

Håndbok N500 Vegtunneler

Høringsutgave 2015

1	INNLEDNING	6
2	GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER	8
2.1	Generelt.....	8
2.2	Kontroll og kvalitetssikring.....	9
2.3	Geologisk rapport for konkurransegrunnlag.....	9
3.	GEOMETRISK UTFORMING.....	11
3.1	Generelt.....	11
3.2	Linjeføring	11
3.2.1	Kjørefelt	11
3.2.2	Tunneler kortere enn 500 m.....	11
3.2.3	Tunneler lengre enn 500 m	11
3.3	Portaler.....	13
3.4	Tunnelprofiler.....	13
3.4.1	Dimensjoneringsklasser og tunnelprofiler	13
3.4.2	Generelle krav til tunnelprofiler.....	14
3.4.3	Geometriske mål	15
3.4.4	Senterlinje	18
3.4.5	Tilpasninger av geometriske mål.....	18
3.4.6	Gang- og sykkeltrafikk	18
3.4.7	Skulder.....	19
3.4.8	Veggelementer og føringskant av betong.....	19
3.4.9	Tunnelprofil for betongtunneler	20
3.5	Utvidelse for nisjer	20
3.5.1	Havarinisjer, snunisjer og møteplasser.....	20
3.5.2	Nisje for teknisk bygg	21
3.5.3	Nisje for nødstasjon	21
3.5.4	Pumpestasjon.....	21
3.6	Nødutganger	22
3.7	Kryss i forbindelse med tunnel	22
4	SIKKERHETSTILTAK.....	23
4.1	Generelt.....	23
4.1.1	Sikkerhetsnivå.....	23
4.1.2	Risikoanalyser for vegtunneler	23
4.1.3	Trafikksikkerhetsrevisjoner og –inspeksjoner.....	24
4.2	Tunnelklasser	25
4.3	Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning	26
4.3.1	Generelt	26
4.3.2	Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustningen.....	29
4.3.3	Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni.....	32
4.3.4	Sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler	33
4.4	Trafikkstyring	34

4.4.1	Behovsanalyse	34
4.4.2	Trafikkstyringssystemer	35
4.5	Brannsikring	35
4.5.1	Krav til brannmotstand for konstruksjoner	35
4.5.2	Brannmotstand for vann- og frostsikringshvelv	36
5	SKILT OG SIGNALER	37
5.1	Generelt.....	37
5.2	Trafikkskilt for tunneler.....	37
5.2.1	Trafikkskilt utenfor tunnel	37
5.2.2	Trafikkskilt i tunnel.....	38
5.3	Trafikksignalanlegg for tunneler.....	38
6	ARBEIDER FORAN STUFF OG STABILITETSSIKRING	40
6.1	Etablering av forskjæring og påhugg	40
6.2	Arbeider foran stuff.....	40
6.2.1	Sonderboring	40
6.2.2	Forinjeksjon.....	40
6.3	Stabilitetssikring.....	41
6.3.1	Generelt	41
6.3.2	Grunnlag for bestemmelse av permanent sikring – fastsettelse av sikringsklasse	41
6.4	Krav til utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler	43
7	VANN- OG FROSTSIKRING I TUNNEL.....	44
7.1	Generelt.....	44
7.2	Frost i tunneler	44
7.2.1	Frostmengde og frostinntrengning	44
7.2.2	Frostisolasjon.....	45
7.3	Valg av konstruksjon	45
7.4	Laster og dimensjonering	46
7.5	Andre konstruksjonskrav.....	47
7.5.1	Membraner	47
7.5.2	Forankringsbolter og festedetaljer.....	49
7.5.3	Hvelv av betongelementer	50
7.5.4	Hvelv av sprøytebetong	50
7.5.5	Føringskant av betong	51
8.	DRENERING, VEGFUNDAMENT OG VEGDEKKE	52
8.1.	Drenssystem.....	52
8.1.1	Generelt	52
8.1.2	Vannmengder, ledningsdimensjoner og kummer	52
8.2	Grøfter.....	53
8.2.1	Utforming og plassering	53
8.2.2	Fundament, omfylling og frostsikring for ledninger	54

8.2.3	Utforming av frostsikring	55
8.3	System for oppsamling av overflatevann og vaskevann	55
8.3.2	Sluk.....	55
8.3.3	Generelt om spyling/vask og utslipp	55
8.4	Kummer for slokkevann	56
8.5	Pumpestasjoner og pumpeledninger	56
8.6	Vegfundament og vegdekke	56
8.6.1	Generelt.....	56
8.6.2	Planum (traubunn)	57
8.6.3	Frostsikring, generelt.....	57
8.6.4	Overbygning ved $F_{DimT} \leq 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$	58
8.6.5	Overbygning ved $F_{DimT} > 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$	58
9	TEKNISKE ANLEGG	60
9.1	Generelt.....	60
9.1.1	Generelle krav til elektrotekniske anlegg.....	60
9.1.2	Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning	60
9.1.3	Kapslingsgrad	60
9.1.4	Kabler	61
9.1.5	Tekniske bygg.....	62
9.2	Strømforsyning.....	62
9.3	Belysning	62
9.3.1	Generelt	62
9.3.2	Belysningens kvalitet.....	63
9.3.3	Lysstyring	65
9.3.4	Belysning av tunnelveggene	65
9.3.5	Belysning av nisjer, ramper og dører til rømningsveier	65
9.3.6	Sikkerhetsbelysning	65
9.4	Ventilasjon	66
9.4.1	Generelt	66
9.4.2	Krav til luftkvalitet i tunneler.....	66
9.4.3	Mekanisk ventilasjon.....	67
9.4.4	Brannventilasjon.....	67
9.4.5	Krav til ventilatorer.....	68
10	DOKUMENTASJON OG BEREDSKAPSPLAN	70
	REFERANSER.....	73
	VEDLEGG.....	76
	VEDLEGG 1: TUNNELPROFILER.....	77
	VEDLEGG 2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER	86
	VEDLEGG 3 YTRE MILJØ	90

Forord

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

Håndbok N500 gjelder alle typer vegtunneler. Normalen gjelder for nye tunneler, den skal også legges til grunn ved oppgradering av utstyr i eksisterende tunneler.

Håndboken er avstemt i forhold til tunnelsikkerhetsforskriften.

Håndbok N500 gjelder fra xx 2015 og erstatter foregående håndbok N500 Vegtunneler fra 2010.

Det utarbeides to nye veiledninger til håndbok N500: *håndbok V520 Tunnelveiledning (1)* og *håndbok V521 Geologi og bergsikring (2)*.

Håndbok N500 inneholder 3 vedlegg:

- Vedlegg 1 viser gjeldende tunnelverrsnitt.
- Vedlegg 2 gir gjeldende plan- og prosesskrav knyttet til geologiske forundersøkelser og kontroll.
- Vedlegg 3 gir gjeldende plan- og prosesskrav knyttet til ytre miljø.

Vedlegg 2 og 3 er midlertidig plassert i N500 i påvente av egen tilrettelagt prosess i Statens vegvesens kvalitetssystem tilgjengelig for både interne og eksterne.

Ansvarlig avdeling: Veg- og transportavdelingen.

Statens vegvesen Vegdirektoratet, 26.06.2015.

1 INNLEDNING

Tunnel (vegtunnel) er definert som: Byggverk som fører vegen i en underjordisk eller undersjøisk passasje.

Krav i håndboka gjelder både bergtunneler og bruer med funksjon som tunnel.

Håndbok N500 Vegtunneler omfatter alle forhold ved gjennomføringen av et vegtunnelprosjekt, fra tidlig planlegging til ferdig produkt, samt drift og vedlikehold.

Forundersøkelsene for tunnelprosjekter skal avklare alternativer og totalkostnader, samt sikkerhetsmessige, samfunnsmessige og miljømessige forhold knyttet til prosjektene iht. *håndbok V710 Oversiktsplanlegging* (3), *håndbok V712 Konsekvensanalyser* (4) og *håndbok R760 Styring av vegprosjekter* (5).

Valg av løsninger og teknisk utstyr skal gjøres på bakgrunn av levetidsbetraktninger, oppetidsberegninger, sårbarhet og sikkerhet, der også drifts- og vedlikeholdskostnader er vurdert.

Prosjekteringsforutsetninger:

Levetid

- 100 år for tunnelkonstruksjonen, inkl. drens- og overvannssystem, og føringsveier for kabler i grunnen.
- 50 år for vann- og frostsikringskonstruksjon, teknisk infrastruktur som kabler inkl. føringsveier i tunnelrommet.
- 25 år for tekniske installasjoner.

Drift og vedlikehold av vegtunneler skal systematiseres og optimaliseres gjennom bruk av:

- Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS)
- RAMS metodikk (pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdsvennlighet og sikkerhet)
- Analyse av levetidskostnader (LCC)
- Systematisk opplegg for tilstandsregistrering.

RAMS (vegrams)

RAMS-prosess, drifts- og vedlikeholdsrevisjon og drifts- og vedlikeholdsinspeksjon skal gjennomføres for alle vegtunneler. Kravet gjelder også ved rehabilitering av vegtunneler.

RAMS-prosess, drifts- og vedlikeholdsrevisjon og drifts- og vedlikeholdsinspeksjon skal bestilles av prosjekteier ved vegavdeling eller regionvegkontor.

RAMS-prosess, drifts- og vedlikeholdsrevisjon og drifts- og vedlikeholdsinspeksjon skal gjennomføres under ledelse av godkjent RAM-prosessleder og i henhold til veiledningen, *håndbok V7XX* (6).

Avgrensning mot øvrige normaler

N100 Veg- og gateutforming (7). Krav til bredde, linjeføring og sikt for tunneler kortere enn 500 m.

N101 Rekkverk og vegens sideområder (8) beskriver rekkverk i tunnelportaler.

N200 Vegbygging (9) inneholder dimensjonering av overbygning i tunnel.

N300 Trafikkskilt (10), *N302 Vegoppmerking* (11) og *N303 Trafikksignalanlegg* (12) gir krav som gjelder hele vegnettet, inklusive vegtunneler.

N400 Bruprosjektering (13) definerer bruer som blant annet: «.. løsmassetunneler, veglokk/vegoverbygg, tunnelportaler, skredoverbygg.. «

Gyldighet/fravik

Samlebegrepet «vegnormaler» innbefatter både normaler hjemlet i vegloven og normaler hjemlet i vegtrafikkloven/skiltforskriften.

Denne håndboka er en vegnormal hjemlet i vegloven.

Vegnormalene skal i henhold til forskriften etter veglovens § 13 gjelde for all planlegging og bygging av veger og gater på det offentlige vegnettet. Statens vegvesen kan fravike vegnormalene for riksveger. For fylkesveger og kommunale veger er denne myndighet tillagt henholdsvis fylkeskommunen og kommunen.

Vegnormalene har to nivå av krav – skal og bør, – der skal-krav er de viktigste. Betydningen av verbene skal, bør og kan, og hvem som har myndighet til å fravike de tekniske kravene for riksveger framgår av tabell 1.1. Søknad om fravik gjøres på eget skjema. Skjema og saksbehandlings-/prosesskrav finnes i Statens vegvesens kvalitetssystem. Før rette myndighet kan behandle fravikssøknaden, skal konsekvensene vurderes.

Tabell 1.1: *Bruk av skal, bør og kan. Myndighet til å fravike krav for riksveger gitt i denne vegnormalen*

Verb	Betydning	Myndighet til å fravike krav
Skal	Krav	Kravene fravikes av Vegdirektoratet. Søknad om fravik skal begrunnes.
Bør	Krav	Kravene fravikes av Regionvegkontoret. Søknad om fravik skal begrunnes, og Vegdirektoratet skal ha melding med mulighet for å endre fraviksvedtaket innen 3 uker (6 uker i perioden 1. juni til 31. august).
Kan	Anbefaling	Fravikes etter faglig vurdering uten krav til godkjenning.

2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER

2.1 Generelt

Det stilles spesielle krav til de geologiske undersøkelsene for tunnel, forskjæringer og påhuggsområder. Geologiske undersøkelser skal omfatte detaljert geologisk og ingeniørgeologisk kartlegging. Krav til geologiske forundersøkelser og rapportering i de enkelte planfasene er gitt i Vedlegg 2. For øvrig henvises til veiledning *håndbok V521 Geologi og bergsikring (2)*.

Kartleggingen suppleres som regel av geotekniske, hydrogeologiske, og geofysiske undersøkelser. For geotekniske undersøkelser vises det til *håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging (14)*.

For kartgrunnlag for geologisk kartlegging i felt og presentasjon av geologiske data vises det til Statens kartverk (15). Det skal lages en digital terrengmodell og tilsvarende kart basert på laserskanning (FKB-laser) i nøyaktighet 10, 20 eller 50 over tunneltraséen(e).

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, kart og profiler fra en planfase til neste er sikret.

Etter at forundersøkelser er utført i hver av planfasene skal det utarbeides en geologisk rapport med et detaljeringsnivå som er tilpasset plannivået. Rapportene er selvstendige dokumenter og skal inneholde informasjon fra alle undersøkelsene som er utført. Det skal utføres bergmasseklassifisering med bruk av Q-metoden.

Forundersøkelser skal omfatte vurdering av områder som er spesielt utsatt for påvirkning fra tunnelen. Dette gjelder forhold som fare for skadelig grunnvannsenkning, setninger og vibrasjoner.

For undersjøiske tunneler skal resultater fra akustikk og refraksjonsseismiske undersøkelser presenteres for hele den undersjøiske delen av traséen og overgangssonene mellom land og sjø.

Undersjøiske tunnelprosjekter skal planlegges ut fra et krav til minste bergoverdekning på 50 meter.

2.2 Kontroll og kvalitetssikring

Med utgangspunkt i *Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering* (16), sammen med registrert bergkvalitet fra geologiske undersøkelser, skal det som en del av kvalitetsplanen utarbeides et kontrollomfang for tunnelprosjekter i alle faser.

Kontroll etter *Eurokode 7* deles inn i tre geotekniske kategorier med tilhørende kontrollnivå. Alle vegtunnelprosjekter ligger i utgangspunktet i geoteknisk kategori 3. I klassifiseringen ligger det muligheter til å variere geoteknisk kategori innenfor forskjellige deler av prosjektet og i ulike faser av prosjektet. For tunneler der forundersøkelsene viser godt og forutsigbart berg kan det være aktuelt å benytte geoteknisk kategori 2. Ingen deler av tunnelprosjekter skal ligge i geoteknisk kategori 1.

Kontrollform og kontrollklasser ved prosjektering og ved utførelse er gitt i *håndbok N200 Vegbygging* (9) og *Eurokode 0* (17). Kontrollklasser som gjelder for vegtunneler: Geoteknisk kategori 3 gir pålitelighetsklasse 3 og kontrollklasse U: uavhengig kontroll. Geoteknisk kategori 2 gir pålitelighetsklasse 2, og kontrollklasse N: normal kontroll.

Kontroll skal omfatte planleggings- og prosjekteringsforutsetninger, omfang av geologiske forundersøkelser, sikkerhetsnivå, beregninger, beskrivelse, tegninger, kontrollplaner etc.

Kontroll initieres i forbindelse med de første geologiske forundersøkelsene og planleggingsarbeidene, og følger deretter prosjektet gjennom prosjektering, utbygging og inn i driftsfasen.

2.3 Geologisk rapport for konkurransegrunnlag

I prosjekteringsfasen skal prosjektet bearbeides frem til ferdige konkurransegrunnlag.

Det skal utarbeides en egen rapport for konkurransegrunnlaget. Rapporten utarbeides på grunnlag av foreliggende undersøkelser. Se Vedlegg 2.

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

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

Resultater rapporteres i geologisk rapport til konkurransegrunnlag.

Arbeidsbeskrivelser knyttet til tetting, driving, sikring, komplettering etc. behandles andre steder i konkurransegrunnlaget og er ikke en del av geologisk rapport.

Ansvarlig for de geologiske undersøkelser skal kvalitetssikre at konkurransegrunnlaget gjenspeiler de geologiske utfordringene vedrørende sikringsmengder, sikringsmetoder etc., som kan forventes i forbindelse med gjennomføring av tunnelen.

Geologisk rapport skal inneholde en faktadel.

Geologiske vurderinger bør tas inn i en tolkningsdel, slik at den utførende får best mulig informasjon om bergforholdene for egne vurderinger og tolkninger.

Del 1: Faktarapporten skal inneholde:

- Geologisk kart og profil av traséen (1:1000). Alle observasjoner skal presenteres på kart og profil sammen med tunneltraséen. Kart fra feltkartlegging med geologiske observasjoner, presentert med sprekke- og foliasjonsmålinger langs trasé, utførte grunnboringer, ev. utførte seismiske undersøkelser, ev. utførte kjerneboringer, ev. utførte øvrige undersøkelser
- Geologisk kart og profiler av påhuggsområdene (1:500 – 1:1000).
- Beskrivelse av bergarter, foliasjon, strukturer og andre geologiske observasjoner.
- Analyse av sprekketetthet og sprekkeorientering. Sprekkerose og stereoplott.
- Resultater av grunnboringer
- Resultater av eventuelle kjerneboringer
- Resultater av eventuelle geofysiske undersøkelser.
- Resultater av eventuelle andre undersøkelser og målinger.
- Spesielle lokale hensyn
- Referanseliste over alle rapporter og annet som rapporten bygger på.

Del 2: Tolkningsdelen bør inneholde:

- Eventuelle tolkninger av de geologiske forholdene langs tunneltraséen: bergartsgrenser, bruddstrukturer og svakhetssoner og mulig lokalisering i tunneltraséen
- Usikkerhet mht. bergoverdekning
- Bergmasseklassifisering (Q-verdier) i felt, langs trasé og fra ev. kjernelogging
- Løsmasser og geotekniske forhold. Konsekvenser for skredfare, setninger og miljø
- Hydrogeologiske forhold, eventuelle brønner og vannmagasiner
- Sannsynligheten for å påtreffe vann som kan skape driveproblemer
- Anbefalt innlekkasje for å unngå skadelig poretrykksenkning
- Anbefalt omfang av injeksjonsarbeider
- Påpekning av eventuelle forhold som kan ha betydning for boring og sprengning (boreavvik, ladevansker o.a.).
- Grenseverdier for vibrasjoner
- Sannsynlighet for å påtreffe bergspenninger
- Påpekning av usikkerheter eller spesielle risikoer.

Listen er ikke utfyllende.

3. GEOMETRISK UTFORMING

3.1 Generelt

Tunnellengden for bytunneler og motorvegtunneler bør begrenses og bør ikke være lengre enn 4 km. En dagsone på 200 m eller mer vil være en effektiv sperre for spredning av røyk og ekstreme temperaturer i tunnelen ved en eventuell brann. Tunneler med lengde over 10 km skal godkjennes av vegholder. Vegdirektoratet er vegholder for riksveg.

Ved geometrisk oppgradering av eksisterende tunneler bør fri høyde legges på minimum 4,2 m og kjørefeltbredder følge standardkrav for nye tunneler. Forholdet mellom målt og skiltet høyde er gitt i *håndbok N300 Trafikkskilt* (10). Dette vurderes spesielt i hvert tilfelle ut fra stedlige forhold, samt nytte/kostnad for tiltakene.

3.2 Linjeføring

3.2.1 Kjørefelt

Antall kjørefelt i hver retning skal ikke reduseres inne i tunnelen. Et forbikjøringsfelt som påbegynnes inne i tunnelen skal avsluttes utenfor. Avstanden fra tunnelåpningen til starten på innsnevringen skal være minst den lengde et kjøretøy tilbakelegger på 10 sekunder når det kjører i høyeste tillatte fart. Dersom dette ikke er mulig skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten. Tiltak dokumenteres gjennom en risikoanalyse.

3.2.2 Tunneler kortere enn 500 m

For tunneler kortere enn 500 m skal krav til linjeføring og krav til sikt gitt i *håndbok N100 Veg- og gateutforming* (7) legges til grunn.

Dersom vegen har to felt med midtrekkverk skal midtrekkverket føres uavbrutt gjennom tunnelen.

3.2.3 Tunneler lengre enn 500 m

3.2.3.1 Horisontalkurvatur

Kravene til minste horisontalkurvatur, gitt i *håndbok N100* (7), skal tilfredsstilles også i tunnel. I et normalt tunnelprofil utgjør tunnelveggen et sikthinder og krav til sikt blir normalt dimensjonerende for horisontalkurveradius i tunneler.

Krav til breddeutvidelse i kurver med radius mindre enn 500 m skal være som for veg i dagen (7).

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

Horisontalkurvaturen bør velges konstant i en lengde av 2/3 av stoppsikt innenfor og utenfor tunnelåpningen.

3.2.3.2 Sikt

Krav til stoppsikt skal tilfredsstilles. I toløpstunneler gjelder dette for hvert av løpene. For enfeltstunneler med toveis trafikk skal krav til møtesikt tilfredsstilles.

Dersom det benyttes horisontalradius mindre enn at krav til sikt tilfredsstilles, skal tunnelbredden utvides i innerkurve.

Krav til sikt i tunneler skal være i henhold til tabell 3.1.

Tabell 3.1 Siktkrav i tunneler med lengde over 500 m. Dimensjoneringsklasser etter *håndbok N100* (7)

Dimensjoneringsklasse	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8*	H9*	Hø1	Hø2
Stoppsiktkrav (Ls) i meter for flat veg (s=0)	63	105	148	117	148	69	117	210	210	98	98
Stoppsiktkrav (Ls) i meter ved maks. fall (s= -5 %)	67	113	165	129	165	75	129	252	252	104	104
Stoppsiktkrav (Ls) i meter ved maks. stigning (s=5 %)	60	98	135	108	135	65	108	197	197	93	93

*Dimensjoneringsklasse H8 og H9 skal ha fartsgrense 110 km/t.

Det skal tas hensyn til stigning eller fall ved beregning av stoppsikt i tunnel. For stigning eller fall mellom 0 og 5 % interpoleres verdiene i tabellen.

3.2.3.3 Vertikalkurvatur

Krav til minste vertikalkurveradius er gitt i *håndbok N100* (7).

Tunnel skal bygges med stigning $\leq 5\%$ med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig.

Tunneler, uansett type, skal under ingen omstendigheter ha stigning større enn 7 % ved $\text{ÅDT}(20) \leq 15\,000$, og 6 % ved $\text{ÅDT}(20) > 15\,000$. Samlet lengde med stigning over 5 % skal ikke overstige 5 000 m.

Stigning over 5 % skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Hvis det er aktuelt å vurdere stigning over 5 %, skal dette begrunnes og dokumenteres med bruk av risiko –og sårbarhetsanalyse. Se også *håndbok V520* (1).

3.3 Portaler

Bergtunneler skal bygges med portaler i tunnelmunningen for å eliminere trafikkfare ved utrasing av blokker eller stein, ved snøskred, nedfallende is eller liknende og for å hindre at vann renner ut over påhugget og ned i vegbanen. 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, snø eller stein og plassbehov for portalstøp.

Lengden på portalen utenfor tilbakefyllingsmasser skal være minimum to meter. Portalen skal avsluttes med en oppstikkende krage på minimum 300 mm, for å hindre overvann, snø og is på kjørebanelen.

Tunnelportalen og eventuelt rekkverk skal utformes slik at de ivaretar tilstrekkelig sikkerhet for påkjørsel.

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

Lengden på portalen inn i tunnelen fastsettes på grunnlag av bergmassekvalitet og bergoverdekning, men bør være minimum 1 meter.

Av trafikksikkerhetsmessige grunner skal det legges særlig vekt på vanntett utførelse.

Vanntett 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 skred på portal vurderes behov for beskyttelse/støtpute i hvert enkelt tilfelle
- Støpeskjøter sikres ekstra ved at det legges inn slanger for eventuell injeksjon.

Behovet for portaler for rømningstunneler og nødutganger til det fri (se tabell 4.2) skal vurderes spesielt.

3.4 Tunnelprofiler

3.4.1 Dimensjoneringsklasser og tunnelprofiler

Dimensjoneringsklasser for veg i dagen er gitt i N100 (7). Tunnelprofilene vist i tabell 3.2 skal benyttes ved bygging av vegtunneler ut fra vegens dimensjoneringsklasse.

Tunnelprofilene gis betegnelse etter total bredde i kjørebanelnivå (Bt), se figur 3.1.

Tunnelprofilene, vist i Vedlegg 1, skal utformes som vist i tabell 3.3 og 3.4.

Tabell 3.2 Tunnelprofiler som skal benyttes for ulike dimensjoneringsklasser

Dimensjoneringsklasse	H1, H2, H3	H4, H5	H5 ²⁾	H6, H7, H8	H9	Hø1	Hø2
Tunnelprofiler	T9,5	T10,5 ¹⁾	T12,5	2 x T9,5	2 x T10,5 ³⁾	T8,5	T9,5

- 1) Tunneler med tunnelprofil T10,5 og lengde over 500 m skal skiltes med 80 km/t
- 2) Gjelder for tunneler kortere enn 500 m
- 3) T10,5 utformes uten forsterket midtoppperking. Skulderbredden økes med 0,5 m på hver side

Der vegen for øvrig har flere enn to felt i hver retning skal også tunnelen bygges med tilsvarende antall felt.

Dersom det ut fra kapasitetsvurderinger viser seg å være behov for flere enn fire felt, skal også de øvrige feltene ha bredde på 3,5 m.

I dimensjoneringsklasse H4 benyttes tunnelprofil T10,5 med et sperreområde med bredde 1 meter mellom kjørefeltene.

Tunneler på samle- og atkomstveger utformes med tunnelprofil T8,5 eller T9,5. Tunnelprofil for veger som bygges etter utbedringsstandard vurderes ut fra krav til tunnelprofil for ny veg gitt i tabell 3.2.

Tunnelprofil T8,5 kan benyttes i stedet for T9,5 ved $\text{ÅDT} \leq 1\,500$, forutsatt at sikkerheten er ivaretatt.

For tunnelprofiler der det anlegges gang- og sykkelveg gjennom tunnelen, se 3.4.6.

3.4.2 Generelle krav til tunnelprofiler

Skjematisk tunnelprofil er vist i figur 3.1.

De enkelte tunnelprofilene med feltinndeling for to eller tre felt og feltinndeling ved havarinisje er vist i Vedlegg 1.

