \Delta p_s \cdot A \text{ [N]}$$

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 [m²] tunnelens tverrsnittsareal

Regneeksempler:
Tunnel med jevn stigning

Brann:	5 MW
Tunnellengde:	1 km
Tunneltverrsnitt:	50 m ²
Tunnelhelning:	6 %
Lik temperatur i og utenfor tunnel:	20 °C
Ekstern vind:	5 m/s
Virkningsgrad for vifter:	0,72

Naturlig drivtrykk i tunnelen i henhold til ligning (6):

$$\rho_{20} = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273 + 20) = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta H = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ m}$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 5^2 + (1,2 - 1,2) \cdot 9,8 \cdot 60 = 15 \text{ Pa}$$

Ventilasjons hastighet finnes i figur D.9 ($\Delta p = 16 \text{ Pa}$ som er omtrentlig 15 Pa) til 3,2 m/s og nødvendig drivtrykk i figur D.10 til 80 Pa (som er større enn minimum 50 Pa).

Nødvendig kraft finnes av ligning (7)

$$P_v = \frac{n_s}{n_v} \cdot \Delta p_s \cdot A = \frac{1,1}{0,72} \cdot 80 \cdot 50 = 6111 \text{ N}$$

Tunnel med helning og stigning (typisk undersjøisk tunnel)

Brann:	5 MW
Tunnellengde:	6 km
Tunneltverrsnitt:	50 m ²
Tunnelhelning:	8 %
Høydeforskjell innløp til utløp:	0 m
Temperatur inne:	10 °C
Temperatur ute:	0 °C
Ekstern vind:	5 m/s
Virkningsgrad for vifter:	0,72

Naturlig drivtrykk i tunnelen i henhold til ligning (6)

$$\rho_0 = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273 + 0) = 1,29 \text{ kg/m}^3 \text{ og}$$

$$\rho_{10} = 1,01 \cdot 10^5 / 287 / (273 + 10) = 1,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot 5^2 + (1,29 - 1,24) \cdot 9,8 \cdot 0 = 16 \text{ Pa}$$

Ventilasjons hastighet finnes i figur D.13 til < 2 m/s og nødvendig drivtrykk i figur D.14 til 100 Pa (som er større enn minimum 50 Pa)

Nødvendig kraft finnes av ligning (7)

$$P_v = \frac{n_s}{n_v} \cdot \Delta P_s \cdot A = \frac{1,1}{0,72} \cdot 100 \cdot 50 = 7639 \text{ N}$$

Vedlegg E Årsmiddeltemperatur og frostmengder

Kommunetabell

Vedlegg 2 gir årsmiddeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$) og frostmengder i timegrader (h°C) for alle landets kommuner.

Kommunetabellen er ordnet fylkesvis basert på kommuneinndelingen i 1990.

t_m = årsmiddeltemperatur

F_2 = frostmengden overskrides statistisk sett 1 gang i løpet av en 2-års periode

F_5 = frostmengden overskrides statistisk sett 1 gang i løpet av en 5-års periode

F_{10} = frostmengden overskrides statistisk sett 1 gang i løpet av en 10-års periode

F_{100} = frostmengden overskrides statistisk sett 1 gang i løpet av 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 må man ta hensyn til dette.

Man kan oppnå forholdsvis sikre verdier for dimensjonerende frostmengde ved å måle den (det finnes enkle måleinstrument) over en måned eller lengre tid, og sammenligne målt frostmengde i samme periode med målte verdier fra den værstasjonen som er grunnlaget for kommunetabellen.

HB 021 VEGTUNNELER - VEDLEGG E ÅRSMIDDELTEMPERATUR OG FROSTMENGDER

KOMMUNE	TEMP.	FROSTMENGDER			
	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	3,5	1 000	4 000	7 000	13 000
1822 Lørfjord	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 Mattfjellidal	1,5	26 000	32 000	37 000	42 000
1827 Dønna	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 Røy	3,0	18 000	23 000	29 000	37 000
1834 Lørry	5,5	2 000	4 000	8 000	13 000
1835 Trøna	6,0	0	1 000	2 000	6 000
1836 Rodey	5,0	3 000	5 000	10 000	15 000
1837 Maløy	5,0	3 000	5 000	10 000	15 000
1838 Gildeskål	5,0	2 000	4 000	9 000	14 000
1839 Selva	3,5	10 000	13 000	18 000	24 000
1840 Skjoldal	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 Sørfjord	4,0	10 000	13 000	18 000	24 000
1848 Steigen	4,0	4 000	6 000	10 000	15 000
1849 Høyro	4,0	6 000	10 000	13 000	18 000
1850 Tysfjord	3,5	10 000	13 000	18 000	24 000
1851 Lodingen	4,0	7 000	10 000	13 000	18 000
1852 Tjeldsund	4,0	8 000	13 000	14 000	19 000
1853 Evensen	3,5	9 000	11 000	15 000	21 000
1854 Seljelangen	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	2 000	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 Heddal	4,5	4 000	6 000	9 000	15 000
1867 Bø	4,5	3 000	4 000	7 000	14 000
1868 Skånemø	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 Harstad	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	11 000	18 000
1913 Skjåkland	4,0	6 000	10 000	13 000	19 000
1915 Rjærky	4,5	6 000	8 000	10 000	16 000
1917 Ilhestad	4,5	7 000	9 000	12 000	18 000
1919 Grotangen	3,5	11 000	14 000	18 000	25 000
1920 Lavangen	3,5	12 000	15 000	19 000	26 000
1922 Sørdal	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 Sarvika	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 Balsfjord	3,0	15 000	18 000	22 000	29 000
1936 Karlsøy	4,0	8 000	11 000	15 000	19 000
1978 Lyngen	3,0	17 000	21 000	25 000	31 000
1939 Storfjord	2,0	23 000	26 000	30 000	42 000
1940 Røfjord	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	63 000	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 Håvik	3,0	8 000	11 000	14 000	25 000
2016 Serøysund	3,0	9 000	12 000	15 000	26 000
2017 Kvásund	2,0	18 000	21 000	25 000	37 000
2018 Næby	2,0	13 000	16 000	20 000	30 000
2019 Nordkapp	2,5	12 000	15 000	19 000	29 000
2020 Norraanger	1,5	30 000	33 000	37 000	49 000
2021 Karasjøk	-1,5	32 000	37 000	43 000	56 000
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 Nessby	1,0	30 000	33 000	40 000	48 000
2028 Båtsfjord	1,0	18 000	25 000	28 000	35 000
2030 Ser-Veranger	0,5	31 000	35 000	43 000	50 000



Statens vegvesen

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep.
0033 Oslo

Håndbøkene kan bestilles fra:

Statens vegvesen

Vegdirektoratet

Håndbokeekspedisjonen

Boks 8142, Dep.,

0033 Oslo

Tlf.: 22073500

Fax: 22073768

E-post: firmapost@vegvesen.no

ISBN 82-7207-524-5