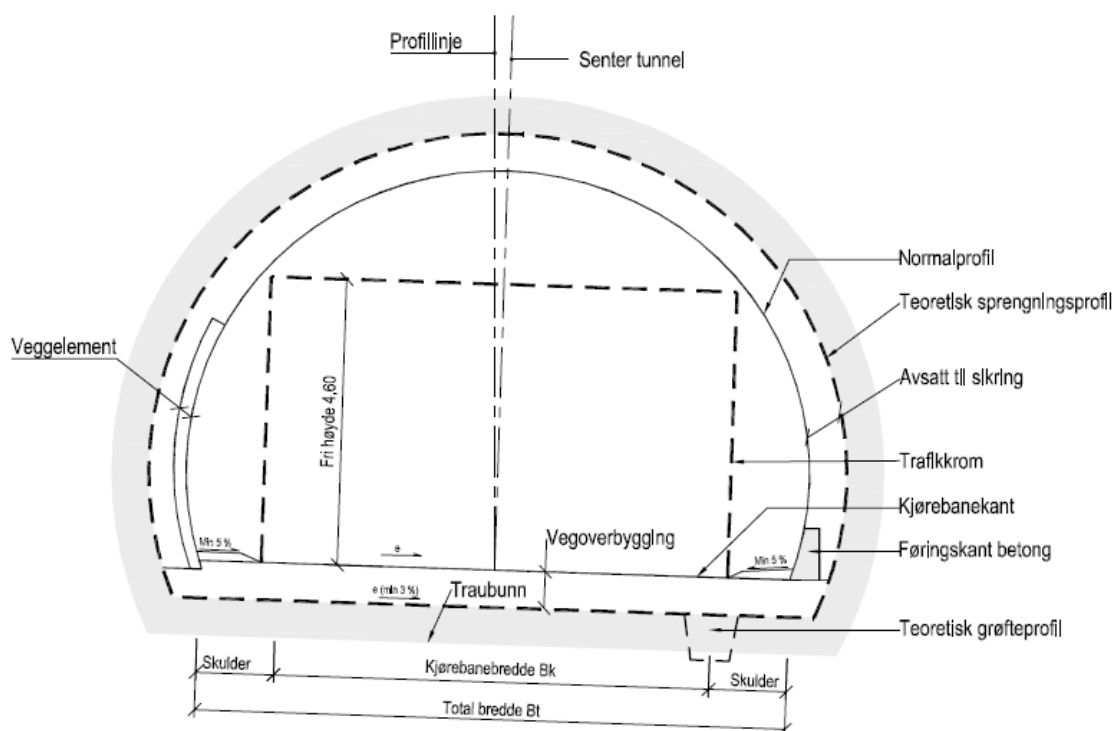
Tunnelprofilene T5,5 – T14 i bergtunneler skal utformes med sirkulært profil over kjørebanelnivå.

Fri høyde i tunneler skal være 4,6 m med unntak av tunneler spesielt for gang- og sykkeltrafikk. Kravet til fri høyde gjelder vinkelrett på kjørebanelnivå, målt ved kantstein.

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

- ekstra klaring for senere justering av vegdekke
- normale toleranser for vegoverbygning og vann- og frostsikring / utstøping (samlet avvik = 0,1 m).

Tunnelprofilen skal gi rom for skilt og tekniske installasjoner. Behov for lokale utvidelser vurderes i hvert enkelt tilfelle. Minimum høyde til teknisk utrustning skal være 4,8 m over kjørebanelnivå. For sidemontert utstyr som skilt og signalanlegg skal klaring til trafikkrommet vurderes spesielt. For krav til skilt se kapittel 5.



Figur 3.1 Skjematisk tunnelprofil, vist med eksempel på veggelement og føringskant av betong.

3.4.3 Geometriske mål

Geometriske mål er gitt i tabell 3.3 og vist i figur 3.2 og 3.3.

Tverrsnittsdata for tunnelprofilene under gitte forutsetninger fremgår av tabell 3.4 og figur 3.1.

Tabellene gjelder for tunnelprofiler med ensidig tverrfall minimum 3 %. Ved ensidig tverrfall dreies profilet om vegens senterlinje. Tabellene gjelder derfor uavhengig av tverrfallets størrelse.

Tabell 3.3 Geometriske mål for de ulike tunnelprofilene (alle mål gitt i m)

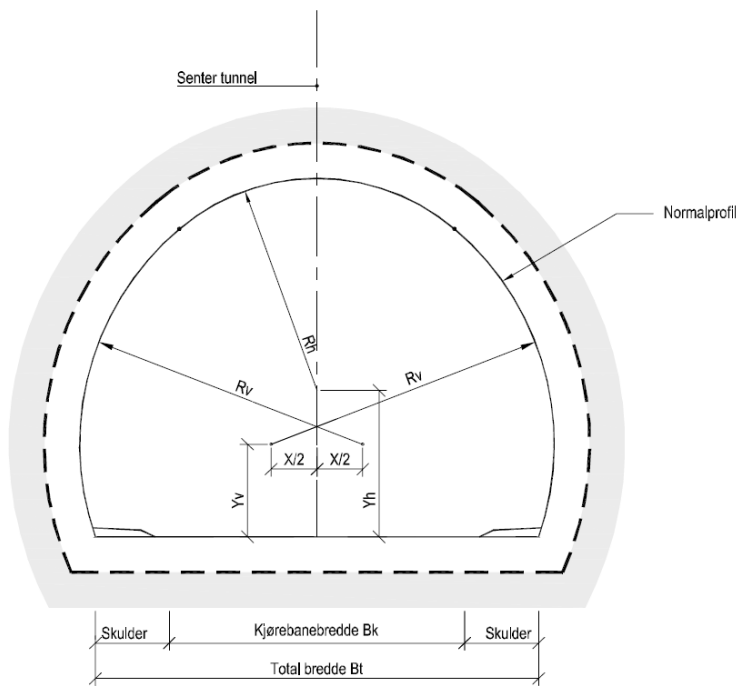
Profil	Total bredde B_T	Kjørebane- bredde B_K	Senterhøyde veggradier Y_V	Veggradius R_V	Senteravstan d veggradier X	Senterhøyde hengradius Y_H	Hengradius R_H
T4	4,0	3,00	-	-	-	1,330	2,400
T5,5	5,5	3,50	1,770	4,790	3,402	3,171	2,587
T8,5	8,5	6,50	1,770	4,790	0,402	1,981	4,500
T11,5	11,5	9,50	1,770	4,790	2,598	-0,258	7,199
T7,5	7,5	5,00	1,570	4,790	1,550	2,481	3,594
T9,5	9,5	7,00	1,570	4,790	0,450	1,213	5,212
T10,5	10,5	8,00	1,570	4,790	1,450	0,664	5,950
T12,5	12,5	10,00	1,570	4,790	3,450	-0,466	7,458
T13	13,0	10,50	1,570	4,790	3,950	-0,735	7,825
T13,5	13,5	11,00	1,570	4,790	4,450	-0,817	8,053
T14,0	14,0	11,50	1,570	4,790	4,950	-1,294	8,575

Tabell 3.4 Tunnelvernsnittsdata for de ulike tunnelprofilene

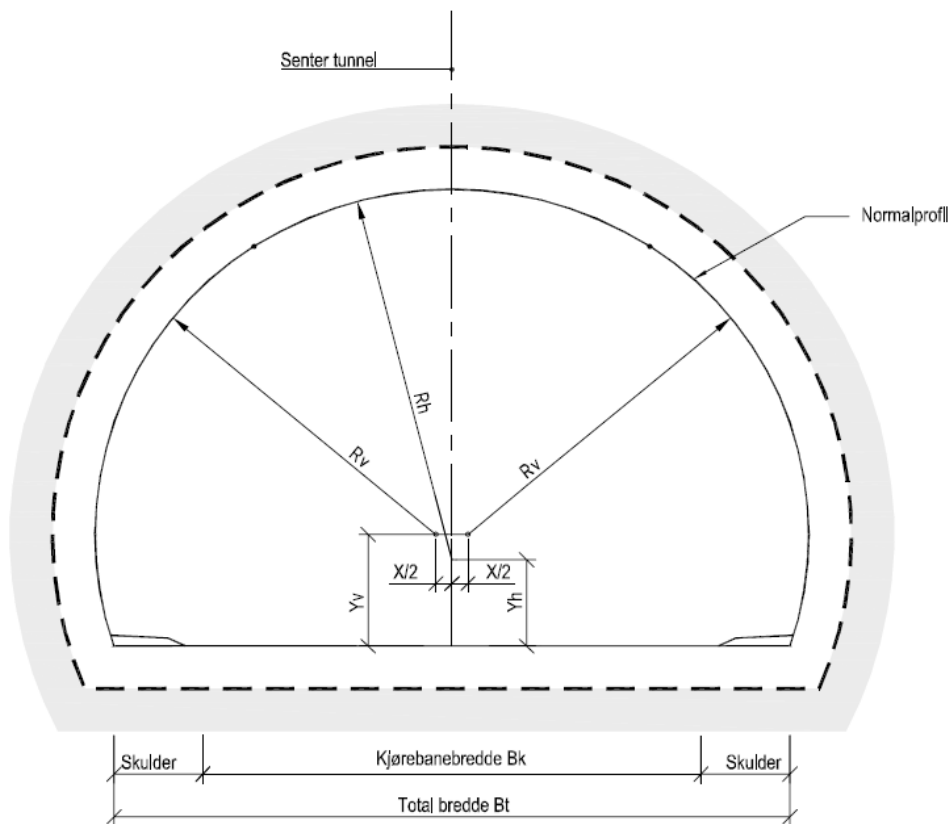
Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil		Normalprofil	
	Areal A_S m ²	Buelengde, B_S m	Areal A_N m ²	Buelengde, B_N m
T4	20,32	12,31	13,57	9,85
T5,5	39,10	17,12	29,72	14,55
T8,5	61,92	20,56	49,66	17,99
T11,5	85,92	23,75	70,89	21,18
T7,5	51,56	18,88	40,46	16,30
T9,5	66,62	21,04	53,61	18,46
T10,5	74,59	22,13	60,64	19,55
T12,5	91,32	24,32	75,49	21,73
T13	95,69	24,86	79,39	22,28
T13,5	100,52	25,46	83,73	22,88
T14	104,58	25,96	87,35	23,88

Data avhenger 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 normalprofilet 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.



Figur 3.2 Geometriske mål for tunnelprofil T5,5 – T8,5 (målene er gitt i tabell 3.3)



Figur 3.3 Geometriske mål for tunnelprofil T9,5 – T14,0 (målene er gitt i tabell 3.3)

3.4.4 Senterlinje

Tunnelprofilen i ettløpstunneler skal dreies om vegens senterlinje. I toløpstunneler skal det etableres en senterlinje for hvert løp. Senterlinjen gjennom tunnelen bør føres minst 100 m ut fra portal.

3.4.5 Tilpasninger av geometriske mål

Tunnelprofiler ved overgang i nisjer og ved siktutvidelser

Tunnelprofiler ved overgang til nisjer og siktutvidelser skal konstrueres ut fra hovedprinsippet at tangentene til sirkelbuene er parallelle i overgangspunkter i profilet. Radius i veggen skal holdes konstant i henhold til normalprofilene i tabell 3.3. Radius i hengen tilpasses slik at hengen får en jevn overgang. Konstruksjon av mellomliggende profiler skal dokumenteres slik at andre installasjoner som vegg og takelementer samt øvrig sikring får tilstrekkelig plass og bergmekaniske forhold er ivarettatt.

Tunnelprofiler ved overgang til ramper

Beskrivelsen av profilet skal dokumenteres i forhold til vegens senterlinje i rampe og i forhold til vegens senterlinje i hovedløp.

Ved overgang i ramper kan det være slik at rampen har en vridning av tverrfallet og tunnelprofilet i forhold til hovedløpet i tilkoblingsområdet. Tilpasning av radius i hengen konstrueres slik at tangentene til sirkelbuene er parallelle i overgangspunkter samtidig som krav til høyder og rom for sikring og andre konstruksjoner blir tilfredsstillt.

3.4.6 Gang- og sykkeltrafikk

Om tunnelen skal tilrettelegges for gang- og sykkeltrafikk skal avklares i overordnet plan. Hovedløsningen skal være trasé i dagen der det er mulig.

Dersom det ikke er mulig å etablere et tilfredsstillende tilbud til gående og syklende utenom tunnelen, skal det legges til rette for gang- og sykkeltrafikk gjennom tunnelen dersom gang/sykkelpotensialet er mer enn 25 i et gjennomsnittsdøgn.

Dersom det er flere enn 150 gående og syklende i døgnet bør det etableres et alternativt tilbud utenfor tunnelen.

Gang- og sykkeltrafikk i tunneler lengre enn 2 km skal godkjennes av Vegdirektoratet på riksveg. Det bør ikke være gående og syklende i tunneler med fartsgrense ≥ 90 km/t.

I tunneler med stor tungtrafikkandel (> 25 %) skal det gjøres spesielle vurderinger med tanke på å tillate gang- og sykkeltrafikk og behov for fysisk skille mot gang- og sykkeltrafikken.

Det stilles spesielle krav til belysning og ventilasjon, se kapittel 9.

Gang- og sykkelveg skilt fra kjørebane med rekkverk skal ha fri høyde minimum 3,0 m.

I tunneler med gang- og sykkelveg adskilt med rekkverk skal rekkverket opphøre forbi nisjer, samt 30 meter før og etter nisjer.

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

Tunnellengde 500 – 2 000 m: Løsninger for gående og syklende i tunneler

Tunneler med ÅDT > 500 bør ha fysisk skille mellom gående/syklende og øvrig trafikk.

Tunneler med ÅDT 500 – 4 000 bygges med tunnelprofil T10,5GS.

Tunneler med ÅDT 4 000 – 10 000 bygges med tunnelprofil T12,5GS, med plass til forsterket midtoppmerking.

Tunneler med ÅDT > 10 000 bør skiltes med gs-forbud.

Tunnellengde < 500 m: Løsninger for gående og syklende i tunneler

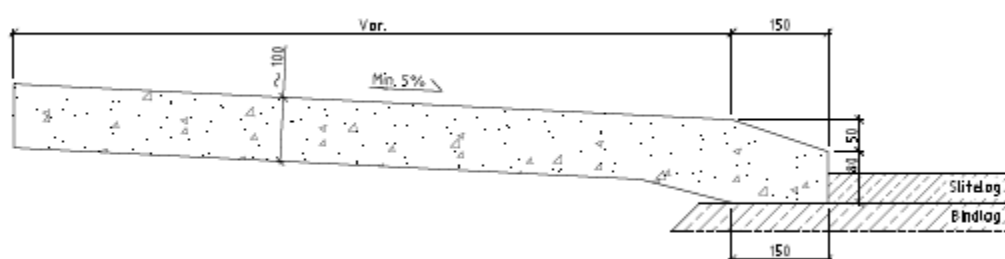
Tunnelen skal i utgangspunktet ha samme løsning for gående og syklende som vegen for øvrig.

Ved ÅDT > 4 000 bør det være fysisk skille mellom gående og syklende og den øvrige trafikken. Det skal benyttes tunnelprofil T12,5GS.

3.4.7 Skulder

Skulder er betegnelsen på den del av vegarealet som ligger utenfor kantlinjen.

Opphøyd del av skulder skal utføres med kantstein og med asfalt eller betongdekke, med minimum 5 % fall mot kjørebanelen (figur 3.4). Kantstein skal være lav og ikke-avvisende og plasseres minst 0,25 m fra kjørebanelkant (figur 3.1). Kantstein plasseres på bindlaget i vegoverbygningen.



Figur 3.4 Eksempel på betongkantstein, her vist som plasstøpt løsning. Mål i mm.

3.4.8 Veggelementer og føringskant av betong

I tunnelens lengderetning skal det monteres enten veggelementer av betong eller føringskant av betong (se kapittel 7).

3.4.9 Tunnelprofil for betongtunneler

I utgangspunktet utformes tunnelprofil som vist i vedlegg 1.

Eksempler der det kan være grunn til å fravike standard tunnelutforming:

- Behov for å legge traséen grunt. Tunneltaket legges parallelt kjørebanelen mens det sirkulære profil beholdes for veggene
- Behov for å redusere bredden på byggegropa
- For tunneler som dimensjoneres for vanntrykk gir firkantprofil mindre volum og dermed mindre oppdrift.

Betongtunneler med firkantet profil skal som minimum oppfylle areal tilsvarende fri høyde og total bredde vist i tunnelprofil i vedlegg 1. Det skal være plass til nødvendige installasjoner og skilt.

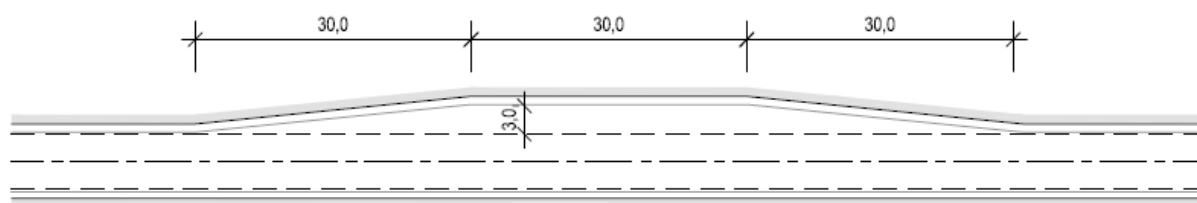
3.5 Utvidelse for nisjer

3.5.1 Havarinisjer, snunisjer og møteplasser

Krav til avstand mellom nisjer er gitt i kapittel 4 (tabell 4.1). Plassering skal tilpasses lokale forhold som bergforhold og geometri. Toleranse i plassering bør være innenfor ± 50 meter for havarinisjer og snunisjer.

Det skal tas hensyn til mulighetene for å kombinere nisjene med nisjer for andre behov, for eksempel pumpestasjoner, teknisk bygg etc.

Havarinisjer skal muliggjøre parkering utenfor kjørebanelen ved nødstopp. Havarinisjer skal utformes som vist på figur 3.5. For tunnelprofil i havarinisjer, se vedlegg 1.



Figur 3.5 Havarinisje

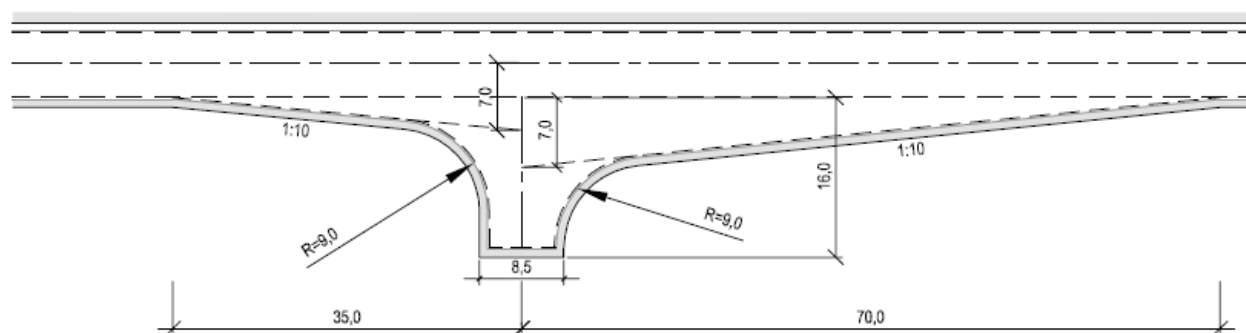
Første havarinisje i tilknytning til inngående kjørefelt skal plasseres minimum 250 m fra tunnelåpningen.

I ettløpstunneler med $\text{ÅDT} < 12\ 000$ og med radius $R < 5\ 000$ skal havarinisjer plasseres i ytterkurve.

I toløpstunneler bør havarinisjer plasseres i ytterkurve ved radius $R < 5\ 000$.

Et eksempel på utforming av snunisje er vist i figur 3.6.

Snunisjer skal ikke plasseres i innerkurve på grunn av siktforhold der $R < 5\ 000$.



Figur 3.6 Eksempel på utforming av snunisje

Ved behov for snunisje for brøytebil utformes denne som snunisje og plasseres etter behov. Havarinisjer kan også fungere som snunisje for personbiler.

I enfeltstunneler med toveistrafikk skal det anlegges møteplasser. Møteplasser skal utformes som havarinisjer (figur 3.5). Avstanden mellom møteplassene skal maksimalt være 250 m, men aldri lenger enn at bilfører kan se fra en møteplass til den neste.

3.5.2 Nisje for teknisk bygg

Plassbehov for teknisk bygg (se 9.1), med vurdering av fremtidige behov, skal avklares i plan-/prosjekteringsfasen.

Teknisk bygg skal plasseres i egen nisje med tett vegg mot trafikkkrommet.

Nisjen skal plasseres i forbindelse med havarinisje.

Der teknisk bygg plasseres i tunnelens lavbrekk skal gulvet i teknisk bygg være minimum 1 meter over kjørebanelnivå.

3.5.3 Nisje for nødstasjon

Det skal bygges nisje for kiosk til nødstasjon i havarinisjer.

Nødstasjoner mellom havarinisjene bør plasseres i skap, på føringskant av betong eller innfelt i nisjer i tunnelveggen. Se kap. 4.3.2.3 Nødstasjoner.

3.5.4 Pumpestasjon

I tunneler med lavbrekk der det er nødvendig å pumpe vannet ut av tunnelen, skal det bygges pumpestasjon i lavbrekket. Se kap. 8.5.

Størrelsen på pumpestasjon(er) skal dimensjoneres ut fra type og mengde av utstyr og beregnet lekkasjevolum.

3.6 Nødutganger

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

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

I toløpstunneler skal gangbare tverrforbindelser mellom tunnelløpene plasseres med avstand maksimum 250 m. Dette gjelder også ramper tilknyttet tunnelsystemet. Tilstrekkelig evakueringskapasitet for tverrforbindelsene skal sikres spesielt.

For ettløpstunneler med ÅDT > 8 000 skal det etableres nødutganger.

For ettløpstunneler med ÅDT 4 000 – 8 000 og som er lengre enn 10 km skal det etableres nødutganger. Avstanden mellom nødutgangene skal ikke overstige 500 m.

Gangbare tverrforbindelser og nødutganger til det fri skal ha tunnelprofil T4.

Rømningstunnel skal ha tunnelprofil T5,5.

Krav til utforming av nødutganger:

- Helningsgraden på nødutgangen skal ikke være brattere enn maksimalt 5 % (1:20).
- Nødutgangen skal ha fast dekke.
- Det skal være nedsenka kantstein ved nødutganger i tunnel, utformet med 20 mm vis og helling 1:10 opp mot dør til nødutgang.
- Dørene skal ha bredde minst 1,2 meter.
- Dør til rømningsvei skal utføres og utstyres slik at den sikrer rask evakuering. Dør til rømningsvei skal ha grønn farge (for eksempel RAL 6016), se *NS-EN 16276* (18).
- Vegg mellom hovedtunnel og nødutgang skal ha brannmotstand minimum REI 120-M, (19) ubrennbare materialer.
- Tverrforbindelser skal utføres som brannsluse med brannmotstand minimum EI 60 (19) mot begge tunnelløp og mot rømningstunnel.
- Nødutganger skal berg-, vann- og frostsikres.
- Utgangene skal stenges med låsbare porter.

For øvrig vises det til kapittel 4 Sikkerhetstiltak, kapittel 5 om skilting av nødutganger, og kapittel 9 for belysning.

3.7 Kryss i forbindelse med tunnel

Kryss i tunnel skal unngås.

Krav til kryss utenfor tunnel er gitt i *håndbok N100 Veg- og gateutforming* (7).

Når kryss plasseres nær tunnelåpningen, skal det legges spesiell vekt på å unngå blanding fra sol ved utkjøring fra tunnelen. I slike tilfeller skal eventuelle konsekvenser av tilbakeblokkering av trafikk inn i tunnelen vurderes.

4 SIKKERHETSTILTAK

4.1 Generelt

4.1.1 Sikkerhetsnivå

Sikkerhetsnivået i en tunnel skal være basert på en systematisk vurdering av alle sider ved tunnelen som omfattes av infrastrukturen, bruken, trafikantene og kjøretøyene. Se *Tunnelsikkerhetsforskriften (20): vedlegg 1; Sikkerhetstiltak*.

For alle tunneler lengre enn 500 m skal det utarbeides en risikoanalyse, se 4.1.2.

Ramper skal ha samme krav til sikkerhetsnivå som for hovedtunnelen.

Konsekvenser for trafikkavvikling og risikoforhold på alternative kjøreruter skal utredes i tilfelle behov for stengning av tunnel over lengre tid.

Prinsippet for evakuering baserer seg på selvredningsprinsippet, det vil si at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy via markerte rømningsveier.

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

Det skal i hvert enkelt tilfelle vurderes muligheten for å etablere landingsplass for helikopter (redning/ambulanse o.a.) i nærheten av tunnelportaler.

4.1.2 Risikoanalyser for vegtunneler

Sikkerhetsnivået i en vegtunnel skal være basert på en vurdering av alle forhold ved tunnelen som påvirker risiko som konstruksjon, installasjoner, utstyr, trafikk, kjøretøy og tilgjengelig beredskap. Til å gjennomføre en slik vurdering brukes risikoanalyser.

Risiko defineres som sannsynlighet for personskader ved trafikkulykke eller kjøretøybrann. I denne sammenheng vurderes ikke risiko for skade på utstyr eller tunnel.

Risikoanalyser skal gjennomføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av den som har ansvar for prosjektering eller bygging.

Risikoanalyser er kvantitative eller kvalitative (se *håndbok V721 Risikovurdering i vegtrafikken* (21)).

Kvalitative modeller brukes for å vurdere behov for avbøtende tiltak. For kvalitative risikoanalyser skal det brukes en modell godkjent av Vegdirektoratet.

Kvantitative modeller brukes der det skal foretas sammenligninger mellom ulike alternativer og der tunneler skal rangeres, for eksempel i forbindelse med forsterking eller oppgradering.

I følgende tilfeller skal det gjennomføres risikoanalyser:

- Nye tunneler:
 - Alle nye vegtunneler over 500 meter
- Eksisterende tunneler:
 - Prioritering av utbedringsrekkefølge
 - Tiltaksvalg/avbøtende tiltak
 - Farlig gods (der det ikke er avgjort tidligere)
 - Forbikjøring tunge kjøretøy.

Ved gjennomføring av risikoanalyser skal følgende forhold og særtrekk belyses:

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

Tunnelnormalen har innebygget riktig sikkerhetsnivå for en standard vegtunnel uten særtrekk. Dersom tunnelen har særtrekk utover det som håndteres i håndboka, skal risikoforholdet beskrives i risikoanalysen med eventuelle tilhørende avbøtende tiltak og virkningen av disse.

4.1.3 Trafikksikkerhetsrevisjoner og –inspeksjoner

Regelverk rundt revisjon og inspeksjon er beskrevet i *håndbok V720 Trafikksikkerhetsrevisjoner og –inspeksjoner* (22).

For alle nye tunneler skal det gjennomføres en trafikksikkerhetsrevisjon før vedtatt reguleringsplan, og eventuelt oppdateres ved endringer som kan påvirke trafikksikkerheten.

I eksisterende tunneler som skal utbedres/ oppgraderes/ rehabiliteres skal det gjennomføres en trafikksikkerhetsinspeksjon.

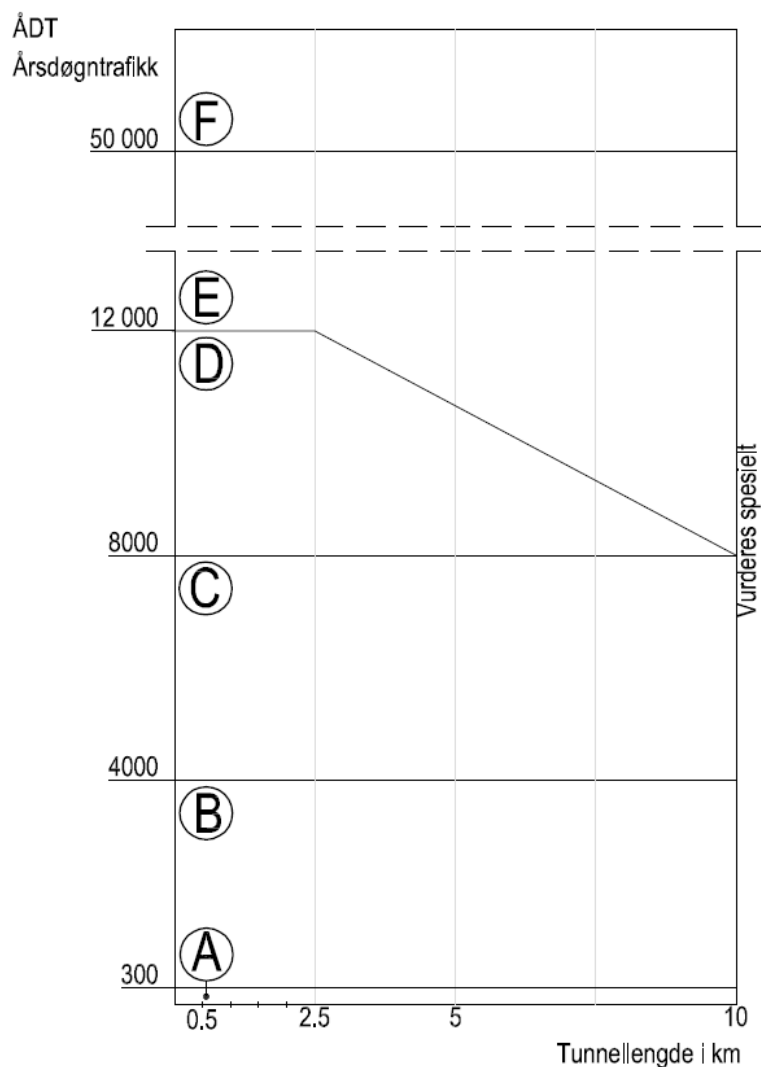
4.2 Tunnelklasser

Tunnelene inndeles i tunnelklasser basert på trafikkmengde og tunnellengde, se figur 4.1. Trafikkmengde angis som årsdøgntrafikk (ÅDT).

Tunnelklasse skal velges ut fra den trafikkmengde som kan forventes 20 år etter at tunnelen er åpnet for trafikk, ÅDT (20).

Ved ujevn trafikkmengde over døgnet eller over året, eller hvis det er stor usikkerhet i beregningsgrunnlaget for ÅDT(20), anbefales tunnelklasse valgt ut fra en spesiell vurdering. En slik spesiell vurdering for valg av tunnelklasse skal være basert på risikoanalyse.

Tunnelklassene bestemmer kravene til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning i tunneler med lengde over 500 m. Dette gjelder antall tunnelløp, behov for havarinisjer, snunisjer, nødutganger samt sikkerhetsutrustning.



Figur 4.1 Tunnelklasser A - F

4.3 Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning

4.3.1 Generelt

Kravene gjelder for tunneler med lengde over 500 m.

Tabell 4.2 viser hvilke krav som stilles for å oppnå forutsatt sikkerhetsnivå i de ulike tunnelklasser.

En fylt sirkel betyr at tiltak skal etableres.

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

I figurene 4.2 – 4.6 er plassering av havarinisjer og nødstasjoner vist skjematisk for de aktuelle tunnelklasser. I tillegg skal nødstasjon installeres utenfor hver tunnelmunning.

For utforming av nisjer, nødutganger mv. henvises til kapittel 3.

I 4.3.2 er det nærmere beskrevet hvilke krav som gjelder for de ulike installasjoner som inngår i sikkerhetsutrustningen.

For trafikkskilt og trafikksignaler som inngår i sikkerhetsutrustningen henvises til kapittel 5.

Teknisk bygg (kapittel 9) planlegges og tilrettelegges for effektiv drift og vedlikehold og framtidige oppgraderingsbehov.

Normalavstand for nisjer

Normalavstand for nisjer er vist i tabell 4.1. De gitte avstander er omtrentlige mål.

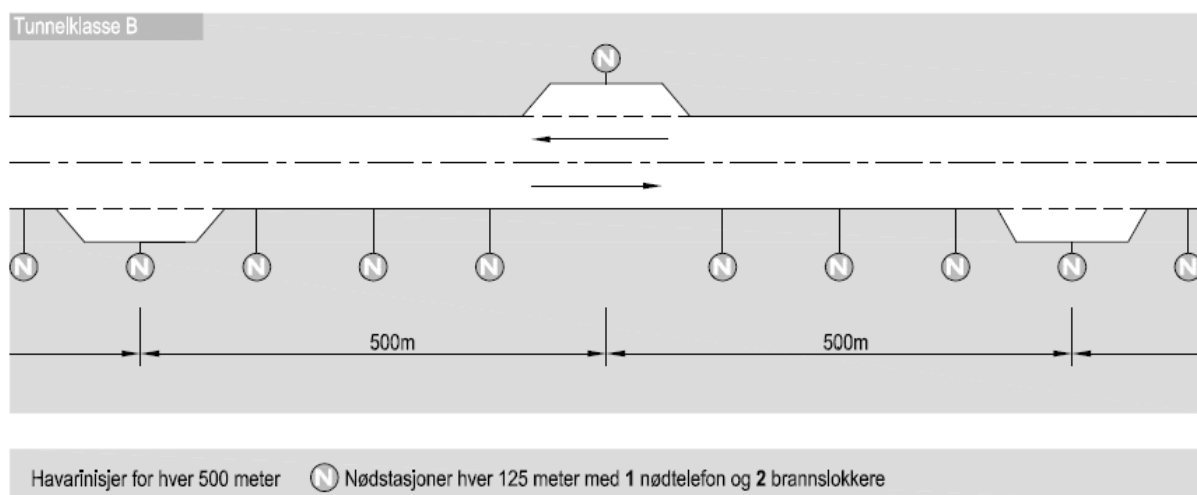
Tabell 4.1 Normalavstand for havari- og snunisjer

Tunnel-klasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
A	–	–	Møteplasser
B	500 m	2 000 m	
C	375 m	1 500 m	
D	250 m	1 000 m	
E	500 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellop
F	250 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellop

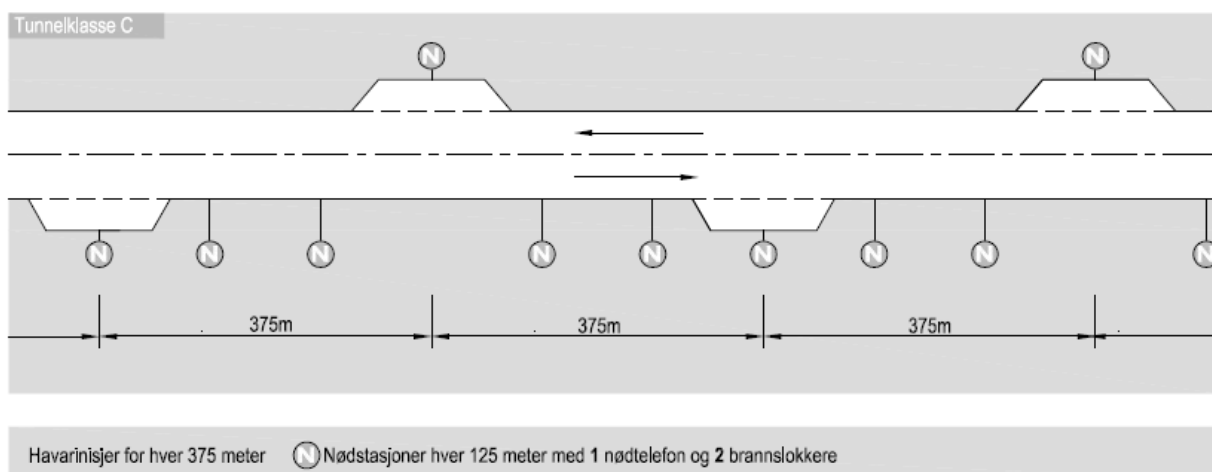
Snunisjer for større kjøretøy skal bygges i tunneler med lengde over 2 x normalavstanden for snunisjer i den aktuelle tunnelklassen.

Tabell 4.2 Tiltak for å sikre minimum sikkerhetsnivå i tunneler

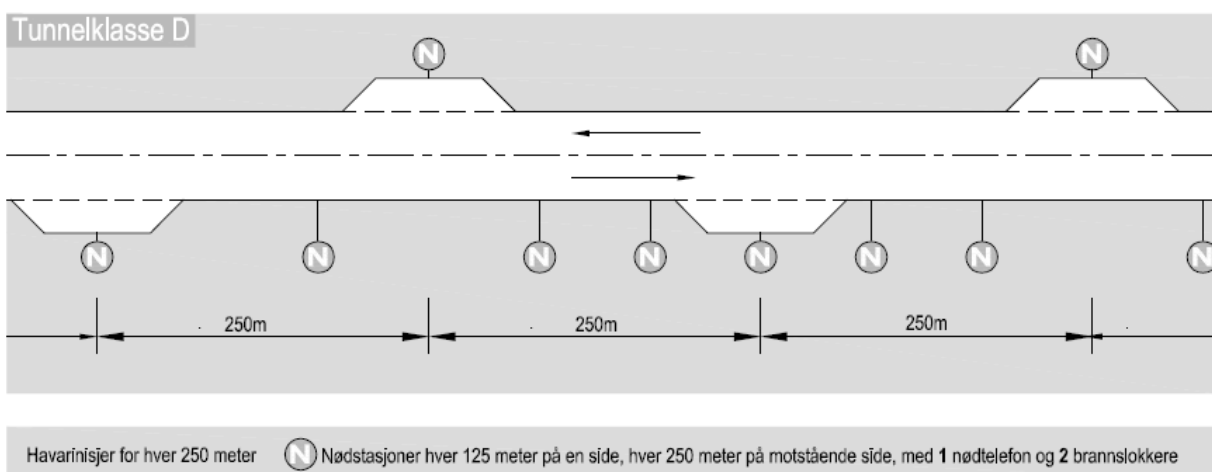
<ul style="list-style-type: none"> ● Krav ○ Vurderes 	TUNNELKLASSER						MERKNADER
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger				●	●	●	For tunneler lengre enn 10 km i tunnelklasse C. Enten utganger til det fri eller tverrforbindelser til parallelt løp. Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Nødstrømsanlegg	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningsbelysning	●	●	●	●	●	●	25 m avstand. Se 4.3.2.2
Skilt: Nødutgang, og skilt som viser retning og avstand til nødutgang			●	●	●	●	Tunneler med nødutganger. Se kap. 5
Skilt: Avstandsmarkering i tunnel	○	○	○	○	○	○	For tunneler lengre enn 3 km. Skiltet plasseres for hver 1000 m. Se kap. 5
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Rødt stoppblinksignal	○	●	●	●	●	●	Tunnelklasse A: tunneler > 1 km. Se kap. 5
Fjernstyrte bomber for stengning		○	○	●	●	●	Se 4.3.2.5
Variable skilt		○	○	○	○	○	Se kap. 5 og 4.4
Kjørefeltsignaler					○	○	Se kap. 5
Overvåkingssystemer			○	○	○	○	For tunneler > 3 km og > 2 000 kjøretøyer per kjørefelt. Se 4.4
Radio- og kringkastingsanlegg	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.6



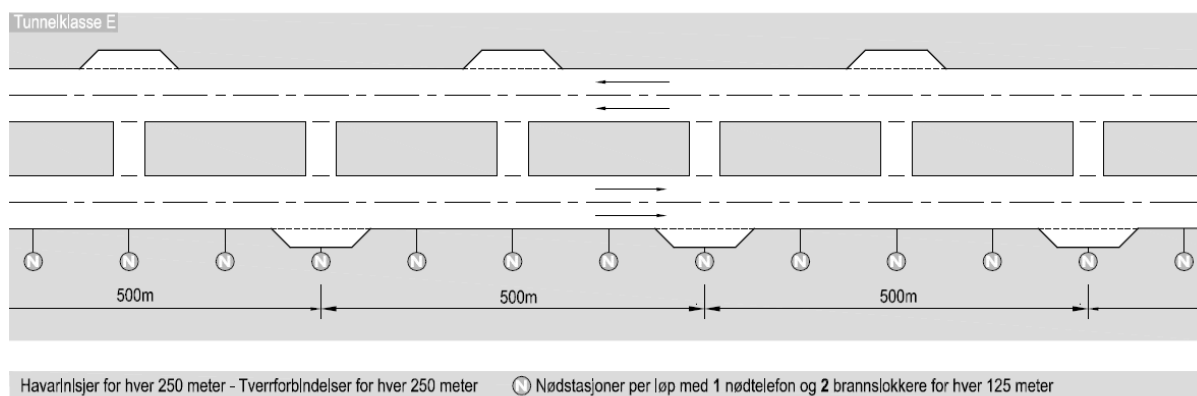
Figur 4.2 Tunnelklasse B, havarinisjer og nødstasjoner



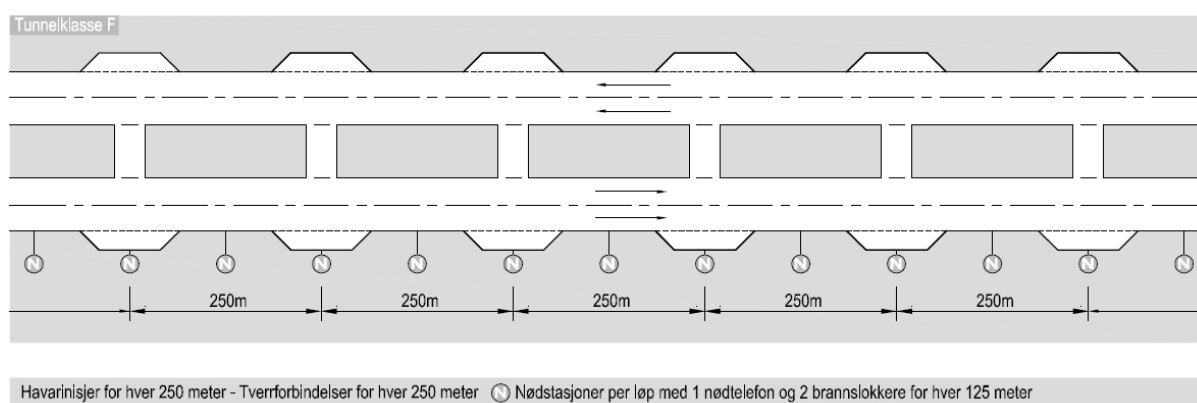
Figur 4.3 Tunnelklasse C, havarinisjer og nødstasjoner



Figur 4.4 Tunnelklasse D, havarinisjer og nødstasjoner



Figur 4.5 Tunnelklasse E, havarinisjer, nødstasjoner og tverrforbindelser



Figur 4.6 Tunnelklasse F, havarinisjer, nødstasjoner og tverrforbindelser

4.3.2 Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustningen

4.3.2.1 Nødstrømsanlegg

Krav til nødstrømsanlegg skal være basert på en overordnet tverrfaglig risikovurdering.

For å sikre trafikantene i tunnelen ved strømutfall og teknisk svikt skal følgende utstyr være bygget som nødstrømsanlegg:

Styrings-, regulerings- og overvåkingsystemer som skal fungere i en nødsituasjon.

- Rødt stoppblinksignal (se kap. 5.3)
- Fjernstyrte bomber for stengning
- Sikkerhetsbelysning (se kap. 9.3.6)
- Rømningsbelysning
- Nødtelefon
- Serviceskilt (se kap. 5.2.2)
- Nødutgangsskilt
- Radio- og kringkastingsanlegg

Hvorvidt ventilasjonsanlegget eller deler av ventilasjonsanlegget skal ha nødstrømsforsyning avgjøres i hvert enkelt tilfelle, blant annet ved å vurdere evakueringstiden, brannvesenets behov i forhold til innsats, strømforsyningsikkerhet etc.

I tillegg skal det spesielt for tunneler i klasse D, E og F vurderes om annet trafikkteknisk utstyr skal kobles opp mot nødstrømsforsyning.

Evakueringstid skal også være basert på en risikovurdering, men skal som minimum være utrykningstid + 1 time.

Nødstrømsforsyning for Nødnett skal sikre utstyret minimum 8 timers driftstid (230 V UPS). Dette gjelder også infrastruktur som er nødvendig for at nødnettet skal fungere i tunnelen.

Nødstrømsforsyning for nødnettrelatert utstyr skal kunne forbikoples med venter slik at nødstrømsforsyningen kan vedlikeholdes uten at nødnettrelatert utstyr mister driftsspenning.

Nødstrømsforsyning for nødnettrelatert utstyr skal gi følgende alarmer til utstyret for

Nødnett:

- strømutfall til nødstrømforsyning
- feil på nødstrømforsyning
- lavt batterinivå

Akkumulatoranlegg skal være plassert i egne rom.

Tverrforbindelser mellom to løp skal ha nødstrømsforsyning fra begge løp.

4.3.2.2 Rømningsbelysning

Rømningsbelysning (ledelys for tunnel) er lys som skal gjøre det mulig å rømme ut av tunnelen til fots i en nødsituasjon. Rømningsbelysning skal ha egen strømforsyning. Krav til rømningsbelysning er gitt i *NS-EN 1838* (23) og Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg med *NEK 400* (24).

Innbyrdes avstand mellom lyspunkter skal være 25 meter. Lysene skal plasseres i maksimum 1,5 meter høyde over kjørebanelen. I tunneler med nødutganger skal lysene plasseres på samme side som nødutgangene. Minste opprettholdte lysstyrke fra hvert av lysene, i alle retninger som de ses fra, skal være 0,1 cd x lysenes innbyrdes avstand. Med innbyrdes avstand 25 meter skal lysstyrken være minst 2,5 cd i alle retninger over hele anleggets levetid.

Lysene skal tennes automatisk ved fjerning av brannslukker, ved iverksetting fra vegtrafikkentral, eller fra nødstyreskap utenfor tunnelen.

4.3.2.3 Nødstasjoner

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

Hver nødstasjon skal inneholde en nødtelefon og to brannslukkere.

Nødtelefon og brannslukkere skal plasseres utenfor hver tunnelåpning.

Nødstasjon i havarinisjer skal monteres i støvtett (9.1.3) kiosk med innvendige mål minimum 1,5 x 1,5 m, og med innvendig belysning. Døren skal være utstyrt med panikkbeslag på innsiden. Det skal med skilt gjøres oppmerksom på at nødstasjonen ikke gir beskyttelse ved brann. Teksten skrives på norsk og engelsk.

Nødstasjoner mellom havarinisjene skal plasseres i støvtett skap. Av trafikksikkerhetshensyn skal framkant av skap være utenfor normalprofilen. Skap skal markeres med normerte symboler.

Betjening og visuell informasjon på nødtelefoner og brannslukkere bør være i en høyde mellom 0,8 og 1,1 m.

Alle nødstasjoner skal ha signalrød farge (flame red) RAL 3000 og merkes med skilt, se kapittel 5.

Hvis havarinisjer flyttes (3.5.1), kan nødstasjoner justeres tilsvarende. Avstanden mellom nødstasjoner skal da ikke overstige 150 m.

Nødtelefon

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

Nødtelefonsystemet skal ha funksjon for selvtesting.

Brannslukkere

Det skal gis signal til VTS hvis brannslukker fjernes. Trafikantene skal informeres ved skilt om at fjerning av brannslukkeren utløser automatisk varsling og stengning av tunnel. I tillegg skal det ut fra driftsforhold gis alarm ved åpning av skap.

Apparatene skal være på minimum 6 kg ABC (*NS EN3*: Effektivitetsklasse minimum 43A 233B) (25).

Apparatene skal merkes med 'Statens vegvesen'.

4.3.2.4 Slokkevann

Det skal finnes vannforsyning i alle tunneler. Det skal finnes hydranter i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som ikke skal overstige 250 m. Dersom vannforsyning ikke er tilgjengelig skal det sikres at tilstrekkelig vannmengde er tilgjengelig på annen måte, for eksempel ved bruk av vanntankvogn.

4.3.2.5 Fjernstyrte bomber for stengning av tunnel

I tunnelklasse D, E og F skal det monteres fjernstyrte bomber. I de øvrige tunnelklassene bør behovet for fjernstyrte bomber vurderes ut fra forventet bruksfrekvens.

Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel skal aktiveres i kombinasjon med rødt stoppblinksignal.

Fjernstyrte bommer skal kun benyttes sammen med ITV-overvåking.

Fjernstyrte bommer skal også kunne betjenes manuelt på stedet.

Bommen skal være så lang at den sperrer det/de aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen.

Bommer bør plasseres minimum 50 m fra tunnelåpning for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc.

4.3.2.6 Høydehinder

Høydehinder (avviser) skal monteres i alle tunnelklasser. Høydehinder skal plasseres før innkjøring til tunnelen slik at det hindrer for høye kjøretøy å kjøre inn i tunnelen. Høydehinder bør være deformerbart og ha ekstra sikring som hindrer nedfall ved påkjørsel.

Høydehinder kan sløyfes dersom andre konstruksjoner har den nødvendige avvisende effekt på vegnettet som fører inn mot tunnelåpningen.

4.3.3 Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni

4.3.3.1 Generelt

Tunneleier skal sørge for at det blir etablert Nødnett og kringkasting i alle vegtunneler lengre enn 500 m. For tunneler kortere enn 500 m kan Nødnett og/eller kringkasting etableres etter nærmere vurdering.

Som felles antenneanlegg for Nødnett og kringkasting i vegtunneler skal det benyttes strålekabel (også kalt utstrålende antennekabel eller radierende koaksialkabel). Strålekabelsegmenter skal mates med Nødnett- og kringkastingssignaler fra hver ende, og hver enhet i Nødnett/kringkastingsanlegget som forsyner et strålekabelsegment skal være i stand til å mate hele segmentet alene. Tekniske data for strålekabler og koaksial matekabler skal spesifiseres for hver enkelt tunnel. Strålekabler og matekabler som benyttes i tunneler skal tilfredsstillende krav for kabelklasse 2, se kapittel 9.

4.3.3.2 Nødkommunikasjon

Etablering av Nødnett i vegtunneler er regulert av *Avtale mellom Statens vegvesen og Direktoratet for nødkommunikasjon om nødnett i tunneler* (2008). Direktoratet for nødkommunikasjon (Dnk) anskaffer, monterer og har ansvar for drift og vedlikehold av nødnettspesifikt utstyr i vegtunneler.

Tunneleier skal levere nødvendig infrastruktur for å implementere Nødnett og transportere Nødnettets signaler i tunnelen. Som Infrastruktur regnes (men ikke begrenset til) plass i tekniske rom, antennemaster, strålekabler, koaksial matekabler, optiske fiberkabler, ventilasjon, punkt for tilfredsstillende jordingstilkobling.

4.3.3.3 Kringkasting

Tunneleier skal etablere og drive kringkastingsanlegg som videreformidler radiokringkasting fra det fri inn i tunnel.

Så lenge det blir kringkastet analog FM i Norge skal minimum analog NRK P1 distribueres i tunnelen. Det skal vurderes om også andre FM kanaler skal distribueres.

For DAB skal de DAB blokkene som har dekning utenfor tunnelen distribueres i tunnelen. Hvis det ikke er dekning for DAB blokken *Regional* utenfor tunnelen, skal det vurderes særlige tiltak for å distribuere denne blokken i tunnelen.

Vegtrafikksentralen skal kunne bryte samtidig inn i samtlige radioprogram som distribueres i tunnel, for å gi melding til trafikantene.

Funksjon og virkemåte for kringkastingsanlegg er beskrevet i *håndbok R761* (26).

4.3.3.4 Antennemaster

Plassering og høyde av antennemast(er) for Nødnett og kringkasting er kritisk i forhold til tunnelmunninger og basestasjoner i det fri.

Ved prosjektering av antennemaster skal mobiloperatørens behov for plass i antennemasten tas med i vurderingen.

4.3.3.5 Mobiltelefoni

Mobiltelefoni er en kommersiell tjeneste, og inngår ikke i sikkerhetsutrustningen i tunnel.

Nettoperatør for mobiltelefon har ansvaret for å planlegge, etablere og drifte eget mobiltelefoniutstyr i vegtunneler.

Ved nyanlegg skal det tidligst mulig innledes samarbeid med nettoperatørene for å avklare deres behov for utstyrs plass og øvrig infrastruktur. Nettoperatør skal gis tilgang til de tegninger og planskisser som er nødvendig for sin planlegging, og inviteres til nødvendige møter både på planleggingsstadiet og etter prosjektstart.

Tunneleier skal levere infrastruktur for mobiltelefoni etter gjeldende Avtale.

Ved etablering av mobiltelefoni i tunnel skal nettoperatørens byggeplaner godkjennes av tunneleier før nettoperatørene iverksetter sin utbygging i tunnelen.

4.3.4 Sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler

Ved sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler, skal de deler som oppgraderes følge de samme krav som gjelder for sikkerhetsutrustning i henhold til tabell 4.2 for nye tunneler. Unntatt er nødstasjoner, som kan monteres med avstand 250 m mellom hver i de tunneler som tidligere ikke har hatt nødstasjoner. I tunneler der avstanden mellom nødstasjoner / brannsløkkere var mer enn 250 m, fortettes nødstasjonene til en avstand 250 m mellom hver.

4.4 Trafikkstyring

4.4.1 Behovsanalyse

En behovsanalyse skal utføres som grunnlag for vurdering av nødvendig utstyr for trafikkstyring og hendelsesdetektering. Følgende aspekter klarlegges:

- Trafikkreguleringsprinsipper ved stengt tunnel
- Behov for overvåkings-, regulerings- og varslingsystemer for å ivareta trafikksikkerhet, optimal trafikkavvikling og fastsatte vegrams-krav for tunnelen.

Behovsanalysen bør utføres med utgangspunkt i følgende hovedelementer:

- Forventet hyppighet av trafikale hendelser, for eksempel bilbranner, ulykker med personskade, ulykker med materiell skade og kjøretøystopp i havarinisjer eller i kjørebanelen.
- Vegrams-krav som er satt til tunnelen.
- Strategi for gjennomføring av drifts- og vedlikeholdsarbeider i tunnelen
- Strategi for gjennomføring av rehabilitering.
- Miljø- og sikkerhetsmessige aspekter knyttet til aktuelle omkjøringstraséer for tunnelen
- Kapasitetsanalyser.

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

Behovsanalysen skal inneholde en nytte-/kostnadsanalyse av aktuelle trafikkovervåkings- og trafikkstyringskonsepter realisert med ulik automatiseringsgrad for trafikktekniske installasjoner. Eksempler er bruk av fjernstyrte bommer, kjørefeltsignaler og variable skilt.

Planlegging av trafikkstyringsanlegg skal utføres som en samlet prosess for hele veganlegget uavhengig av eventuell oppdeling av anlegget i delparseller eller lignende. Konsekvenser for etablerte vegtrafikksentraler (VTS) og/eller lokale driftsenheter skal avklares som en del av planleggingen.

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.

Installasjoner for trafikkstyringssystem som plasseres utenfor anleggsområdet, inklusive fremføring av tilførsels- og kommunikasjonskabler, skal betraktes som en del av tunnelanlegget.

Avklarte trafikkstyringsprinsipper utgjør et nødvendig grunnlag for utarbeidelse av beredskapsplan for tunnelanlegget. Se kapittel 10.

4.4.2 Trafikkstyringssystemer

Trafikkstyringssystemer knyttet til tunneler kan opereres på to måter:

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

Forhåndsprogrammerte tiltak iverksettes manuelt av operatør i vegtrafikksentral eller fra kontrollpaneler ute i tunnelanlegget. Det skal være mulig å åpne og stenge tunnelen fra manuelle nødstyreskap utenfor tunnelen. Nødstyreskapene skal også kunne benyttes for styring av lys og ventilasjonsanlegg i tunnelen.

Der automatiske trafikkstyringssystemer installeres etter at anlegget er åpnet, bør det i anleggsfasen legges til rette for en enkel ettermontering av anleggene, blant annet med trekkerørkapasitet og plassbehov for utstyr.

4.5 Brannsikring

4.5.1 Krav til brannmotstand for konstruksjoner

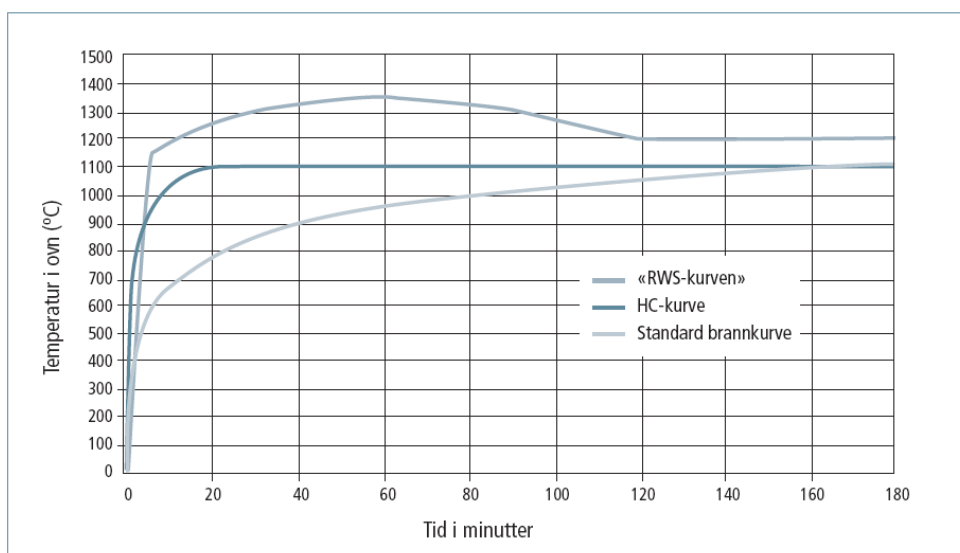
Dimensjonerende brann og krav til konstruksjoners brannmotstand er vist i tabell 4.3. Konstruksjoner der konsekvensene av en brann kan være vanninnbrudd eller tap av konstruksjonen skal dimensjoneres for en brannbelastning på minimum 200 MW i 2 timer (for eksempel senketunneler, rørbruer og betongtunneler direkte under bygninger). Branntesting av bærende elementer i disse konstruksjonene skal baseres på RWS-kurven (27), se figur 4.7.

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

For brannventilasjon og kabler som skal fungere i en brannsituasjon, se kapittel 9.

Tabell 4.3 Dimensjonerende brann.
Krav i henhold til standard tid- temperaturkurver (figur 4.7)

Tunnelklasse	Dimensjonerende branneffekt	Eksponerings- kurve	Tid (minutter)
A	20 MW	ISO 834	60
B	20 MW	ISO 834	60
C	50 MW	HC	60
D	100 MW	HC	60
E	50 MW	HC	60
F	100 MW	HC	60



Figur 4.7 Standard tid-temperaturkurver som benyttes ved brann dimensjonering.
 - Standard brannkurve iht. ISO 834 (28) og NS-EN 1363-1 (29)
 - Hydrocarbon- (HC-) kurven definert i ISO 834-3 (28) og NS-EN 1363-2 (29)
 - RWS-kurven (27).

4.5.2 Brannmotstand for vann- og frostsikringshvelv

Brannsikring av vann- og frostsikringskonstruksjoner skal følge brann teknisk dokumentasjon gitt i 4.5.1.

Ved bruk av brennbare isolasjonsmaterialer (PE-skum eller XPS) skal betong; prefabrikkert, støpt eller sprøytet benyttes som brann beskyttelse.

Betong til brannsikring av brennbare materialer skal tilsettes monofilament polypropylenfiber (pp-mikrofiber), se *håndbok R761* (26).

PP-mikrofiber skal også benyttes i betong brukt i portaler og føringskanter, for å motvirke skadelig avskalling ved en eventuell brann.

Ved lange, sammenhengende strekninger med brann sikret brennbart materiale skal det seksjoneres til berg ca. hver 250 m. Tekniske bygg og nødutganger skal skjermes spesielt.

Kravene gjelder for bygging av nye tunneler samt ved rehabilitering av eksisterende tunneler.

Brannsikring av endetettinger, plateskjøter samt etablering av brannsperrer og seksjonering er vist i prinsipp i *håndbok V520 Tunnelveiledning* (1).

Prosedyre for testing av brann tekniske egenskaper er gitt i *håndbok V520* (1).

5 SKILT OG SIGNALER

5.1 Generelt

Detaljerte regler er gitt i *håndbok N300 Trafikkskilt* (10), *håndbok N303 Trafikksignalanlegg* (12), *håndbok N302 Vegoppmerking* (11) og *håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr* (30).

Tidlig i arbeidet med prosjekteringen av tunnelen skal det utarbeides en detaljert skiltplan for tunnelen. Skiltplanen er vesentlig for utforming av tunnelen og kan være styrende for viktige byggetekniske forhold.

5.2 Trafikkskilt for tunneler

5.2.1 Trafikkskilt utenfor tunnel

Av trafikksikkerhetshensyn skal skilting nær tunnelåpningen reduseres til et minimum. Skiltingen vurderes for hver enkelt tunnel.

Skilt og signaler som er knyttet til tunnel og vanligvis plasseres nær tunnelinngangen, bør plasseres ved siste snumulighet eller vegkryss før tunnelen.

Håndbok N300 Trafikkskilt (10) gir krav om minimumsavstander mellom skilt, bestemmelser om skilt som kan plasseres på samme stolpe/mast og maksimalt antall skilt per stolpe.

Aktuelle skilt utenfor tunnel er (10):

Vegvisningsskilt 727.4 Tunnelnavnskilt	N300/4A
Fareskilt 122 Tunnel	N300/2
Markeringsskilt 908 Hindermarkering	N300/2

Følgende skilt benyttes der det er nødvendig på grunn av spesielle forhold (10):

Fareskilt 104.2 Bratt bakke	N300/2
Forbudsskilt 314 Høydegrense	N300/3
Forbudsskilt 334 Forbikjøringsforbud	N300/3
Forbudsskilt 335 Forbikjøringsforbud for lastebil	N300/3
Forbudsskilt 306.8 Forbudt for gående og syklende	N300/3
Forbudsskilt 308 Forbudt for transport av farlig gods	N300/3

Bommer skal ha påmontert skilt **908 Hindermarkering**, i fargene rødt og gult. For signal på bom, se *håndbok N303* (12).

Fareskilt **104 Bratt bakke** skal settes opp for tunneler som har større helningsgrad enn 5 %.

Nødtelefon og brannslukkere utenfor tunnelåpning (jf. kapittel 4) varsles med skilt, se 5.2.2.

5.2.2 Trafikkskilt i tunnel

Noe av sikkerhetsutrustningen i tunneler medfører et skiltbehov. Tabell 4.2 gir krav til skilt som inngår i sikkerhetsutrustningen i tunneler.

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

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

Fri høyde under sideplasserte skilt skal være minimum 2,0 m over skulder.

Følgende skilt er aktuelle inne i tunnel (10):

Opplysningsskilt 570.1 Nødutgang	N300/3
Opplysningsskilt 570.2 Retning og avstand til nærmeste nødutgang	N300/3
Opplysningsskilt 555 Havarilomme, med serviceskilt 600.21H	N300/3
Serviceskilt 605 Nødtelefon og 606 Brannslukningsapparat	N300/5
Serviceskilt 601 Radiokanal	N300/5
Markeringsskilt 916 Avstandsmarkering i tunnel	N300/2

Serviceskilt **601 Radiokanal** skal settes opp utenfor tunneler med innlagt kringkastingsanlegg. Det skal bare skiltes med frekvensen for NRK P1, som er offentlig beredskapskanal. Skiltet skal ikke kombineres med andre skilt.

I tunneler der en kan bryte inn med melding til trafikantene, skal skilt 601 gjentas inne i tunnelen for hver 500 m. Skiltet skal da kombineres med gult varselblinkanlegg som aktiveres når melding blir sendt. Skiltet med varselblink skal være tosidig eller det settes opp ett skilt med varselblink for hver kjøreretning.

Serviceskiltene **605 Nødtelefon** og **606 Brannslukningsapparat** skal være tosidig eller det settes opp ett skilt for hver kjøreretning.

Snunisjer i tunnel skal merkes med 2-posisjonsskilt, se *håndbok V321 Variable trafikkskilt* (31). Der disse skiltene suppleres med rødt stoppblinksignal (signal 1094), skal det fattes vedtak for signalene av Vegdirektoratet.

Overhengende skilts virkning på ventilasjonsanlegg og belysning skal vurderes spesielt.

5.3 Trafikksignalanlegg for tunneler

Krav er gitt i *håndbok N303 Trafikksignalanlegg* (12).

Tunneler skal være utstyrt med **signal 1094 Rødt stoppblinksignal** foran tunnelåpningene.

Rødt stoppblinksignal skal ha to horisontalt plasserte røde lyshoder, om nødvendig plassert på sort bakgrunnsskjerm. Signalene bør utstyres med underskilt 808 (12). Det skal ikke plasseres andre skilt på stolpen for rødt stoppblinksignal.

Rødt stoppblinksignal bør plasseres på begge sider av vegen der trafikken ønskes stoppet.

Signal 1098 Gult varselblinksignal skal brukes i forbindelse med skilt 601 Radiokanal (se 5.2.2).

Signal 1090 Kjørefeltsignal i forbindelse med tunneler skal kun benyttes for å angi unormal bruk av kjørefelt i enveiskjorte tunneler.

6 ARBEIDER FORAN STUFF OG STABILITETSSIKRING

6.1 Etablering av forskjæring og påhugg

Forskjæring og påhugg skal gis spesiell oppmerksomhet. En egen sprengnings- og sikringsplan skal utarbeides for sikre at stabiliteten ivaretas.

6.2 Arbeider foran stuff

6.2.1 Sonderboring

Sonderboring skal benyttes der det er behov for å skaffe opplysninger om bergkvalitet og vannlekkasjer foran stuff. Sonderboring utføres som slagboring eller kjerneboring. På basis av informasjonen tas det beslutning om det er behov for spesielle tiltak som for eksempel ytterligere sonderboring, forinjeksjon, forbolting, reduserte salvelengder mv.

Det skal gjennomføres systematisk sonderboring:

- i undersjøiske tunneler under kote 0 (sålenivå)
- for å unngå at tunnelen forårsaker uønsket grunnvannsenkning eller drenering i definerte områder
- der forundersøkelsene indikerer svakhetssoner og dårlig bergmassekvalitet generelt
- ved liten og usikker bergoverdekning
- ved spesielle geologiske forhold.

Start sonderboring vurderes spesielt, og skal starte minimum 25 meter før kritisk område.

Sonderboring skal utføres med Measurement while drilling (MWD) og boreparametertolkning.

Program for boreparametertolkning skal kalibreres for hver enkelt tunnelrigg og for representativ bergmasse på stedet. Programmet skal kunne presentere resultatene i 3D umiddelbart etter boring for å kunne gi et bilde av forholdene foran stuff.

6.2.2 Forinjeksjon

Forinjeksjon skal benyttes for å:

- hindre uønsket reduksjon av poretrykk i løsmasser og skadelige setninger
- hindre grunnvannsenkning og skader på ytre miljø
- ha kontroll på innlekkasje av vann i tunnelen.

For permanent tetting skal det benyttes sementbaserte injeksjonsmidler.

Ved planlegging og gjennomføring av et injeksjonsopplegg skal bl.a. følgende ivaretas:

- Injeksjonstrykk og stoppkriterier skal fastsettes
- Utforming og overlapp av injeksjonsskjerm tilpasses de stedlige forhold
- Boltelengde og injeksjonsskjerm skal tilpasses hverandre for å unngå punktering
- Injisering skal også foretas i stoffen
- Det skal stilles krav til injeksjonsmiddelets langtidsbestandighet
- Boring av kontrollhull skal ikke punktere skjermen.

6.3 Stabilitetssikring

6.3.1 Generelt

Bestemmelse av riktig sikringsmetode og sikringsomfang for permanent stabilitetssikring bygger på geologiske og geofysiske forundersøkelser kombinert med informasjon fra boringer og kartlegging i tunnel inkludert bergmasseklassifisering.

Sikringsklasser, med sikringsomfang og sikringsmetoder, bestemmes fra tabell 6.1 ved hjelp av bergmasseklasser.

Kontroll og godkjenning av utført permanent sikring skal utføres før tunnelen kles med vann- og frostsikring. Eventuell supplerende sikring utføres og dokumenteres.

Der to tunnellop drives parallelt, bør det være en avstand på minimum 50 meter mellom stuffene. Dette sikrer at erfaringene fra ett tunnellop kan nyttiggjøres i det andre, og at injeksjonsarbeider på en tunnelstuff ikke kommer i konflikt med arbeider på den andre.

Det skilles mellom stabilitetssikring ved 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, bergoverdekning og tunnelvernsnitt.

6.3.2 Grunnlag for bestemmelse av permanent sikring – fastsettelse av sikringsklasse

Det skal utføres geologisk kartlegging før påføring av sprøytebetong i hele tunnelens lengde som grunnlag for bestemmelse av stabilitetssikring og senere dokumentasjon av geologi og utført sikring. I byggefasen skal det derfor avsettes tilstrekkelig tid til geologisk kartlegging. Kartleggingen skal utføres etter at salven er utlastet og etter at det er utført forsvarlig driftsrensk.

Registreringen skal omfatte en generell geologisk kartlegging hvor bergart, strukturer, sprekkegeometri, bruddsoners orientering, bredde og eventuell leire klassifiseres. Spenningsforhold og vannlekkasjer skal vurderes og registreres.

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

Utført sikring, sammen med geologiske registreringer i tunnel, injeksjon, m.m. skal presenteres samlet (se kapittel 10).

Tabell 6.1 Sammenhengen mellom bergmasseklasser (Q-systemet) og sikringsklasser – permanent sikring

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 10 - 100	Sikringsklasse I – Spredt bolting – Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til minimum kjørebanelivå
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 - 1 m Q = 4 - 10	Sikringsklasse II – Systematisk bolting (c/c 2 m), – Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til kjørebanelivå
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 1 - 4	Sikringsklasse III – Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm – Systematisk bolting c/c 1,75 m
E	Svært dårlig bergmasse. Q = 0,2 - 1 ----- Q = 0,1 - 0,2	Sikringsklasse IV – Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm. – Systematisk bolting, c/c 1,5 m. ----- – Forbolting, ø32 mm, maks. c/c 300 mm – Armerte sprøytebetongbuer buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2-3 m, buene boltes systematisk, c/c bolt = 1,5 m, lengde 3-4 m – Systematisk bolting, c/c 1,5 m – Sålestøp vurderes
F	Ekstremt dårlig bergmasse. Q = 0,01 - 0,1	Sikringsklasse V – Forbolting, c/c 200 - 300 mm, ø32 mm eller stag (selvborende). – Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150-250 mm – Systematisk bolting, c/c 1,0 - 1,5 m, – Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c buer 1,5- 2m buene boltes systematisk, c/c 1,0 m, boltelengde 3-6 m – Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden.
G	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse, Q < 0,01	Sikringsklasse VI – Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt.

Kommentarer til tabell 6.1:

- Ved driving inn mot svakhetssoner og andre kritiske partier med sonderboring etableres en sikringssone foran svakhetssonen. Avstanden til svakhetssonen fra stoff bestemmes på grunnlag av tilgjengelig informasjon og grad av usikkerhet, men bør være minimum 8-10 meter. Her startes eventuell injeksjon og forbolting

- Salvestørrelse vurderes i forhold til bergmasseforhold og spennvidde. Salvelengden bør reduseres senest fra og med sikringsklasse IV
- Bolter til permanent sikring skal være gyst
- Ved bergtrykkproblemer brukes limte endeforankrede bolter eller annen bolt godkjent for bergspenninger. Endeforankret bolt til permanent sikring skal være limt og ikke mekanisk forankret.
- Sikringsopplegg i bergmasse med store deformasjoner på grunn av bergspenninger skal dimensjoneres spesielt
- Gitterbuer kan benyttes i stedet for dobbeltarmerte buer
- I sikringsklasse I kan behovet for systematisk bruk av sprøytebetong vurderes
- Sikringangivelse i tabellen gjelder tunneltversnitt T 8,5 – T12,5. Bergsikring i andre tverrsnitt skal dimensjoneres spesielt.

6.4 Krav til utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler

For undersjøiske tunneler skal det være beredskap på anlegget for å kunne håndtere rasutvikling, vanninnbrudd og for raskt å kunne foreta injeksjon.

Ved driving av den undersjøiske delen av tunnelen kreves støpeskjold i beredskap, eller en egen prosedyre for å erstatte støpeskjold med vurdering av innsatstid på bergsikring.

Undersjøiske tunneler injiseres systematisk der det er innlekkasjer. Tunnelriggen skal være utstyrt med operativt MWD-utstyr. Sonderborhull over og foran stoff skal utføres og kan være en del av injeksjonsskjermen. Pumpeanlegget skal ha tilstrekkelig kapasitet til å kunne ta en større lekkasje.

7 VANN- OG FROSTSIKRING I TUNNEL

7.1 Generelt

Vegtunneler skal sikres spesielt mot vann og is, det skal ikke være lekkasjevann eller isdannelse i trafikkrommet.

Lekkasjer i vegger og heng skal samles opp ved at det monteres en vanntett avskjerming som fører vannet ned til grøft og frostfritt ut av tunnelen via drenssystemet. Over gitte frostmengder skal avskjermingen/ hvelvet isoleres.

Vann- og frostsikringskonstruksjoner skal være godkjent av Vegdirektoratet.

Det skal etableres tett tilslutning mot berg/ sprøytebetong ved avslutning av en seksjon med vann- og frostsikring. Ved tilslutninger til andre konstruksjoner i tunnelen skal tilslutningen være vann- og lufttett.

Konstruksjonen skal bygges opp slik at kuldebroer unngås.

For frostsikring av drenssystem/grøfter og vegoverbygning, se kapittel 8.

For brannsikring av brennbar isolasjon vises til kap. 4.5.

7.2 Frost i tunneler

7.2.1 Frostmengde og frostinntrengning

Frostmengde for landets kommuner finnes fra tabeller i *håndbok N200 Vegbygging* (9), vedlegg 2. Frostisolasjonen for vann- og frostsikringshvelv skal dimensjoneres etter F_{10} ($h^{\circ}C$) og korreksjonsfaktor *maks.* for verdier mellom 1,0 og 1,5. For korreksjonsfaktor *maks.* med verdi $> 1,5$ vurderes frostmengden spesielt.

Frostmengden F_{10} ($h^{\circ}C$) på stedet (ved tunnelåpningene) kan legges til grunn der målinger er dokumentert.

Alle tunneler med lengde inntil 500 m skal dimensjoneres for frostmengden ute på grunn av usikkerheten knyttet til frostinntrengning.

For tunneler > 500 m skal frostinntrengningen vurderes i hvert enkelt tilfelle. Vurdering av lokale forhold skal legges til grunn kombinert med erfaringer fra tunneler med tilsvarende tunnelgeometri.

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

7.2.2 Frostisolasjon

Det skal benyttes godkjente isolasjonsmaterialer til frostsikring av tunnelhvelv.

Dimensjonerende varmeledningstall, λ , for frostisolasjonsmaterialene skal fastsettes i henhold til *NS-EN ISO 10456* (32) og test med bruksområde tilsvarende "Horisontalt i grunnen utendørs, drenert".

Frostisolasjonsmaterialene skal som minimum oppfylle krav i tabell 7.1.

Tabell 7.1 Krav til isolasjonsmaterialer (for tykkelse 50 mm):

Materiale	Dimensjonerende λ -verdi	Densitet	Vannabsorpsjon ved diffusjon
XPS	$\leq 0,039$ W/mK		< 3 vol% iht. <i>NS-EN 12088</i> (33)
PE-skum	$\leq 0,043$ W/mK	$30 \text{ kg/m}^3 \pm 2$	

PE-skum skal være av type kryssbundet.

Veiledende tykkelser for frostisolasjon ved ulike frostmengder er vist i *håndbok V520* (1).

Særskilte regler

Hvelv av betong eller nettarmert sprøytebetong (tykkelse ≥ 80 mm) kan benyttes uten isolasjon ved frostmengde $F_{10T} \leq 8\,000$ h°C.

For hvelv med PE-skum skal det benyttes PE-plater med minste tykkelse 45 mm.

PE-platene monteres enten med overlapp eller kant mot kant uten overlapp. PE-platene skal ha drensspor for vannavrenning.

For hvelv av lettbetongelementer gjelder krav i tabell 7.2. I tillegg skal punktlekkasjer ($\geq 0,3$ l/min.) avskjermes og føres ned til sålen med isolasjon (f.eks. PE-skum) der frostmengden $F_{10T} \geq 10\,000$ h°C.

Tabell 7.2 Data for termisk dimensjonering av lettbetongelementer

Frostmengde F_{10T} (h°C)	Lettbetongelementer Min. tykkelse (mm)	varmekonduktivitet λ W/(m·K)
$\leq 10\,000$	150	$\leq 0,6$
$\leq 15\,000$	200	$\leq 0,6$
$\leq 20\,000$	250	$\leq 0,6$

7.3 Valg av konstruksjon

Vann- og frostsikringskonstruksjonen skal beskytte mot vann/frost i trafikkrommet.

I tunnelklasse A og B skal det benyttes en gjennomgående føringskant av betong. Over føringskant og eventuelt betongelementer benyttes hvelv av sprøytebetong etter behov.

For tunneler i tunnelklasse C skal det i innkjøringssonene benyttes løsninger som inkluderer veggelementer av betong. Veggelementene skal minst benyttes til og med halve lengden av

overgangssone for belysning (figur 9.1). I øvrige del av tunnelen skal det benyttes føringskant av betong. Over føringskant og veggelementer benyttes hvelv av sprøytebetong.

For tunneler i tunnelklasse D, E og F skal det benyttes betongløsninger som inkluderer: helhvelv av prefabrikerte betongelementer eller helstøpt tunnelhvelv. Disse betongløsningene kan vurderes også for undersjøiske tunneler.

7.4 Laster og dimensjonering

Laster og grensetilstander mv. skal defineres i samsvar med *NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner* (17), og *NS-EN 1991 Laster på konstruksjoner* (34).

Følgende laster skal alltid vurderes:

- Permanente laster
 - Egenlast
 - Egenlast i midlertidige faser (produksjon, transport og montasje)
 - Innhengt last (last fra utstyr som henges i konstruksjonen)
 - Jordtrykk
- Variable laster
 - Trykk/sug-laster fra trafikk
 - Generell variabel last
 - Temperaturendringer
 - Laster i midlertidige faser (produksjon, transport og montasje)
- Deformasjonslaster
 - Svinn og kryp
 - Setninger
- Ulykkeslaster
 - Fall-last
 - Påkjøringslast.

Konstruksjonselementer skal være sikret mot påkjøringslaster på en slik måte at de ikke faller ned i trafikkrommet ved påkjørsel i tunnelen. Dette gjelder også tilstøtende deler.

Konstruksjonen skal ha funksjon som rekkverk.

Fester og fundamenter for hvelv og veggelementer av betong skal være dimensjonert og sikret slik at konstruksjonen ikke skyves inn ved påkjørsel før det er oppstått brudd i konstruksjonen.

Føringskanter av betong skal være sikret slik at de ikke skyves inn ved påkjørsel.

7.5 Andre konstruksjonskrav

7.5.1 Membraner

Det skal benyttes en heldekkende membran med sveiste skjøter. Andre skjøtemetoder skal være godkjent av Vegdirektoratet.

For konstruksjoner som er bygget opp med en ytterkledning (mot berg) som gir tilsvarende tetthet som en membran, gjelder ikke kravet om en heldekkende membran.

Membranentreprenøren skal ha godkjenning iht. Plan- og bygningsloven og skal dokumentere faglig kompetanse, samt tidligere erfaring fra montering av membraner i tunnel, eller tilsvarende.

For godkjennelse av de ulike produktene kreves dokumentasjon fra uavhengig prøvingslaboratorium.

Krav og spesifikasjoner

Egenskapene for membraner skal dokumenteres i henhold til krav til plastmembraner i tabell 7.3 og krav til asfaltmembraner i tabell 7.4.

Det skal foreligge en kvalitetssikringsprosedyre for å unngå punktering både i anleggsperioden og i driftsperioden, for eksempel ved inspeksjoner og prøvetaking.

Alle gjennomføringer skal vanntettes. Pakninger skal være av bestandig materiale med levetid som konstruksjonen for øvrig. Metode og utførelse skal være dokumentert.

Der plastmembran skjøtes med overlapp mot asfaltmembran på portal, etc. skal det benyttes en overgangsfolie som tåler begge materialene.

Plastmembraner

Følgende bruksområder gjelder for plastmembraner:

- Type I: Lagt på hvelv i tunnel eller på portal
- Type II: Betongutstøping med membran
- Type IIIa: Opphengt i bolter bak hvelv: armert (PVC)
- Type IIIb: Opphengt i bolter bak hvelv: homogen (PE-, PP-typer)

For betongutstøping under vanntrykk skal type membran, krav til tykkelse mv. vurderes spesielt. Ved betongutstøping skal betongunderlaget for membran avjevnes, og endestengene tilpasses på en slik måte at de ikke skader membranen.

Membraner til betongutstøping skal seksjoneres og være utstyrt med varslingsmekanisme som viser skader og rifter, det vil si membran med et signalsjikt eller en homogen, transparent membran.

Plastmembraner skal være dokumentert etter *NS-EN 13491 Geosyntetiske membraner* (35), type GBR-P (polymeric geosynthetic barrier) og krav gitt i tabell 7.3.

Tabell 7.3 Minimumskrav til plastmembraner. Testmetoder iht. *NS-EN 13491* (35)

Egenskap	Testmetode (GBR-P)	Enhet	Type I	Type II	Type III b (homogen)	Type III a (armert)
Tykkelse	NS-EN 1849-2	mm	≥ 1,0	≥ 2,0	≥ 1,5	≥ 1,1
Permeabilitet	NS-EN 14150		Bestått	Bestått	Bestått	Bestått
Strekkestyrke	NS-EN ISO 527-1 og 3, type 5, 100 mm/min.	MPa	≥ 18	≥ 40	≥ 35	
	NS-EN ISO 527-1 og 4, type 2, 50 mm, ved 5 mm/min. Eller NS-EN 12311-2	N/50mm				≥ 1000
Forlengelse	NS-EN ISO 527-1 og 3, type 5, 100 mm/min.	%	> 200	> 200	> 200	
	NS-EN ISO 527-1 og 4, type 2, 50 mm, ved 5 mm/min. Eller NS-EN 12311-2	%				≥ 15
Punkteringsmotstand	NS-EN ISO 12236	N	> 1500	> 3000	> 3000	> 5000
Rivemotstand	ISO 34-1, metode B, fig.2, 50 mm/min.	N	> 90	≥ 160	> 150	≥ 200
Kuldemykhet	NS-EN 495-5	°C	> - 25	> - 25	> - 25	> - 25
Mikroorganismer	NS-EN 12225		Bestått	Bestått	Bestått	Bestått
Oksidering	NS-EN 14575		Bestått	Bestått	Bestått	Bestått
Stress cracking	NS-EN 14576	Timer	≥ 300	≥ 300	≥ 300	≥ 300
Brannpåvirkning	NS-EN ISO 11925-2		Klasse E iht. NS-EN 13501-1			

For produksikring skal en prøve arkiveres for eventuell testing mot stikkprøver av senere leveranser. For membraner av PVC kan det i tillegg utføres test av migrasjon iht. *NS-EN ISO 177* (36). Testene skal utføres av uavhengige laboratorier.

Dersom membran av PVC blir liggende mot annen type plast (for eksempel XPS) skal det monteres en migrasjonssperre, for eksempel fiberduk.

Sveiset skjøt skal oppfylle følgende krav:

Skjærbrudd (*NS-EN 12317-2* (37)): > 500 N/50 mm

Skrellbrudd (*NS-EN 12316-2* (38)): > 100 N/50 mm.

Membranleverandøren skal utarbeide en prosedyre for monteringsfasen og hvordan senere reparasjoner skal foretas. Ved sveising av membranen skal sveiseegenskapene dokumenteres ved sveiseprøve i tunnel under de aktuelle temperaturforhold.

Sveising av membranen skal utføres med varmsveising. All skjøting med sveis på anlegget utføres med dobbel sveis. Tetthetskontroll av dobbel sveis skal utføres med trykkluftprøving.

Testtrykket skal være ca. 1 bar pr. mm tykkelse. Trykkfallet etter 10 minutter skal være mindre enn 15 %. Inntekking av detaljer kan utføres med enkel sveis.

For sveiser utført av leverandør på fabrikk aksepteres overlappsveis forutsatt at styrke og tetthet kan dokumenteres. Minste effektive bredde for overlappsveis skal være 30 mm.

Asfaltmembraner

Aktuelle typer av asfaltmembraner benyttet som vannsikring på portaler og betongtunneler er:

- 1: membran som helklebes i varm asfalt (tabell 7.4)
- 2: prefabrikkert asfaltmembran (*håndbok R762* (39); fuktisolering som er godkjent iht. *type A3-2*).

Asfaltmembraner type 1 skal være dokumentert etter *NS-EN 13491 Geosyntetiske membraner* (35), type GBR-B (bituminous geosynthetic barrier) og krav gitt i tabell 7.4.

Tabell 7.4 Minimumskrav til asfaltmembraner. Testmetoder iht. *NS-EN 13491* (35)

Egenskaper	Testmetode	Enhet	Type I
Tykkelse	NS-EN 1849-1	mm	4,0
Vanntetthet	NS-EN 14150		Bestått
Strekstyrke	NS-EN 12311-1	N/50 mm	800/750
Forlengelse	NS-EN 12311-1	%	30/30
Punkteringsstyrke	NS-EN ISO 12236	N	3000
Rivestyrke	NS-EN12310-1	N	≥ 120
Kuldemykhet	NS-EN 1109	°C	- 20
Oksidasjon	NS-EN 14575		Bestått
Brann	NS-EN ISO 11925-2		E

7.5.2 Forankringsbolter og festedetaljer

Forankringsbolter skal ha sikker forankring i berg. Innboringslengde i berg og forankringslengde skal være i henhold til opptredende laster og øvrige forutsetninger. Se *håndbok R761* (26).

I oppsprukket berg skal sikker forankring, for eksempel innstøpte bolter, vurderes spesielt.

Minste boltediameter skal være 16 mm. For betongelementhvelv skal boltediameter være minimum 25 mm.

Korrosjonsbeskyttelse

Forankringsbolter og festedetaljer av stål skal være rustfritt stål, kvalitet A4 iht. *NS-EN 3506 del 1 og 2* (40) og *NS-EN 10088* (41) nr. 1.4404 i tunneler i tunnelklasse D, E og F samt i spesielt korrosjonsfarlig miljø og alltid i saltvannsonen for undersjøiske tunneler.

I øvrige tunneler og tunnelklasser skal forankringsbolter og festebolter være varmforsinket iht. *NS-EN ISO 1461* (42) og i tillegg være pulverlakkert med epoxy iht. *NS-EN 13438* (43).

Ved kapping av bolter mv. vurderes om det er behov for ekstra korrosjonsbeskyttelse av snittflater.

7.5.3 Hvelv av betongelementer

Veggelementer skal gis en høyde som tilsvarer 3,5 m over skulder.

Krav til konstruksjon, materialer og utførelse

- Blandeanlegg for produksjon av betongelementer skal være overvåket og sertifisert av et kontrollorgan i henhold til NS-EN 206 (44).
- Konstruksjonen som helhet skal ligge innenfor toleranser gitt i tabell 7.5. I tillegg gjelder toleranse for fugebredde og fugesprang. Elementstørrelse skal tilpasses horisontal og vertikal kurvatur.

Tabell 7.5 Toleranser for avvik i plassering

Type avvik	Tillatt avvik (mm)
Plassering horisontalt i forhold til en referanselinje (*)	± 25
Plassering vertikalt i forhold til en referanselinje	± 25
Fugebredde	+15, -12
Fugesprang begge sider	± 10

(*) Tillatt avvik er resultatet av totalt avvik for begge sider, slik at avstanden mellom elementene i taket ikke overstiger 25 mm.

- Det skal benyttes armeringsstoler av betong i samme betongkvalitet som elementene.
- Det skal benyttes formolje som ikke gir misfarging eller skjolder.
- Nødvendige herdetiltak skal gjennomføres for å unngå opprissing i tidlig fase.
- Det skal ikke benyttes herdemembran på forskaledede flater når avforming utføres etter at betongen er herdnet.
- Nominell fugebredde skal være 20 mm.
- Alle fuger skal være tette.
- Fugetetting med forsegling skal tilfredsstillende følgende krav:
 - Bestandig i forhold til normalt vedlikehold (høytrykkspyling)
 - Oppta bevegelser i fugen.
- Der veggelementer brukes i kombinasjon med hvelv av sprøytebetong skal forsegling av veggelementfugene som er sammenfallende med dilatasjonsfuger, utføres etter at det meste av svinnet i sprøytebetonghvelvet er utviklet.

Grenseverdier w_{max} for beregningsmessig karakteristisk rissvidde w_k iht. *NS-EN 1992-1-1* (45) skal være tilfredsstillende.

7.5.4 Hvelv av sprøytebetong

Hvelv av sprøytebetong skal utføres med nettarmoring.

Hvelv av sprøytebetong skal monteres over føringskant av betong, eller i kombinasjon med veggelementer av betong.

Hvelv av sprøytebetong forankres til bolter med sikker forankring i berg. For nettarmerte hvelv av sprøytebetong isolert med PE-skum gjelder følgende to tilfeller:

1. Boltemønster 1,2 m x 1,2 m. Det benyttes armeringsnett med dimensjon ikke mindre enn K-131, kvalitet B500A (B) iht. *NS 3576-1 og 4* (46). Sprøytebetongtykkelse minimum 80 mm.
2. Boltemønster 1,375 m x 1,375 m. Det benyttes armeringsnett med dimensjon ikke mindre enn K-189, kvalitet B500A (B) iht. *NS 3576-1 og 4* (46). Sprøytebetongtykkelse minimum 85 mm.

Hvelv av sprøytebetong med membran som vannsikring skal monteres iht. tilfelle 1.

Toleranser for sprøytebetongtykkelse skal være ± 10 mm. Det skal tas hensyn til toleransene ved beregning av egenlast og dimensjonering. Dette innebærer at maksimum tykkelse benyttes for beregning av egenvekt og minimum tykkelse benyttes ved dimensjoneringskontroll.

Grenseverdier w_{\max} for beregningsmessig karakteristisk rissvidde w_k iht. *NS-EN 1992-1-1* (45) skal være tilfredsstillt. Bestandighetsklasse M45 gjelder generelt. Når vanntett membran benyttes kan avrettingslag før montering av membranen være bestandighetsklasse M60.

Nysprøytet betong skal beskyttes mot vesentlig uttørking, minimum de første fire døgn etter sprøyting.

Utførelse

- Forankringslengde for bolter skal være minimum 500 mm i fast berg.
- Avstanden mellom nett og isolasjonsmateriale eller membran skal være minimum 20 mm. Normalt benyttes nominell overdekning 25 mm med toleranse ± 5 mm. Ved dimensjonering skal det tas hensyn til toleranse på plassering av armering i tverrsnittet.
- Nettarmeringen skal festes med egnete armeringsplugger for å unngå vibrasjoner under sprøyting og for å sikre overdekningen til armeringen. Armeringspluggene monteres med maksimal avstand 600×600 mm.
- Kraftoverføring mellom hvelv av sprøytebetong og bergbolt skal sikres ved å benytte egnet forbindelsesmiddel i stål (1). Ståldelene skal være enkle å sprøyte inn. Delene skal korrosjonsbeskyttes (se 7.5.2).

Det skal etableres dilatasjonsfuger, med avstand 30 – 40 m (1).

7.5.5 Føringskant av betong

Føringskanter av betong skal bygges med frostbestandig betong iht. *håndbok R762* (39).

Føringskant av betong skal ha høyde på minimum 0,9 m over skulder (1).

8. DRENERING, VEGFUNDAMENT OG VEGDEKKE

8.1. Drenssystem

8.1.1 Generelt

Vannlekkasjer i tunnel skal føres frostsikkert ut av tunnelen via drenssystemet. Lekkasjer i vegger og heng skal samles opp ved at det monteres en avskjerming som fører vannet ned til grøft (se kapittel 7). Vannlekkasjer i såle skal samles opp via et drenslag som plasseres over planum (avrettet traubunn), eller ved at de løssprengte massene fjernes og erstattes med drenerende masser (pukk/kult) opp til planumsnivå.

Det skal etableres et separat system for overvann og oppsamling av vann fra vasking av tunnelen. Alternativt kan det etableres et system for oppsamling av vaskevann utenfor tunnelen. Systemet skal utformes slik at eventuelle brannfarlige og giftige væsker hindres i å spre seg i tunnelen eller mellom tunnelløp. Se Vedlegg 3 for utslipp av vann og krav til rensing.

8.1.2 Vannmengder, ledningsdimensjoner og kummer

Når tunnelen er drevet vil fordelingen mellom våte og tørre partier og samlet mengde vann være kjent. Først da vil rørdimensjoner mv. for drenssystemet kunne fastsettes endelig. Hvilke områder som er tørre/våte er ofte avhengig av årstid, nedbørintensitet samt at lekkasjer flytter på seg.

Ved dimensjonering av drenssystem skal følgende forhold vurderes:

- Forventet lekkasje og mulige endringer i lekkasjer over tid
- Nedslagsfelt og nedbørsmengder 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
- Frostsikring av drenssystemet, inklusive kummer

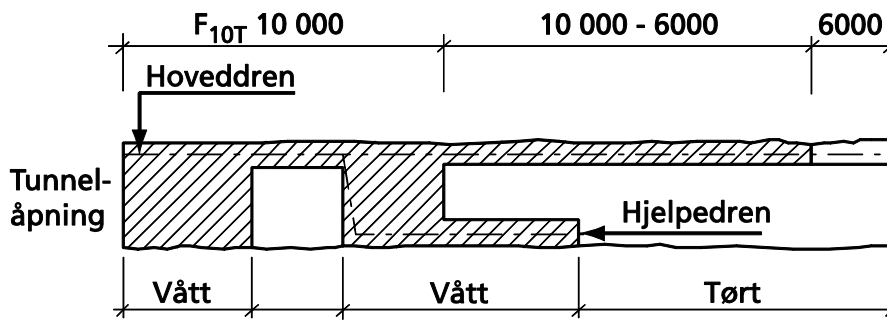
Drensrør av plast i hovedgrøft skal ha en innvendig diameter på minimum 150 mm.

Drensrør av plast i hjelpegrøft skal ha innvendig diameter på minimum 100 mm.

Drensrør av betong i hovedgrøft skal ha en innvendig diameter på minimum 200 mm.

Drensrør av betong i hjelpegrøft skal ha innvendig diameter på minimum 150 mm.

Det skal benyttes en egen transportledning, i tillegg til drensledningen, fra det sted i tunnelen der samlet lekkasje fører til at 50 % eller mer av drensledningens kapasitet er utnyttet. En egen transportledning bør bygges ved lange strekninger med lite fall og med fare for tilslamming i drensledningen. Alternativt kan det vurderes å øke dimensjonen på drensledningen for å begrense lengden med egen transportledning.



Figur 8.2 Prinsipp for frostsikring av grøft og såle: skraverte felt, ved bruk av isolasjon (lengdesnitt tunnel, sett overfra).

[F_{10T} erstattes med F_{DimT} , som er F_{100} eller F_{10} . Se *håndbok N200* (9).]

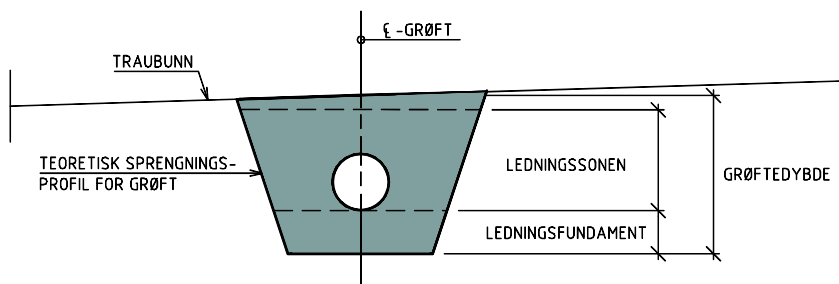
8.2.2 Fundament, omfylling og frostsikring for ledninger

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.

Dersom frostmengden i tunnelen (F_{DimT} iht. *N200* (9)) 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.

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

Frostmengde i tunnel, F_{DimT} (h°C) (9)	Minimum avstand fra topp ferdig veg til underkant ledningsfundament (m)	Kommentar
< 6 000	-	Ingen krav til frostsikring
6 000 – 10 000	1,0	
10 000 – 15 000	1,5	
> 15 000	-	Grøft og kummer skal alltid frostisoleres



Figur 8.3 Prinsippsskisse, grøftedybde

Ved bruk av isolert vegfundament 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.

8.2.3 Utforming av frostsikring

Til frostsikring av grøfter skal det fortrinnsvis benyttes skumglassgranulat eller lettklinker. Generelt om tekniske krav til skumglass/lettklinker, se *N200* (9). Generelt om komprimering av lettklinker og skumglass, se *håndbok V221* (47).

I de tilfeller isolasjonsplater benyttes til frostsikring skal det benyttes ekstrudert polystyren (XPS) med korttids trykkfasthet på minimum 500 kPa dokumentert i henhold til *NS-EN ISO 826* (48). Tykkelsen på isolasjonsplatene skal minimum være 50 mm. Ved isolasjon av grøftene skal isolasjonen legges dypest mulig i grøfta. Det skal settes krav til forsiktig komprimering av massene over platene slik at platene ikke overbelastes. Krav til materialer i kontakt med isolasjonsplater er gitt i *håndbok N200* (9).

8.3 System for oppsamling av overflatevann og vaskevann

8.3.1 Ledninger og sandfang

Dimensjon på ledninger for oppsamling av vaskevann skal ha innvendig diameter på minimum 150 mm.

På ledning for oppsamling av overflatevann og vann fra vask av tunnelen skal det monteres sandfang med største avstand 80 m. Sandfangene plasseres fortrinnsvis midt mellom inspeksjonskummene på drensledningen. Av driftshensyn bør sandfang anlegges i eller ved havarinisjene.

Sandfangene skal ha tett bunn. Høyden fra bunn til underkant utløpsrør er gitt i *håndbok N200* (9).

Sandfangene skal utstyres med dykker, utført i brannsikkert materiale. Dette fordi at eventuell lekkasje av antente brannfarlige væsker ikke spres til andre deler av tunnelrommet.

I lavbrekk kan det være aktuelt å etablere doble sandfang for å øke sikkerhet for at kjeftesluk skal kunne ta unna vaskevann, men også større væskelekkasjer etter eventuelle uhell (tankbiler mv.).

8.3.2 Sluk

I tunneler med kantstein skal det monteres sluk for å lede overflatevannet og vaskevannet til sandfangene. Det skal benyttes en sluktype som integreres i skulder/kantstein og som tar hensyn til plassbehovet for trekkerør mv. som legges forbi sluket. Sluktypen skal være enkel å åpne og vedlikeholde for å sikre åpent nedløp.

I bytunneler samles det spesielt mye søppel. I lavbrekk er det viktig at slukene ikke er underdimensjonert, da faren for vanndammer og oversvømmelser er spesielt stor i bunnen av tunnelen.

8.3.3 Generelt om spyling/vask og utslipp

Generelt skal tunnelen spyles/vaskes så ofte at det ikke kreves spesielle tiltak for å samle opp vannet utenfor tunnelen. Utslipp og tiltak mot forurensning, se vedlegg 3.

8.4 Kummer for slokkevann

Separate kummer for slokkevann (se 4.3.2.4) betinger at det er etablert et eget lukket system for oppsamling av vaskevann (se 8.3). Vaskevannsledningen kan samle opp eventuelle brannfarlige væsker og føre disse utenom slokkevannskummene.

Kummene skal plasseres i tilknytning til havarinisjene. Løsningen kan være en alternativ brannvannforsyning til hydranter og vanntankvogn, men skal vurderes i samråd med brannvesenet.

Kummene kan også benyttes til etterfylling ved vask av tunnelen. Det kreves store volum og vaskevannet skal ha drikkevannskvalitet og være kvalitetssikret i forhold til utslipp mot resipient.

8.5 Pumpestasjoner og pumpeledninger

Pumpestasjonen består som regel av pumpearrangement og pumpemagasin. I tillegg kommer egen slamutskiller, eventuelt oljeutskiller for å beskytte pumper.

Pumper skal være tørroppstilte. Størrelse og antall pumpestasjoner skal bestemmes ut fra stedlige forhold, totalt energiforbruk, drift og vedlikehold, sikkerhets- og beredskapsnivå. Det skal stilles høye krav til driftssikkerhet og til materialkvaliteter. Materialkvaliteter skal være tilpasset vannkvalitet, saltinnhold, krav til levetid mv.

Gulv i teknisk rom skal plasseres minimum 1 m over kjørebanelen slik at pumpene ikke settes ut av drift ved uforutsett oversvømmelse av pumpestasjonen. For utforming, se kapittel 3.

Pumpeledninger bør utføres i plast så lenge krav til trykkklasse kan oppfylles.

Pumpemagasinene skal ikke ha mindre totalvolum enn 24 timers innlekkasje. Pumpene skal dimensjoneres med 50 % reservekapasitet.

Kapasitet for pumpesummer bør være oppgitt volum inklusive rom for vaskevann, og beregnes ut fra sedimentering ca. 4–6 uker før gradvis utpumping.

Lekkasjevann bør pumpes trinnvis ut av tunnelen. Det bør plasseres en pumpestasjon når trykklassen er i underkant av PN 10, det vil si en løftehøyde på ca. 80 m. Dette muliggjør bruk av enkelt pumpeutstyr.

Det bør legges til rette for at vannet kan pumpes ut i begge retninger. I tillegg bør det i undersjøiske tunneler, innenfor hver av tunnelportalene, plasseres en enkel pumpestasjon med tilhørende kummer og sluker, for å fange opp og pumpe ut overflatevann.

8.6 Vegfundament og vegdekke

8.6.1 Generelt

Dimensjonering av vegoverbygning i tunnel er generelt beskrevet i *håndbok N200* (9).

I det følgende beskrives krav til valg av løsning, materialer og utførelse av vegfundament i tunnel.

Valg av oppbygning for vegfundamentet bestemmer tykkelsen av samlet vegoverbygning og dermed nivå for teoretisk sprengningsprofil (planum/traubunnnivå i tunnelsålen, se figur 8.1). Ved valg av materialer og oppbygning skal det derfor gjøres en teknisk/økonomisk vurdering der alle forhold som påvirkes av nivå for planum trekkes inn. I tillegg til selve vegfundamentet gjelder dette blant annet følgende forhold:

- Kostnader for sprengning og utlasting
- Behov for tiltak mot telehiv og iskjøving
- 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.

Vegoverbygningen skal sikres mot telehiv og iskjøving. Dette kan gjøres ved å fjerne telefarlige masser, og/eller ved å fjerne tilgangen på vann, og/eller ved å hindre frosten i å trenge inn. Behov for tiltak skal vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Ut fra de krav som er satt til fri høyde 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.

8.6.2 Planum (traubunn)

Teoretisk sprengningsprofil (sammenfallende med planum dvs. traubunn) skal legges på et nivå som gir plass til valgt vegoverbygning, og skal ha ensidig fall på minst 3 %. Ved etablering av planum skal behovet for utlasting av overskuddsmasser og oppfylling med egnede masser vurderes ut fra de gjenværende massenes telefarlighet, bæreevnegruppe (jf. *håndbok N200* (9)) og drenevne, og dreneringsforholdene i bergsålen for øvrig.

For å redusere behov for frostsikring kan det være nødvendig med utlasting av all sprengsteinsmasse (med vanlige renskekrav), gjenstøping av groper i sålen, eventuelt pigging, for å sikre gode drencforhold, og tilføring av drenerende materialer (pukk, kult).

Rensk av tunnelsåle og oppbygging til avrettet traubunn med tilførte materialer er også omtalt under.

8.6.3 Frostsikring, generelt

Dersom det kan dokumenteres tørre strekninger i sålen kan frostsikring sløyfes på disse strekningene, se også figur 8.2.

For frostsikring av vegfundamentet skal dimensjonerende frostmengde F_{DimT} (*håndbok N200* (9), *vedlegg 2*) tilsvare F_{100} for tunneler på veg med $\dot{A}DT > 8000$ og fire eller flere kjørefelt (to-løps tunneler), og F_{10} for veg med $\dot{A}DT$ inntil 8000. Dersom det kan dokumenteres lavere frostmengde/frostinntrengning i tunnelen, legges denne til grunn for dimensjoneringen og betegnes F_{DimT} .

8.6.4 Overbygning ved $F_{DimT} \leq 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$

Det kreves ikke frostsikring for veg i tunnel hvor F_{DimT} er $\leq 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$ (9).

Forsterkningslaget i tunneler skal bestå av åpne og velgraderte materialer da laget også fungerer som et drenslag i sålenivå. Av den grunn skal deklartert verdi for finstoffinnholdet (*NS-EN 13242* (49)) ikke overstige 3 % for samfengt tilslag og ikke overstige 2 % for grovt tilslag. Minimum tykkelse er 250 mm. Forsterkningslag skal rettes av med knust berg (Fk) eller knust asfalt (Ak), se *N200* (9). Korngradering og mengde tilpasses slik at forsterkningslaget "mettes" og forkiles i toppen.

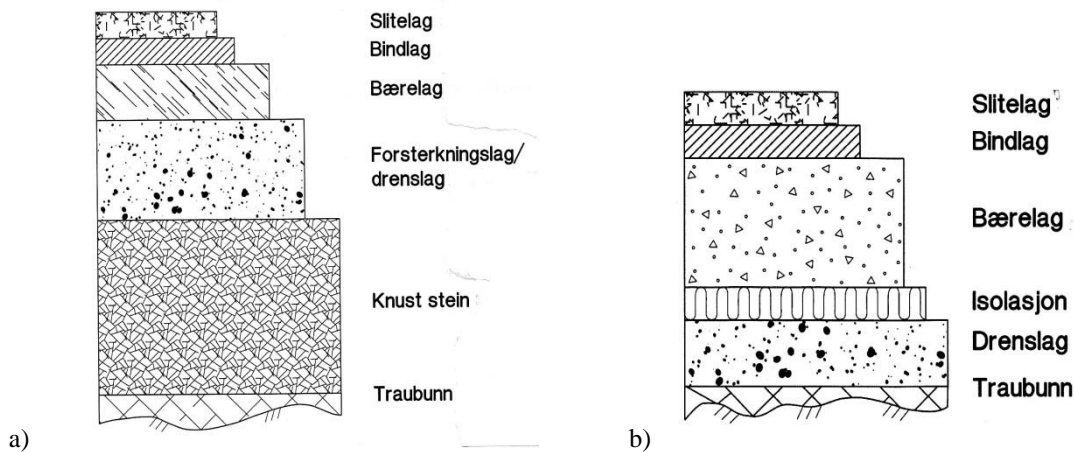
Bærelag, bindlag og slitelag velges i henhold til *håndbok N200* (9). Bærelagets tykkelse skal minimum være 90 mm. For bærelag av betong gjelder spesielle krav gitt under.

8.6.5 Overbygning ved $F_{DimT} > 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$

Ved frostmengde $F_{DimT} > 10\,000\text{ h}^\circ\text{C}$ skal vegoverbygningen utformes slik at risikoen for telehiv og iskjøving er liten. Dette kan i prinsippet oppnås ved flere alternative utførelser. Noen utførelser er beskrevet i det følgende:

- Finrensk av tunnelsåle og oppbygging til avrettet planum med drenerende, ikke telefarlige masser
- Frostsikring med lettklinker/skumglass
- Isolasjonsplater av ekstrudert polystyren og bærelag av betong.

Ved store frostmengder skal frostsikringen i munningene vurderes spesielt. Ved bruk av frostsikret overbygning bør overgangen til veg i dagen sikres for å unngå ising.



Figur 8.4 Eksempler på frostsikret overbygning i tunnel, med frostsikringslag (a), eller isolasjonsmaterialer (b).

8.6.5.1 Finrensk av tunnelsåle og oppbygging med tilførte materialer

Tunnelsålen skal renskes slik at det maksimalt blir liggende 50 mm tunnelmasser på tunnelsålen (vanlig renskekrav). I tillegg skal det ved sprengning av tverrgrøfter eller andre tiltak, f.eks. gjenstøping av groper, sikres at mengden vann som som kan bli stående på tunnelsålen er ubetydelig.

På rensket tunnelsåle bygges det opp til planum med tilførte, godt drenerende materialer som skal være i bæreevnegruppe 1, se *håndbok N200* (9).

For krav til tykkelse, materialvalg og utførelse av forsterkningslag og bærelag, se *N200* (9).

8.6.5.2 Frostsikring med lettklinker eller skumglass

Generelt om frostsikring med lettklinker eller skumglass, se *håndbok N200* (9).

8.6.5.3 Frostsikring med isolasjonsplater av ekstrudert polystyren (XPS)

Oppbygging med isolasjonsplater er vist i prinsipp på figur 8.4b. Over platene brukes betong, uarmert (jf. *håndbok N200* (9)) eller betong, armert. Frostsikringen skal omfatte hele tunnelbredden og omfatte tiltak som sikrer mot kuldebroer.

Dersom det kan dokumenteres tørre strekninger i sålen, kan frostsikring sløyfes på disse strekningene, se figur 8.4. I disse tilfellene gjelder kravene gitt i 8.6.4.

Drenslag og isolasjon

Over traubunnen [planum] skal det legges et drenslag med minimum tykkelse 100 mm inklusive avretting. Det skal benyttes stabile materialer som samtidig er drenerende.

Drenslaget skal ha så god jevnhet at det ikke er risiko for at isolasjonsplater knekker under utlegging eller komprimering av bærelaget.

Isolasjonsplater til frostsikring skal være av ekstrudert polystyren (XPS) med fals. Korttids trykkfasthet skal være 700 kPa, dokumentert ved prøving i henhold til *NS-EN ISO 826* (48).

Bærelag av betong

Bærelag av betong tillates lagt direkte på isolasjonsplater av XPS uten forsterkningslag. Se *N200* (9) (uarmert). Armert betongbærelag kan være et alternativ. Uansett alternativ som velges skal behov for, og beskrivelse av, fuger og dybler mv. beskrives i det enkelte tilfelle.

Klebing mellom bærelag og overliggende bituminøse lag er beskrevet i *N200* (9).

Bindlag og slitelag velges i henhold til *håndbok N200* (9).

9 TEKNISKE ANLEGG

9.1 Generelt

9.1.1 Generelle krav til elektrotekniske anlegg

Alt utstyr som benyttes skal være i samsvar med forskrift om elektrisk utstyr (FEU). Utstyret skal tilfredsstillere relevante europeiske produktnormer eller NEK normer som implementerer europeiske normer, og være CE-merket. I tillegg skal det foreligge en erklæring om samsvar fra produsent i henhold til de gitte kravene.

Elektriske anlegg eller utstyr skal ikke sende ut elektromagnetisk stråling som kan eller vil påvirke nødkommunikasjon og/eller kringkasting i tunnelen (FEL).

Maskiner som ventilasjonssystemer, pumpeanlegg, bomber osv skal tilfredsstillere forskrift om maskiner. Styringstavler, og andre styrefunksjoner inkludert eventuell styring fra vegtrafikkentral er en del av maskinen. Maskinen skal være CE-merket og det skal foreligge en erklæring om samsvar inklusive relevante normer for maskinen som helhet (ferdig sammenstilt). Videre skal det sammen med maskinleveransen leveres dokumentasjon i henhold til forskrift om maskiner.

Levetid skal vurderes for de enkelte utstyrskomponenter, basert på betraktninger omkring levetidskostnader. Anbefalt dimensjonert levetid for en del utstyrskomponenter er vist i *håndbok V520* (1).

Etter tunnelen er ferdig utrustet skal det minimum være tre ledige trekkerør med dimensjon 110 mm for fremtidig bruk.

9.1.2 Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning

Atmosfæren i tunneler er korrosiv. Dette skyldes kondensering av vann fra varm, fuktig luft, og salt. Vann i tunnelrommet kan være svakt surt på grunn av salpetersyrling og salpetersyre fra nitrøse gasser i eksosen. Kabelbruer, festebolter, lysarmaturer, nødstasjoner, skilt, dører, rammer og håndtak leveres i rustfritt stål i henhold til *NS-EN 10088* (41), nummer 1.4404. Festemateriell skal være i rustfritt stål A4-80 i henhold til *NS-EN-ISO 3506* (40).

Unntak fra dette kan være:

- LED-armaturer dersom det etableres galvanisk skille mellom armaturene og kabelbruer
- Ventilasjonsvifter som er tilsvarende korrosjonsbeskyttet på annen angitt måte.

9.1.3 Kapslingsgrad

Alt utstyr i tunnelen skal ha en kapslingsgrad mot inntrengning av støv på IP6X, og mot inntrengning av vann på minimum IPX5.

9.1.4 Kabler

Kabler som skal benyttes i tunnel inndeles i kabelklassene 1, 2 og 3 definert av Statens vegvesen, avhengig av hvilke krav som settes. Kabler skal under normal bruk ikke varig belastes høyere enn 80 % av kablernes kapasitet.

Kablernes skjøter og ende-tilkoblingspunkter skal beskyttes mot vann/fuktighet for å hindre korrosjon.

Kabler lagt i egen kabelgrøft gir best beskyttelse mot brann og skader ved påkjørsel. For åpen forlegning av kabler skal det skilles mellom kabler som forsyner utstyr som skal fungere i en brannsituasjon (kabelklasse 3) og kabler til ikke-kritisk utstyr (kabelklasse 2).

Kabler skal merkes for å skille de enkeltes kabelklasser. Kabelklasse 3 bør ha fargekoding.

Kabler i tunnelen skal seksjoneres slik at ved brudd på en eller flere kabler i en seksjon skal de andre seksjonene fortsatt fungere. Anlegget skal være funksjonsdyktig også ved lokale brudd.

Kabelklasse 1

Gjelder kabler som avgir mye røyk og irriterende avgasser ved eventuell brann. Kablene benyttes i grøft, i trekkerør forlagt i grøft samt der hvor kablene er forlagt i andre brannsikre føringsystemer.

Kabler skal tilfredsstillende de relevante kravene i NEK (1).

Kabelklasse 2

Gjelder kabler for ikke-kritisk utstyr på åpen forlegning. Kablene skal være røyksvake i en brannsituasjon, ofte benevnt «halogenfrie» og være flammehemmet i henhold til følgende testmetodestandarder:

Flammehemming: *NEK IEC 60332-1-2* (50)

Brannspredning på stige: *NEK IEC 60332-3-24* (50) (Kategori C)

Korrosive gasser: *NEK IEC 60754-1* (51) med krav til max 0,5 % HCl-innhold og *NEK IEC 60754-2*.

Røykutvikling: *NEK IEC 61034-2* (52) Det aksepteres at 1 ¼ toms strålekabler med diameter < 40 mm oppfyller *NEK IEC 61034-2* testet med kun en kabellengde, og ikke to sammenbuntede lengder som spesifisert i testen.

Strålekabler skal ha følgende maksimum toleranser: Strekningstap ± 5 %, koblingstap ± 10 db.

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 i henhold til *IEC 60331* (53) Part 2 og/eller Part 21.

9.1.5 Tekniske bygg

Tekniske rom og tavlerom skal ha temperatur tilpasset det utstyret som skal installeres. Inneklima skal være tørt uten forekommende korrosive eller forurensende stoffer og med ubetydelig mengde støv som sikrer kapslingsgrad IP2X.

Der det installeres kjøleanlegg for å holde riktig driftstemperatur, skal det være et system for automatisk varsling dersom kjøleanlegget faller ut.

Tekniske bygg i tunneler skal bygges med et antall tekniske rom etter behov, og det skal tas hensyn til eventuelle fremtidige utskiftninger og utvidelser. Alle rom skal ha dør ut i det «fri», og dørene skal slå ut av rommene. Dør til nettstasjon skal være dobbel med bredde 2 m.

Rommene skal ha en høyde på 3 m og bør ha følgende minimum areal (innvendige mål):

- | | |
|--------------------------|---------|
| 1. Nettstasjon (trafo): | 5 x 5 m |
| 2. Lavspenning tavlerom: | 5 x 5 m |
| 3. Nødstrøm/UPS: | 4 x 5 m |
| 4. Batterirom: | 3 x 5 m |
| 5. Radio og nødnett: | 3 x 5 m |
| 6. Mobil: | 3 x 5 m |

Ut fra krav til brannsikkerhet skal tekniske bygg bygges i betong. Dører til tekniske rom skal ha brannmotstand EI 60. Hvert av rommene i teknisk bygg skal være egne brannceller.

Tekniske rom skal ha datagulv, med tilstrekkelig styrke.

Adgangskontroll skal inngå i planleggingen.

9.2 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 sikker strømforsyning. Sikker strømforsyning vurderes på bakgrunn av en risikoanalyse.

For nødstrømforsyning, se 4.3.2.

9.3 Belysning

9.3.1 Generelt

Vegtunneler med lengde over 100 meter skal ha belysning.

Tunneler som har gang-/sykkeltrafikk skal belyses dersom lengden er over ca. 25 m.

Rømningstunneler og nødutganger skal ha et lysnivå på ca. 1 lux på gulvnivå (23).

Se også *håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning* (54).

9.3.2 Belysningens kvalitet

Den som skal prosjektere et tunnelbelysningsanlegg skal ha dokumenterbar kompetanse som autorisert belysningsplanlegger for utendørs belysning eller tilsvarende. Det skal alltid foretas lysberegninger før installasjon av et belysningsanlegg.

Kjørebaneluminans

Tunnelens ulike belysningssoner har ulike krav til belysningen, som angitt nedenfor.

Lengden på innkjøringssonen fra tunnelportalen og innover i tunnelen er gitt i tabell 9.1. Belysningen i innkjøringssonen skal dimensjoneres i forhold til lysnivået utenfor tunnelen.

Lysnivået, adaptasjonsluminansen og metoder for beregning av adaptasjonsluminansen er vist i *håndbok V124* (54).

Tabell 9.1 Lengden på tunnelens innkjøringssone, som er lik avstanden fra tunnelåpningen til målepunktet for adaptasjonsluminansen (begge er lik stoppsikt).

Fartsgrense (km/t)	Avstand (m)
50	45
60	60
70	80
80	100
90	130
100	160

Det skal ikke regnes med adaptasjonsluminans høyere enn 8 000 cd/m². Det skal heller ikke regnes med lavere verdi enn 1 000 cd/m².

Tabell 9.2 Krav til midlere kjørebaneluminans i innkjøringssonens første halvdel om dagen - angitt som prosent av adaptasjonsluminansen, og i indre sone dag og natt - angitt i cd/m². Kravene er gitt for ÅDT(10).

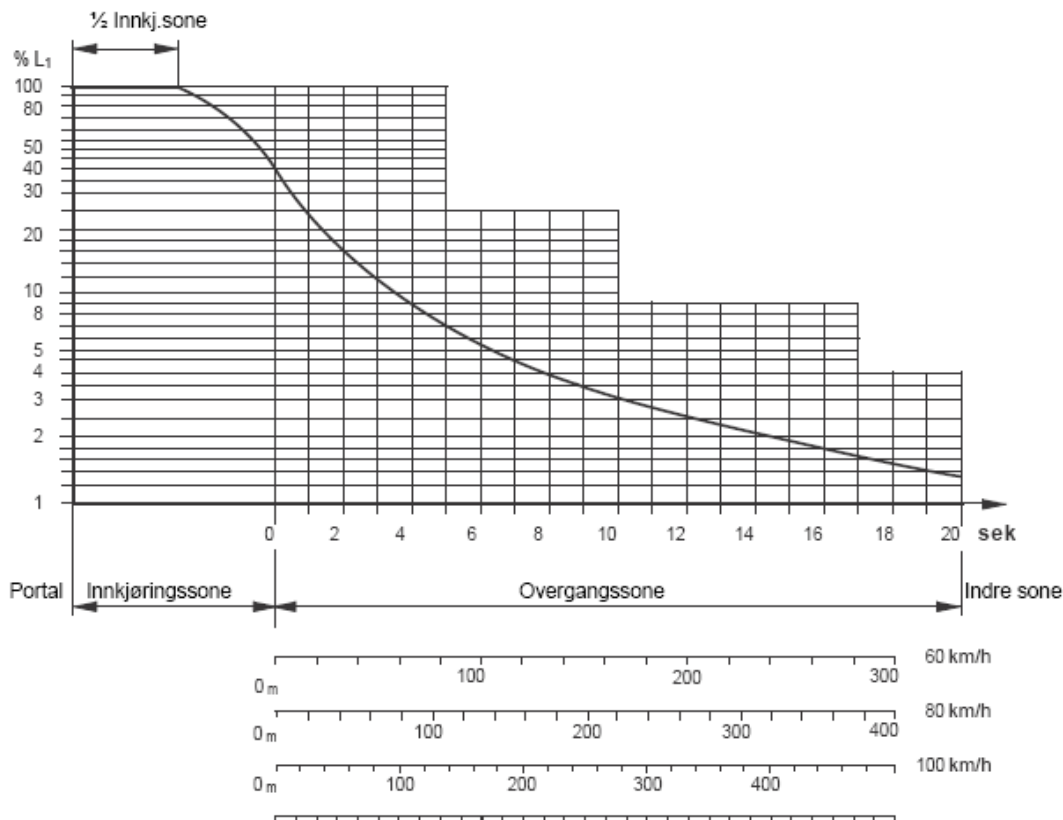
ÅDT(10)	< 4 000		4 000 – 12 000		> 12 000	
	Sone Fartsgr. 60 km/t	80 km/t	60 km/t	80 km/t	80 km/t	100 km/t
Innkjøringssone dag	2,00 %	3,00 %	3,00 %	4,0 %	5,0 %	7,0 %
Indre sone dag	2,00 cd/m ²	2,00 cd/m ²	2,00 cd/m ²	2,00 cd/m ²	4,00 cd/m ²	4,00 cd/m ²
Alle sone natt	1,00 cd/m ²	1,00 cd/m ²	1,00 cd/m ²	1,00 cd/m ²	2,00 cd/m ²	2,00 cd/m ²

Kommentarer til tabell 9.2:

- Krav til luminans ved annen fartsgrense finnes ved ekstrapolering/interpolering av kravene i tabellen
- I tunneler uten gang- og sykkeltrafikk og ÅDT(10) < 2500 tillates midlere luminans 0,5 cd/m² om natten og i indre sone om dagen.
- I svært lange tunneler kan midlere luminans reduseres til 50 % av kravet i tabellen etter 60 sekunder kjøreavstand fra tunnelinngangen. Midlere luminans skal likevel ikke i være lavere enn 0,5 cd/m².

Verdiene i tabell 9.2 er opprettholdte driftsverdier og luminanskravene skal oppfylles i hele belyningsanleggets levetid. I lysberegningene skal det derfor legges inn en vedlikeholdsfaktor som kompenserer for armaturens lystilbakegang som følge av elding og tilsmussing. Veiledning om valg av vedlikeholdsfaktor er gitt i *håndbok V124* (54).

Luminansreduksjonskurven for dagslysforhold, figur 9.1, viser hvilke luminansnivåer (i prosent av innkjøringssonens luminans) som minst skal være opprettholdt i overgangssonen mellom innkjøringssonen og indre sone.



Figur 9.1 Luminansreduksjonskurve for dagslysforhold

- I innkjøringssonens første halvdel skal midlere luminans L_1 være minst så høy som angitt i tabell 9.2. I innkjøringssonens andre halvdel kan luminansnivået gradvis reduseres til 40 % av L_1 .
- I overgangssonen reduseres luminansnivået gradvis fra 40 % av L_1 til indre sonens luminansnivå.
- Overgangskurven kan avsluttes/kuttes ved 6 cd/m² der indre sonens luminans på dagtid er 2 cd/m², og kurven kan kuttes ved 8 cd/m² når indre sonens luminans på dagtid er 4 cd/m² eller høyere.
- Første armatur kan plasseres inntil 4 m innenfor tunnelåpningen når det benyttes symmetrisk belysning og 8 m innenfor tunnelåpningen når det benyttes motlysarmaturer.

Når en belyst tunnel ligger på en ubelyst veg skal det være en overgangssone utenfor tunnelen hvor belyningsnivået reduseres i samsvar med reglene for vegbelysning.

Kjørebaneluminansjevnhet for tunneler med ÅDT > 2500

I indre sone skal den totale luminansjevnhet være:

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

I indre sone skal den langsgående luminansjevnhet være:

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

Blendingsbegrensning

I tunneler bør ikke synsnedsettende blanding TI (Threshold Increment) være over 6 %. Se for øvrig *håndbok V124* (54).

Lyskilder og armaturer

Ugunstige armaturavstander som kan skape flimmereffekt bør unngås. For lyskilder og armaturer, se *håndbok V124* (54).

9.3.3 Lysstyring

Løsninger for styring av belysningen i innkjørings- og overgangssonen skal velges ut ifra LCC-beregninger og veiledning som er gitt i *håndbok V124* (54)

9.3.4 Belysning av tunnelveggene

Tunnelveggene skal belyses i 2 m høyde. Gjennomsnittlig belysningsstyrke på denne delen av veggene skal ikke være lavere enn 60 % av gjennomsnittlig belysningsstyrke på nærmeste kjørefelt.

9.3.5 Belysning av nisjer, ramper og dører til rømningsveier

Havarinisjer, snunisjer og ramper skal belyses særskilt slik at de visuelt skiller seg ut fra tunnelen for øvrig. Dette skal gjennomføres ved å montere ekstra, skråstilte lysarmaturer som gir tilleggsbelysning av nisjer og ramper. Lysfarge skal være den samme som tunnelbelysningen for øvrig.

Dører som fører ut av tunnelen (rømning) skal markeres med grønt lys over og på begge sider av døren som markerer utgangen.

9.3.6 Sikkerhetsbelysning

Sikkerhetsbelysningen skal arrangeres slik at hver fjerde armatur (eller armaturpar) i grunnbelysningen fortsetter å lyse i minimum 60 min. etter at hovedstrømmen til tunnelen har falt ut. Dersom dette innebærer at avstanden mellom armaturene/armaturparene blir mindre enn 50 m bør avstanden økes til 50 m.

9.4 Ventilasjon

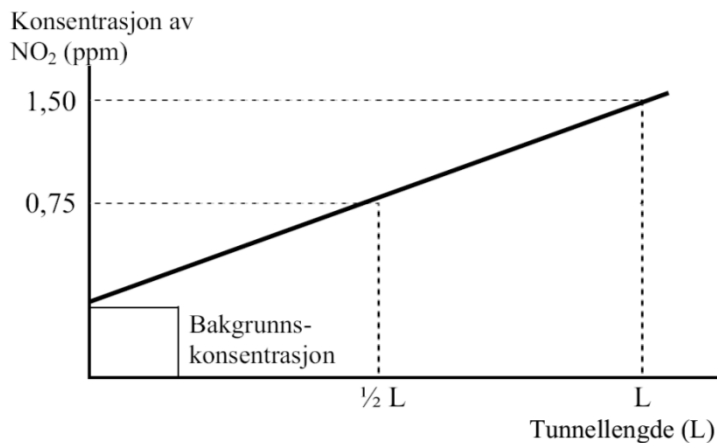
9.4.1 Generelt

Ventilasjonsanlegg skal monteres i tunneler med lengde over 1000 m når ÅDT er > 1000 . Ventilasjonsanlegget skal da dimensjoneres for brann og for beregnet forurensningsnivå 10 år etter åpningsåret ($\text{ÅDT}(10)$).

Luftkvaliteten skal overvåkes med måleutstyr for CO og NO₂ (eller eventuelt NO). Se V520 (1) for måleområder og forslag til plassering av måleutstyr.

9.4.2 Krav til luftkvalitet i tunneler

Ved langslufting øker forurensningsgraden i tunnelens lengderetning. Ved dimensjonering av nødvendig friskluftsbehov skal det tas hensyn til bakgrunnskonsentrasjonen ved tunnelmunningen som skyldes utslipp fra transport, industri og nærliggende tunnelportaler. Bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂ måles kontinuerlig i de største norske byene. Registrert luftkvalitet siste tre måneder finnes på www.luftkvalitet.info/.



Figur 9.2 Dimensjonerende NO₂-konsentrasjon i tunneler

Tabell 9.3 Dimensjonerende konsentrasjoner av NO₂, NO, CO og siktforurensning

	Dimensjonerende konsentrasjoner	Forutsetninger
NO_x	$C_{\text{NO}_x} = 10 \text{ ppm}$	Ved 10 % tungtrafikk
NO₂	$C_{\text{NO}_2} = 1,5 \text{ ppm}$	Verdien er basert på en antatt NO ₂ -andel på 15 % av NO _x . Der NO ₂ -konsentrasjonen overstiger 0,75 ppm midt i tunnelen skal det utløses alarm på VTS, og ventilasjonsanlegget bør reguleres automatisk til maksimal kapasitet. Tunnelen skal stenges for trafikk hvis konsentrasjonen i midtpunktet ikke faller under 0,75 ppm i løpet av 15 min.
NO	$C_{\text{NO}} = 8,5 \text{ ppm}$	Verdien er basert på en antatt NO-andel på 85 % av NO _x
CO	$C_{\text{CO}} = 50 \text{ ppm}$	Dersom CO-konsentrasjonen overstiger 50 ppm skal tunnelen stenges for trafikk. Grunnen er at denne konsentrasjonen bare oppstår ved brann, stillestående kø eller ved alvorlig feil i ventilasjonsanlegget.
Sikt	$C_{\text{sikt}} = 1,0 \text{ mg/m}^3$	Vekt av svevestøv (PM ₁₀)

Tabell 9.4 Dimensjonerende luftkvalitetsnivå i tunneler som er tillatt for gående og syklende

Lengde (km)	CO (ppm)	NO (ppm)
0 - 4	25	2

9.4.3 Mekanisk ventilasjon

Ventilasjonsystemet dimensjoneres ut fra krav til luftkvalitet (9.4.2) og krav til brannventilasjon (9.4.4).

Nødvendig ventilasjonskapasitet (lufthastighet) oppnås ved bruk av impulsventilatorer. Ventilasjonsanlegget skal være reversibelt og ha nødvendig kapasitet for å kunne ventilere i begge retninger.

Avstanden mellom impulsventilatorene i tunnelens lengderetning bør være minst 60 meter for å oppnå jevn og stabil luftstrøm mellom hver vifte eller viftegruppe. Ventilatorene bør monteres minst 30 m fra start av havarinisjer og andre utvidelser av tunnelprofilen. For å unngå redusert virkningsgrad når to eller flere ventilatorer monteres i samme profil, bør ikke senteravstanden mellom ventilatorene være mindre enn 2 x diameter på viftehjulet.

Se V520 (1) for beregning av nødvendig friskluftbehov og styring av ventilasjonsanlegget.

9.4.4 Brannventilasjon

Tabell 9.5 inneholder krav til minimum brannventilasjon i tunneler med stigning under 2 %.

Tabell 9.5 Dimensjoneringskrav for brannventilasjon i tunneler med stigning ≤ 2 %

Tunnelklasse	Tunnellengde	Dimensjonerende branneffekt	Eksponeringskurve *	Tid (minutter)	Minimum lufthastighet
A	> 1,0 km	20 MW	ISO 834	60	2,5 m/s
B	> 1,0 km	20 MW	ISO 834	60	3,0 m/s
C	0,5 – 1,0 km	20 MW	HC	60	3,0 m/s
	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,5 m/s
D	0,5 – 1,0 km	50 MW	HC	60	3,5 m/s
	> 1,0 km	100 MW	HC	60	4,5 m/s
E	0,5 – 1,0 km	20 MW	HC	60	3,0 m/s
	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,5 m/s
F	0,5 – 1,0 km	20 MW	HC	60	3,0 m/s
	1,0 – 2,0 km	50 MW	HC	60	3,5 m/s
	> 2 km	100 MW	HC	60	4,5 m/s

* Eksponeringskurver, se kap. 4.5

Ved stigning over 2 % skal nødvendig lufthastighet beregnes. I V520 (1) er det gitt en beregningsmodell som kan brukes til å anslå nødvendig lufthastighet for tunneler med lengde over 500 m og stigning over 2 %.

Ventilasjonsstyring og valg av ventilasjonsretning i tunneler med toveistrafikk skal avklares med lokal brannmyndighet.

Tunneler med enveistrafikk og ramper skal ventileres i samme retning som trafikken ved brann.

I toløpstunneler skal ventilasjonsanlegget ved brann styres slik at røyken ikke trekkes inn i det løpet som brukes til rømning. Dette krever reversible impulsventilatorer. Ventilasjonsanlegget bør styres slik at rømningsvegen får et overtrykk på 50 – 100 Pascal der dette er mulig.

I tunneler med rundkjøringer, kryss eller av- og påkjøringsramper bør det settes opp faste programmer for styring av ventilasjonsanlegget ved brann i ulike deler av tunnelsystemet.

Styring av ventilasjonsretning ved brann

Ventilasjonsanlegg i vegtunneler skal være reverserbare og skal dimensjoneres for å kunne styre røyken i ønsket retning, basert på dimensjonerende brannbelastning.

For toløps vegtunneler med envegs trafikk, bør ventilasjonsretning og kjøreretning være sammenfallende.

For ettløps vegtunneler med tovegs trafikk, som ikke er utstyrt med utstyr som gjør det mulig å identifisere brannstedet og forholdene på begge sider av brannstedet, bør det velges en fast og forutbestemt ventilasjonsretning. Dette gir et enkelt og robust styringssystem som gjør at målrettede tiltak for røykstyring kan besluttes og iverksettes raskt i en kritisk fase. Valg av forutbestemt ventilasjonsretning skal skje i samråd med brannvesenet med utgangspunkt i hva som er mest hensiktsmessig i forhold til redning og slukking.

For ettløps vegtunneler med tovegs trafikk, som er utstyrt med utstyr som kan identifisere brannstedet og forholdene på begge sider av brannstedet, kan det vurderes om ventilasjonsretning skal kunne velges ut fra hva som gir korteste avstand fra brannstedet og til røyken er ute av tunnelen. Dette forutsetter at brannstedet og områdene på begge sider av brannstedet kan identifiseres på en måte som tilsier at dette vil være hensiktsmessig i forhold til redning og slukking.

Hvis ventilasjonsanlegget er i driftsmodus når en brannsituasjon oppstår bør samme ventilasjonsretning i utgangspunktet videreføres. Eventuelle endring av ventilasjonsretning i slike tilfeller, bør bare skje i samråd med skadestedsledelse/brannvesen når disse har tilstrekkelig oversikt over situasjonen og vurdert konsekvensen av en slik beslutning.

9.4.5 Krav til ventilatorer

Impulsventilatorer

Ved valg av ventilatordimensjon og motoreffekt, skal det legges stor vekt på levetidskostnader som omfatter 20 års energikostnader, overførings- og effektagifter, tilsyn og vedlikehold av ventilasjonsanlegget i tillegg til kostnader til innkjøp, montering, elektroinstallasjoner og styring. Motorlager og viftehjul skal dimensjoneres for minst 20 års levetid uten behov for lagerskift eller avbalansering på grunn av slitasje eller korrosjon.

Maksimalt lydnivå fra hver ventilator skal ikke overstige 85 dB(A) i 3 m avstand og 45° vinkel med ventilatorens lengdeakse. Avstanden måles fra senter i ventilatorens utløpsflate. For

symmetriske ventilatorer gjelder støykravet i begge driftsretningene. Ventilatorleverandøren skal levere dokumentasjon av støymålinger for tilsvarende ventilator. Eventuelle kontrollmålinger utføres før ventilatoren monteres i tunnelen.

Brannklasse for impulsventilatorer

I *NS-EN 12101-3* (55) er det definert tre alternative brannklasser for ventilatorer:

- F200: 200 °C i to timer
- F300: 300 °C i en time
- F400: 400 °C i to timer.

Valg av brannklasse til ventilatorene skal vurderes for hver enkelt tunnel.

Ved dimensjonerende branneffekt på 20 MW er det ikke behov for brannklasse, fordi en standard ventilator vil fungere i over en time ved denne branneffekten.

Ved dimensjonerende branneffekt > 20 MW skal brannklasse F200, F300 eller F400 vurderes. Ved vurdering av brannklasse skal det tas hensyn til at impulsventilatorer får redusert skyvkraft i den varme røyken like ved brannstedet.

Montering av flere standard impulsventilatorer bør vurderes som alternativ til ventilatorer med brannklasse. Sikkerheten ved brann kan også heves ved å plassere ventilatorene i flere grupper i stor avstand, slik at bare en del av ventilatorene får redusert skyvkraft eller blir satt ut av drift ved brann.

I tunneler med stigning over 2 %, er det som regel ikke behov for å kreve brannklasse hvis det ventileres oppover, fordi oppdrift fra røyken kompenserer for utfall av ventilatorer etter hvert som branneffekten øker.

Ventilatorene skal ha sikker strømforsyning ved aktuelle røyktemperaturer. For krav til kabler, se 9.1.4.

10 DOKUMENTASJON OG BEREDSKAPSPLAN

For at tunnelforvalter i driftsfasen skal få den dokumentasjonen som er nødvendig og pålagt i lover og forskrifter, har prosjektet ansvar for å få tilrettelagt dokumentasjon. Dette inkluderer dokumenterte rutiner for drift og vedlikehold av installasjoner, utstyr og strukturelle elementer. Dette innebærer at tunnelforvalter i driftsfase, sammen med personell fra driftsorganisasjonen og personell med geologisk kompetanse på inspeksjon av berg og konstruksjonselementer involveres i utarbeidelsen og kontroll av dokumentasjonen. Dokumentasjon skal legges inn og følges opp ved bruk av forvaltning-, drift- og vedlikeholdssystemet (Plania). Prosjektet er ansvarlig for at nødvendige rutiner er på plass i systemet tre måneder før åpning. Ved byggestart skal tunnel, tunnelløp og utvalgte objekter være lagt inn i NVDB med status arbeidsvei (Ea, Ra eller Fa).

Sluttdokumentasjonen skal inneholde all nødvendig forvaltning-, drift- og vedlikeholds-dokumentasjon og rutinebeskrivelser for å følge opp konstruksjoner, installasjoner og utstyr, samt samsvarserklæringer, geologisk kartlegging, rapport over bergforholdene og utført sikring. Dokumentasjonen skal angi inspeksjonsrutiner både når det gjelder behov, hyppighet, hvordan, og omtale aktuelle områder, konstruksjoner, installasjoner og/eller utstyr som krever spesiell oppfølging og ettersyn. Dokumentasjonen deles opp i systemnivå med underliggende objekter.

Dokumentasjon som er nødvendig for å inngå kontrakter for drift og vedlikehold, inkludert driftsinstrukser, skal leveres minimum tre måneder før åpning slik at driftsorganisasjonen har tilstrekkelig tid til å inngå slike kontrakter.

Drift og vedlikeholdsrutinene skal sørge for at sikkerhetsnivået som er bygget inn i tunnelen opprettholdes ved at forutsatte funksjonskrav opprettholdes og at funksjonssikkerheten ivaretas.

Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold (56) fastsetter til enhver tid de krav som gjelder for drift og vedlikehold.

Før tunnelen overleveres skal det gjennomføres SAT (Site Acceptance Test) og UAT (User Acceptance Test). SAT skal være ferdigstilt minimum 4 uker før åpning. UAT skal gjennomføres over en periode på minimum 4 uker. Plan for gjennomføring av SAT og UAT skal avklares og dokumenteres sammen med tunnelforvalter og driftsorganisasjon minimum 3 måneder før åpning.

Teknisk sluttrapport

Det skal utarbeides en teknisk sluttrapport senest tre måneder etter at prosjektet er overlevert. Sluttrapporten føres etter fastlagt mal.

Teknisk sluttrapport skal:

- Inneholde geologisk/ingeniørgeologisk dokumentasjon med kartlegging og beskrivelse, rapport over bergforholdene og samlet utført sikring (for eksempel Novapoint Tunnel: Geologi og bergsikring). Bakgrunns materialet skal også inkluderes og arkiveres. Den

elektroniske dokumentasjonen skal være søkbar og klargjort for lagring i Statens vegvesens database-løsninger.

- Angi inspeksjonsrutiner både når det gjelder behov, hyppighet og spesielt beskrive områder som krever spesiell oppfølging.
- Inneholde eventuelle avvik i utførte sikringsmengder og sikringsmetoder i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunnlaget, med begrunnelse.
- Sørge for at alle elektrotekniske anlegg verifiseres etter kravene i relevante forskrifter og normer.
- Underskrives av prosjektleder og den som har faglig ansvar for bergsikringsarbeidet.

Elektrotekniske anlegg

Verifikasjon av elektrotekniske anlegg skal være basert på visuell kontroll, målinger, tester og/eller relevante beregninger. Verifikasjon av elektriske lavspenningsanlegg skal foretas iht. metodene beskrevet i *NEK 400-6* (24). Verifikasjonene skal foretas av sakkyndige personer med kompetanse innen verifikasjon.

For elektriske lavspenninginstallasjoner og lavspennings forsyningsanlegg skal det utarbeides en erklæring om samsvar. Denne erklæringen skal utarbeides både av prosjekterende og utførende virksomhet.

Maskiner skal CE-merkes og det skal utarbeides en samsvarserklæring for maskinen. Denne erklæringen skal utarbeides av den ansvarlige juridiske person for maskinen. Dette kan f.eks. være maskinprodusent, prosjekterende virksomhet, utførende virksomhet eller Statens vegvesen som byggherre.

Valg av kabler og vern, samt innstilling av stillbare vern skal dokumenteres i beregningsprogrammet «Febdok». Spenningsfallsberegninger som viser at leverandørens krav er ivaretatt skal også foreligge.

Det skal foreligge dokumentasjon på at EMC-direktivets krav til støy er ivaretatt. Teknisk utstyr skal ikke sende ut elektromagnetisk stråling som kan eller vil påvirke nødkommunikasjon og/eller kringkasting i tunnelen.

Det skal dokumenteres at alt teknisk utstyr er i samsvar med de relevante kravene i denne håndboka med spesiell fokus på kapittel 9 Tekniske anlegg.

All dokumentasjon skal overleveres byggherre i elektronisk form.

Lysanlegg skal dokumenteres iht. FEL og *NEK 400* (24). Øvrig dokumentasjon skal være iht. de relevante kravene beskrevet i håndbok *V124* (54).

Fordelingstavler skal dokumenteres iht. FEU og NEK 439-serien, relevante deler.

Fordelingstavler for elektriske lavspenningsanlegg skal tilfredsstillende tilleggskravene gitt i *NEK 400* (24). Fordelingstavler for maskiner skal tilfredsstillende tilleggskravene gitt i *NEK EN 60204-1* (57).

Maskiner med utrustning skal dokumenteres iht. kravene i Forskrift om maskiner og *NEK EN 60204-1* (57). For ventilasjonsanlegg skal det i tillegg dokumenteres at alle relevante kravene i denne håndboka er tilfredsstilt. For pumpestasjoner skal det i tillegg dokumenteres at alle relevante kravene i denne håndboka er tilfredsstilt.

Det skal gjennom produsentens produktblad dokumenteres at kabler tilfredsstiller de relevante kravene nevnt i kapittel 9. Gjennom Febdok-dokumentasjon skal det fremgå at belastningsgraden for kabler tilfredsstiller kravene til maksimalt 80 % av kablernes strømføringssevne under normal drift.

Elektrisk utstyr skal være CE-merket og produsentens samsvarserklæring skal medfølge produktet.

Nødstrømsanlegg skal dokumenteres iht. FEL og *NEK 400* (24). For nødstrømsanlegg skal det dokumenteres at alle relevante krav i denne håndboka er tilfredsstilt.

Dokumentasjonen skal inneholde resultatet av en gjennomført RCM-analyse som utgangspunkt for vedlikeholdsprosedyrer for utstyr og anlegg.

Beredskapsplan

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

For tunneler < 500 m vurderes det i hvert enkelt tilfelle om det skal utarbeides en forenklet beredskapsplan. Vurderingen gjøres sammen med brannvesenet, politiet og AMK (akuttmedisinske kommunikasjonsentraler).

Beredskapsplanen for tunneler består i hovedsak av:

- En beskrivelse av tunnelen, utstyret i tunnelen, omkjøringsmuligheter og disponibelt innsatsutstyr
- En risikoanalyse
- Beredskapsrutiner for hendelser og svikt i det tekniske utstyret, inkludert sikkerhetsutstyret, og med korrektive tiltak for mulige hendelser i tunnel.
- Beskrivelse av sentrale og 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 utvikles videre i byggefasen og revideres etter behov.

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

For mer informasjon om beredskapsplan og for gjennomføring av øvelser henvises det til *håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler* (58).

REFERANSER

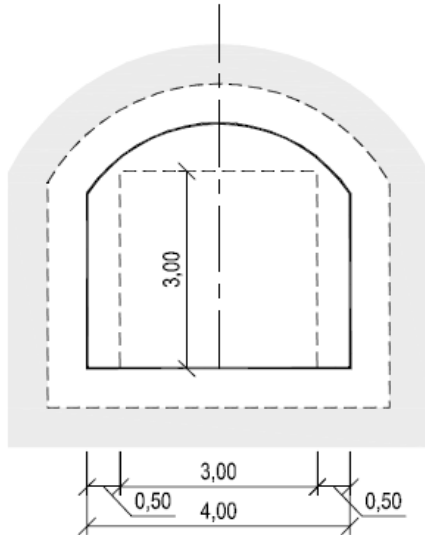
1. Håndbok V520 Tunnelveiledning. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (under utarbeidelse).
2. Håndbok V521 Geologi og bergsikring. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (under utarbeidelse).
3. Håndbok V710 Oversiktsplanlegging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2000.
4. Håndbok V712 Konsekvensanalyser. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2006.
5. Håndbok R760 Styring av vegprosjekter. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
6. Håndbok V7xx Vegrams-analyser, -revisjoner og -inspeksjoner. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (under utarbeidelse)
7. Håndbok N100 Veg- og gateutforming. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2013
8. Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2013.
9. Håndbok N200 Vegbygging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2014.
10. Håndbok N300 Trafikkskilt, del 1–5. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
11. Håndbok N302 Vegoppmerking. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2001.
12. Håndbok N303 Trafikksignalanlegg. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
13. Håndbok N400 Bruprosjektering. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2009.
14. Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2010.
15. www.statkart.no
16. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, del 1 Allmenne regler. NS-EN 1997-1:2004+NA:2008. Norsk Standard. 2004
17. Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. NS-EN 1990:2002+NA:2008. Norsk Standard. 2002.
18. Rømningslys i vegtunneler. NS-EN 16276. Norsk standard 2013.
19. Veiledning om tekniske krav til byggverk. Kapittel 11 Sikkerhet ved brann (REI 120-M og EI 60). Direktoratet for byggkvalitet 2012.
20. Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler. FOR 2007-05-15 nr. 517.
21. Håndbok V 721 Risikovurdering i vegtrafikken. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2007.
22. Håndbok V720 Trafikksikkerhetsrevisjoner og -inspeksjoner. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2014.
23. Anvendt belysning – Nødbelysning. NS-EN 1838. Norsk standard 2013.
24. Elektriske lavspenningsinstallasjoner. NEK 400. Norsk standard 2014.
25. Brannmateriell. Håndsløkkere. NS-EN 3-, Norsk standard.
26. Håndbok R761 Prosesskode 1. Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
27. Rijkswaterstaat (The Directorate-General of Public Works and Water Management, The Netherlands) RWS-kurven.
28. Fire resistance test – Elements of building construction. ISO 834. ISO standard 1999. ISO 834-3 Commentary on test method and guide to the application of the outputs from the fire-resistance test. ISO standard 2012.
29. Prøving av brannmotstand. NS-EN 1363. Del 1 Generelle krav. Norsk standard 2012. Del 2 Alternative prosedyrer og tilleggsprosedyrer. Norsk standard 1999.
30. Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2011.

31. Håndbok V321 Variable trafikkskilt. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2013.
32. Byggematerialer og -produkter. Prosedyrer for bestemmelse av deklarererte og praktiske termiske verdier. NS-EN ISO 10456. Norsk standard 2000.
33. Varmeisoleringsprodukter til bruk i bygninger. Bestemmelse av langtids vannabsorpsjon ved diffusjon. NS-EN 12088: 2013. Norsk standard 2013.
34. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-1 Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger. NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008. Norsk Standard. 2002.
35. Geosyntetiske membraner. Krav til egenskaper ved bygging av tunneler og tilhørende undergrunnskonstruksjoner. NS-EN 13491. Norsk standard 2013.
36. Plast: Bestemmelse av migrering av myknere. NS-EN ISO 177. Norsk standard 2001.
37. Tetningsmaterialer på rull. Bestemmelse av skjærstyrke i skjøt. NS-EN 12317-2. Norsk standard 2000.
38. Tetningsmaterialer på rull. Bestemmelse av spaltestyrke i skjøt. NS-EN 12316-2. Norsk standard 2000.
39. Håndbok R762 Prosesskode 2. Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
40. Mekaniske egenskaper for korrosjonsbestandige festelementer av rustfritt stål. NS-EN ISO 3506. Norsk standard 2009.
41. Rustfrie stål. NS-EN 10088. Norsk standard 2005.
42. Varmforsinkede belegg på fabrikkerte jern- og stålprodukter. NS-EN ISO 1461. Norsk standard 2009.
43. Maling og lakk. Organisk pulverbelegg for galvaniserte og sherardiserte stålprodukter for konstruksjonsformål. NS-EN 13438. Norsk standard 2013
44. Betong. Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar. NS-EN 206:2013+NA:2014. Norsk standard.
45. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1 Allmenne regler og regler for bygninger. NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008. Norsk Standard. 2004
46. Armeringsstål. Mål og egenskaper. Del 3 Kamstål. NS 3576. Norsk Standard 2004.
47. Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2012.
48. Varmeisoleringsprodukter til bruk i bygninger. Bestemmelse av trykkegenskaper. NS-EN ISO 826 Norsk standard 2013.
49. Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging. NS-EN 13242:2001+A1:2007+NA:2009. Norsk standard 2002.
50. NEK IEC 60332 (-1, -2 og -3, -24) Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions
51. NEK IEC 60754 (-1, -2) Test on gases evolved during combustion of materials from cables.
52. NEK IEC 61034-2 Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions.
53. NEK IEC 60331 Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity.
54. Håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2013.

55. Brannventilasjonssystemer. Del 3: Spesifikasjon for mekaniske brannventilasjonsanlegg. NS-EN 12101-3. Norsk standard 2002.
56. Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2012.
57. NEK 60204-1: 2006. Maskinsikkerhet. Maskiners tekniske utrustning. Del 1 Generelle krav.
58. Håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 2007.
59. Håndbok R211 Feltundersøkelser. Statens vegvesen Vegdirektoratet, 1997.
60. Retningslinjer for behandling av støy i arealplanlegging. Planlegging og behandling etter plan- og bygningsloven. Rundskriv T-1442. Klima- og miljødepartementet, 2012.
61. Vibrasjoner og støt. Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, byggverk og trafikk. NS 8141-1+A1:2013. Norsk standard.
62. Retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging. Planlegging og behandling etter plan- og bygningsloven. Rundskriv T-1520. Klima- og miljødepartementet, 2012.

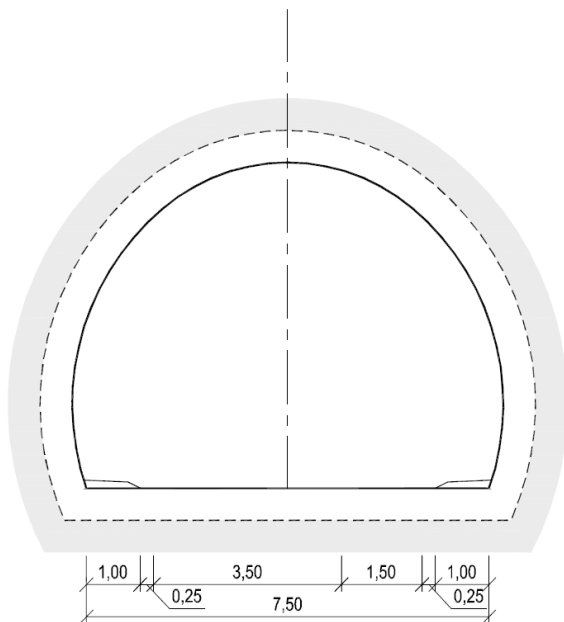
VEDLEGG

- 1 TUNNELPROFILER**
- 2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER I PLANFASENE**
- 3 YTRE MILJØ**

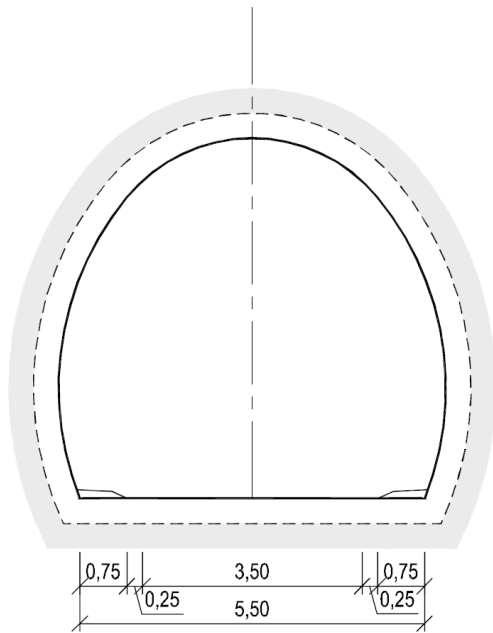
VEDLEGG 1: TUNNELPROFILER**Figur V.1.1** Tunnelprofil T4 (mål i m)

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

T4 brukes for gangbare tverrforbindelser mellom tunnellop og for nødutganger ut av tunnel.

**Figur V1.2** Tunnelprofil T7,5 (mål i m)

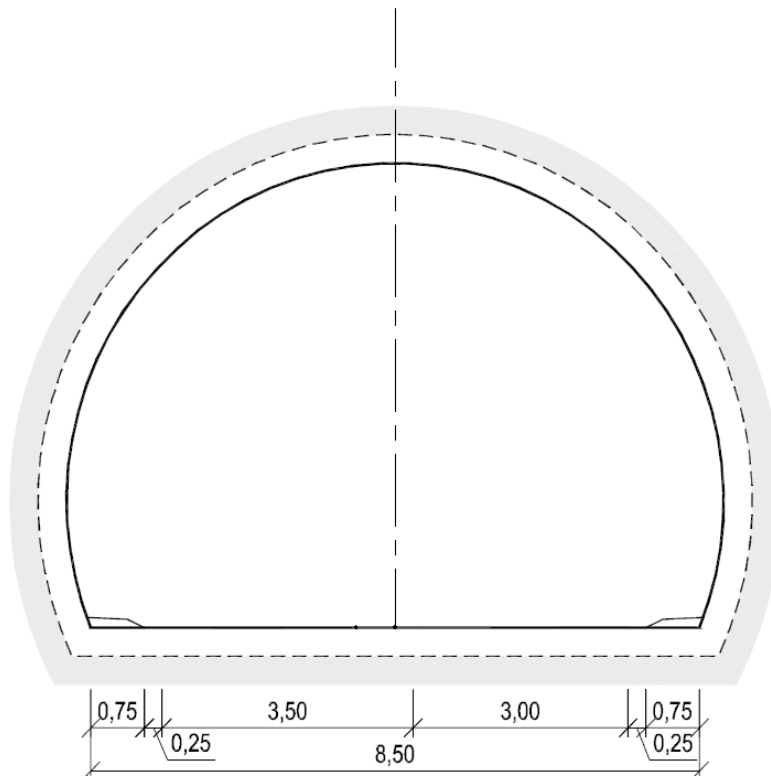
T7,5 skal brukes for av- og påkjøringsramper med ett kjørefelt der havarert kjøretøy skal kunne passeres. Kjørebanelen merkes med kjørefelt 3,5 m og havarifelt på 1,5 m. Havarifeltet inngår i breddeutvidelsen for å ivareta siktkrav.



Figur V1.3 Tunnelprofil T5,5 (mål i m)

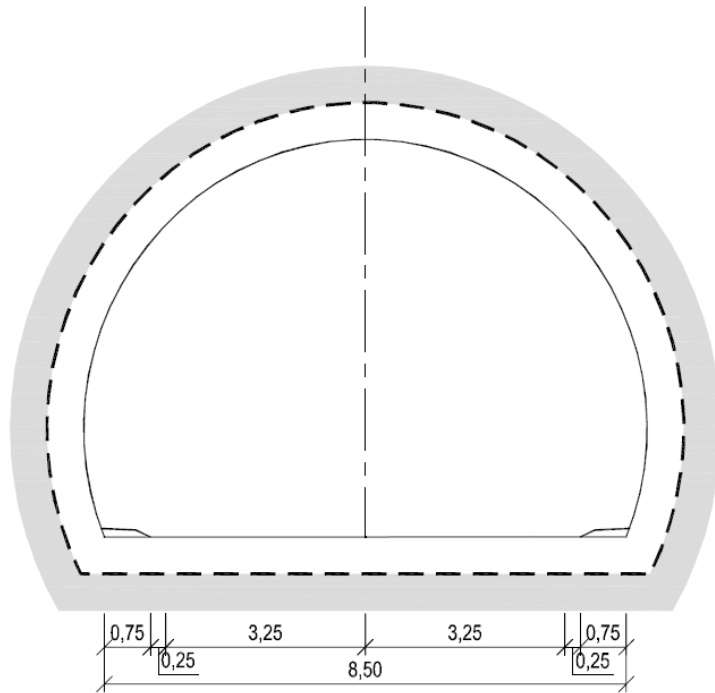
T5,5 brukes for enfeltsveg med møteplasser. Rette vegger kan alternativt benyttes i enfeltstunneler. T5,5 skal brukes for av- og påkjøringsramper med ett kjørefelt uten krav til at et annet kjøretøy skal kunne passeres.

T5,5 brukes for rømningstunnel.

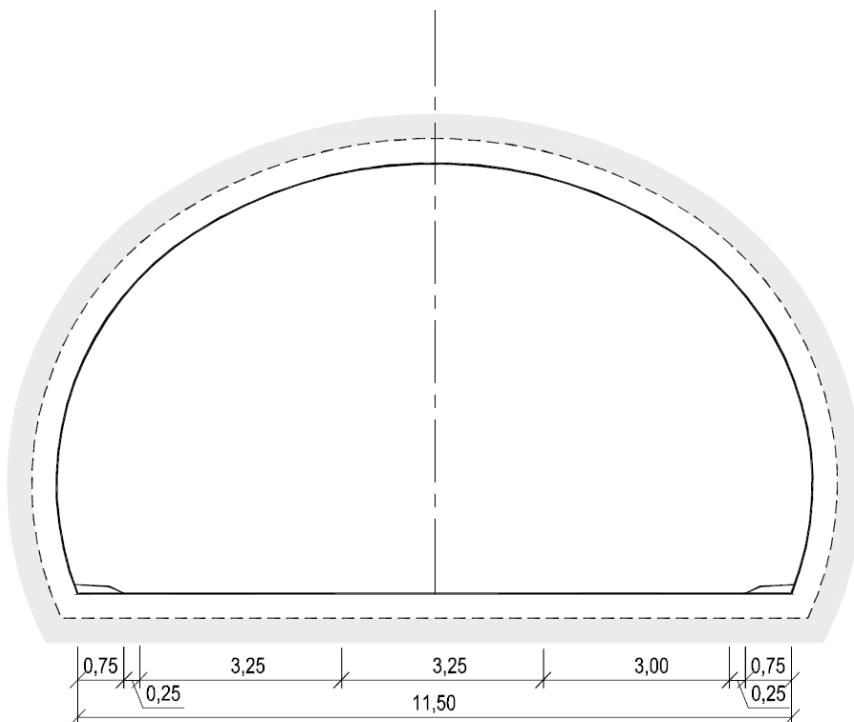


Figur V1.4 Tunnelprofil T8,5 (mål i m).

T8,5 skal brukes der det er behov for møteplasser i enfeltstunneler.

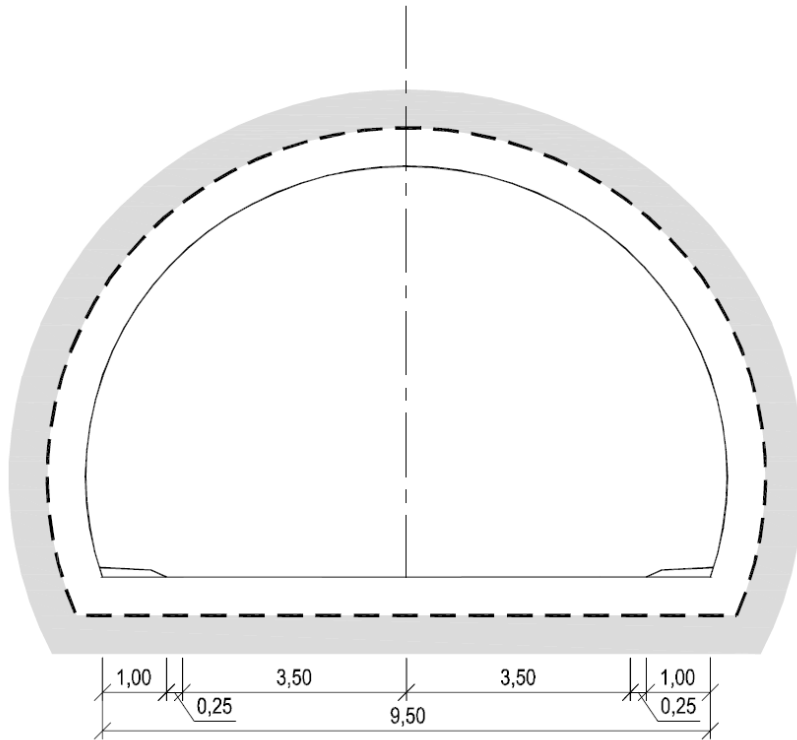


Figur V1.5 Tunnelprofil T8,5 (mål i m).

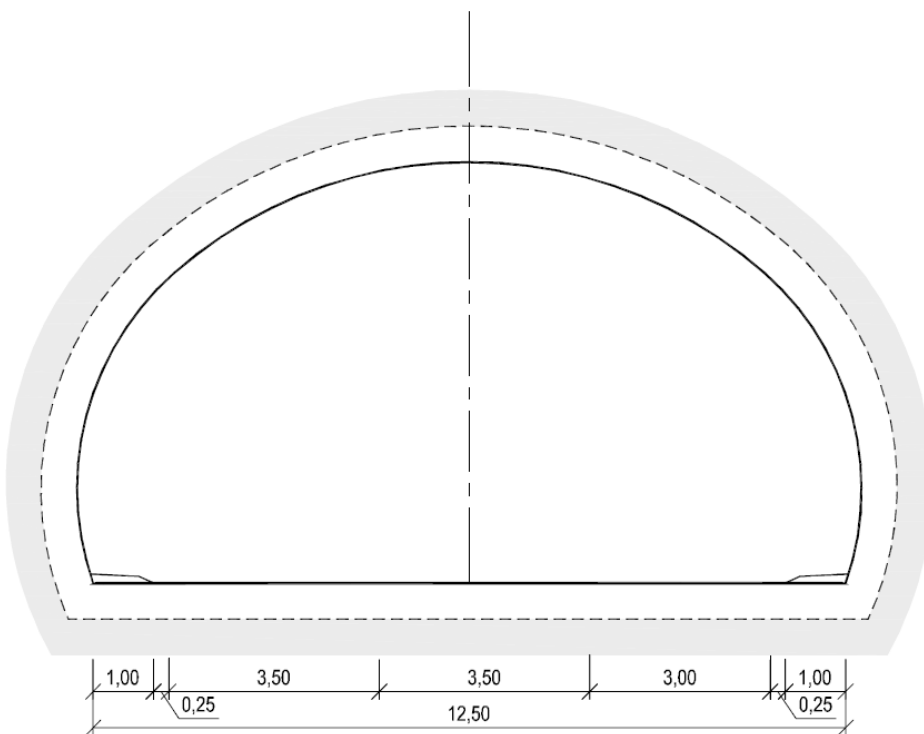


Figur V1.6 Tunnelprofil T11,5 (mål i m).

Tunnelprofil T11,5 brukes der det er behov for havarinisje i tunneler med $\dot{A}DT \leq 1\ 500$ som bygges med profil T8,5.

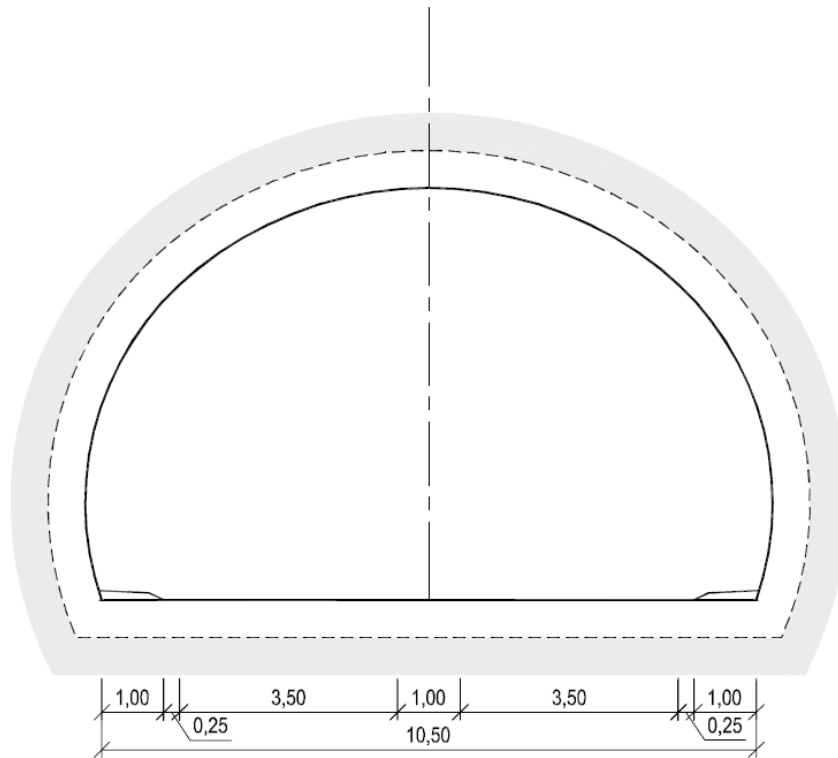


Figur V1.7 Tunnelprofil T9,5 (mål i m)

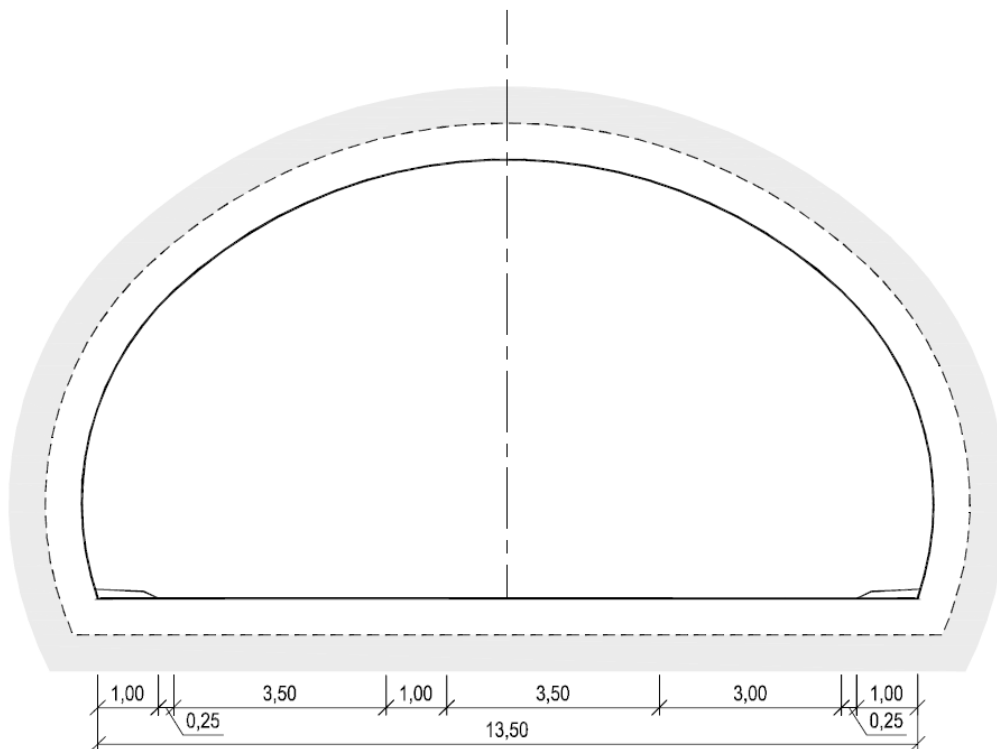


Figur V1.8 Tunnelprofil T12,5 (mål i m)

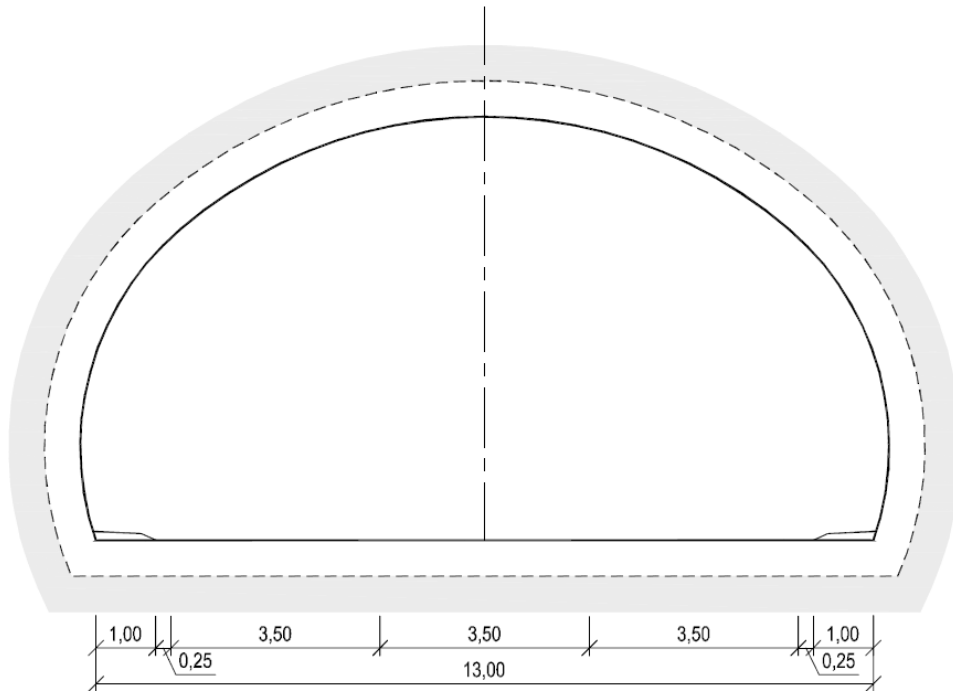
T12,5 skal brukes der det er behov for havarinisjer i tunneler med tunnelprofil T9,5.



Figur V1.10 Tunnelprofil T10,5 (mål i m)

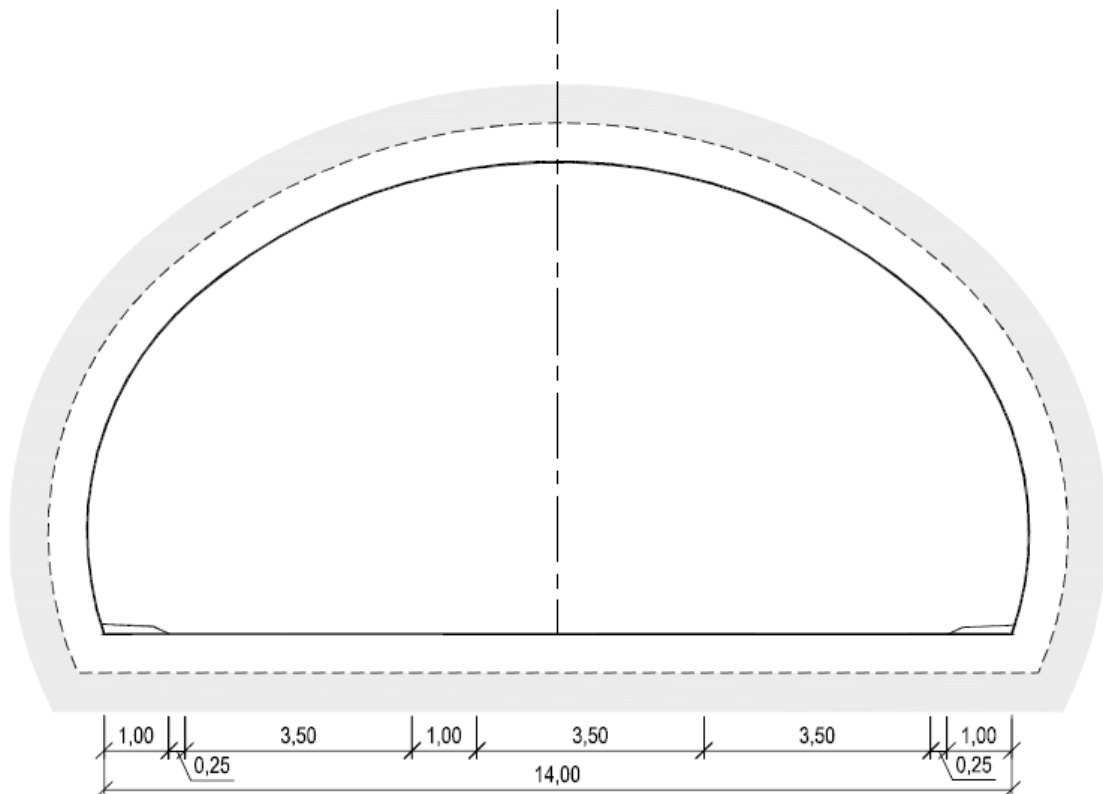


Figur V1.11 Tunnelprofil T13,5 (mål i m).
T13,5 skal brukes der det er behov for havarinisjer i tunnel med tunnelprofil T10,5



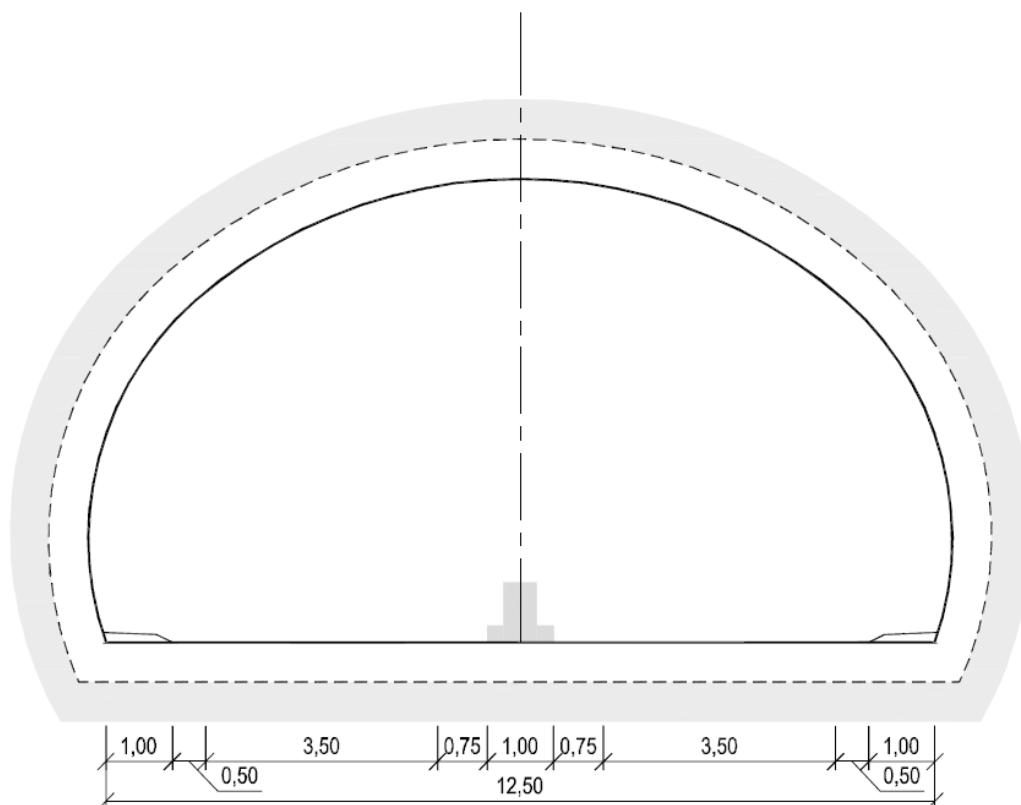
Figur V1.12 Tunnelprofil T13 (mål i m).

T13 skal brukes der det er behov for tre kjørefelt i tunnel med tunnelprofil T9,5



Figur V1.13 Tunnelprofil T14 (mål i m)

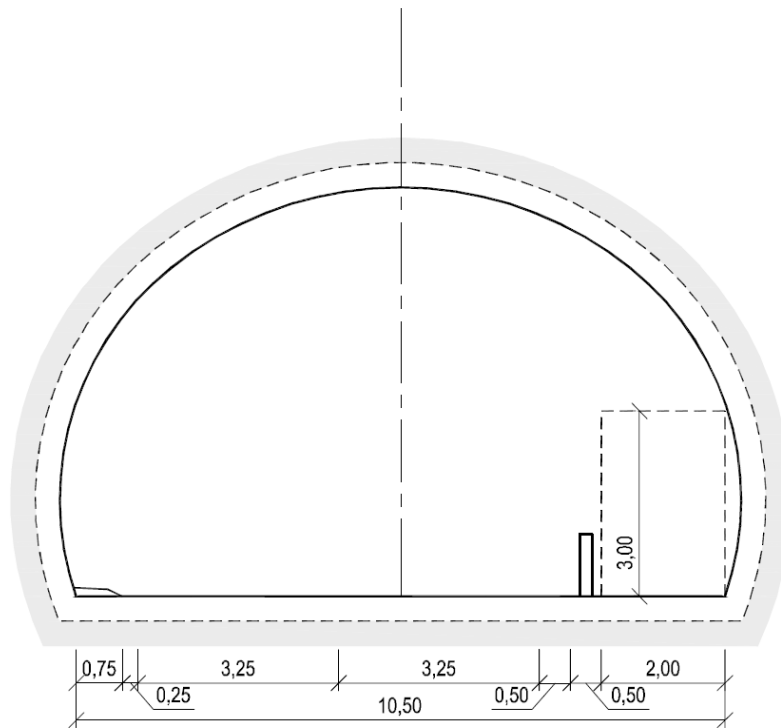
T14 skal brukes der det er behov for tre kjørefelt i tunnel med tunnelprofil T10,5



Figur V1.9 Tunnelprofil T12,5 (mål i m)

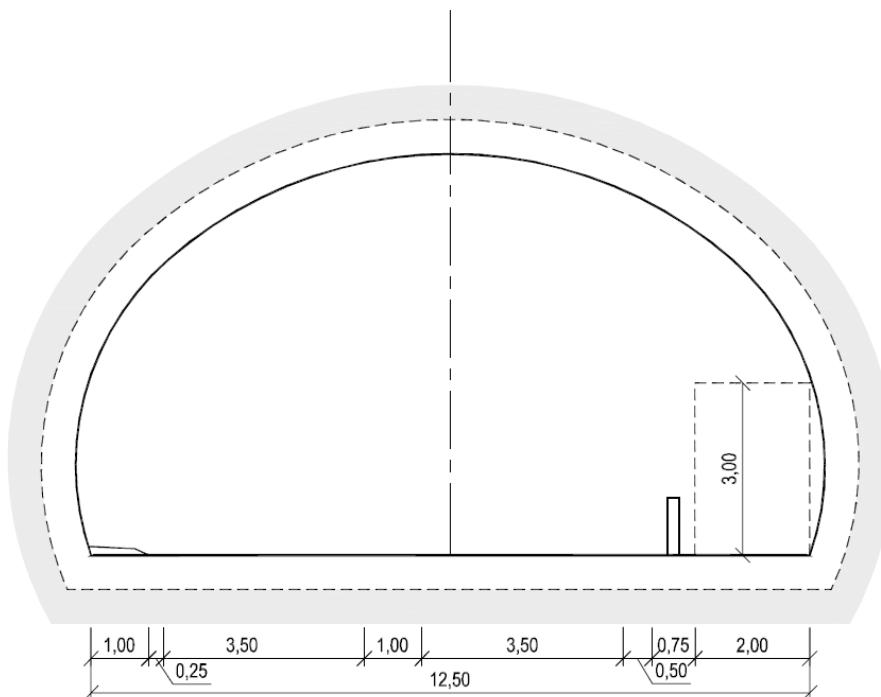
T12,5 med midtrekkverk skal brukes i tunneler kortere enn 500 m på tofeltsveger med midtrekkverk (dimensjoneringsklasse H5)

Tunnelprofiler for tunneler med gang- og sykkeltrafikk



Figur V1.14 Tunnelprofil T10,5GS (mål i m).

T10,5GS skal brukes der det er behov for gang- og sykkelveg i tunnel med tunnelprofil T8,5



Figur V1.11 Tunnelprofil T12,5GS (mål i m).

T12,5GS skal brukes der det er behov for gang- og sykkelveg i tunnel med tunnelprofil T10,5.

T12,5GS uten 1,0 m midtfelt skal brukes der det er behov for gang- og sykkelveg i tunnel med tunnelprofil T9,5.

VEDLEGG 2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER

Kapittel 2 gir generelle krav til de geologiske forundersøkelsene.

I det følgende gis krav til undersøkelser og rapportering i de ulike planfasene.

Forundersøkelser i tidlig planfase

Forundersøkelsene skal gi grunnlag for å vurdere det geologiske grunnlaget for gjennomførbarheten av tunnelprosjektet. Det er viktig å oppnå en forståelse av de regionalgeologiske forhold for å tolke forløp av strukturer langs traseene.

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.

Det skal legges spesiell vekt på plassering og utforming av påhugg og innkjøringssoner i forhold til skredfare og oversvømmelser.

Forundersøkelsene skal som et minimum omfatte:

- Innsamling og vurdering av eksisterende informasjon. Geologiske og topografiske kart, publikasjoner (NGU osv.) og rapporter fra tidligere utførte undersøkelser.
- Lineamentsanalyse på bakgrunn av kart og/eller flyfoto.
- Geologisk kartlegging (se *håndbok R211 Feltundersøkelser* (59)) ved bruk av beste tilgjengelige kartgrunnlag fra laserskannede kart. Målestokk fortrinnsvis $M = 1:1000$. For områder der informasjon er begrenset (for eksempel høye fjellpartier og stor overdekning) kan målestokken være mindre (1:2000 – 1:5000).
- Vurdering av områder som kan være spesielt utsatt for påvirkning fra tunnelen. Dette gjelder forhold som fare for skadelig grunnvannsenkning, setninger, vibrasjoner, utslipp til miljø mv.
- Vurdering av usikkerhet vedrørende bergoverdekning.

Forundersøkelsene skal sammenstilles i en rapport som skal inneholde:

- Oversiktskart med tunneltrasé(er), profilnummer for hvert tunnelløp.
- Geologiske kart (1:1000, 1:5000) fra feltkartlegging med geologiske observasjoner, presentert med sprekkemålinger langs trasé, bergmasseklassifisering med sikringsestimat langs trasé, utførte grunnboringer, eventuelt utførte seismiske undersøkelser, kjerneboringer, øvrige undersøkelser.
- Geologiske profiler for alternativene presentert med høyde/lengde 1:1 hvis ikke annet er beskrevet.
- 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, og vurdering av gjennomførbarhet

- Forslag til plan for videre forundersøkelser.
- Geologisk rapport skal gi en oversikt over antatt sikringsmengde og aktuelle sikringsmetoder (iht. tabell 6.1), basert på de geologiske forholdene som kan forventes
- Referanser.

Det skal skilles mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger.

Forundersøkelser i kommunedelplan og/eller fylkesdelplan

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

Forundersøkelsene skal baseres på utførte forundersøkelser i tidlig planfase, og skal som et minimum omfatte:

- Kartlegging i målestokk $M = 1:1000$ ved bruk av beste tilgjengelige kartgrunnlag fra laserskannede kart. På basis av disse kartlegges løsmasser og berg i dagen, svakhetssoner og strukturetninger i berget.
- Felt- og grunnundersøkelser. Undersøkelsene og vurderingene skal omfatte følgende:
 - Bergmassen
 - Bergarter og bergartsgrenser. For undersjøiske tunneler angis også bergarter på landsidene, med påhuggsområdene
 - Lagdeling og foliasjon
 - Sprekkemønster og sprekketetthet
 - Svakhetssoner.
 - Løsmasser, typer og mektighet. For undersjøiske tunneler angis også vanndybder/sjøbunnstopografi.
 - Bergoverdekning.
 - Hydrologiske og hydrogeologiske registreringer:
 - Måleprogram for grunnvannsnivå og poretrykk der dette er nødvendig, inkludert registrering av vannreservoarer og myrområder samt årtidsvariasjoner for disse
 - Sårbarhet i forhold til flora og fauna
 - Kartlegging av setningsømfintlige områder
 - Krav til begrensning av innlekkasje i de ulike deler av tunnelen, basert på poretrykksmålinger og tolkning av skadepotensiale
 - Fastsettelse av influensområde.
 - Kvalitet på steinmaterialer med tanke på f.eks. bruk i vegbyggingen, behov for spesialdeponi.
 - Identifisere bergarter som kan føre til sur/giftig avrenning (høyt kisinhold, alunskifer, annet).
 - Grunnundersøkelser for aktuelle deponier.
 - Påhuggsmuligheter, forskjæringer, skredfare.
 - Behov for og gjennomføring av geofysiske undersøkelser.
 - Behov for og gjennomføring av kjerneboringer eller andre typer borehullsinspeksjoner.

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

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

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

Det skal skilles mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger.

Geologisk rapport skal gi en oversikt over antatt sikringsmengde og aktuelle sikringsmetoder (iht. tabell 6.1), basert på de geologiske forholdene som kan forventes.

Forundersøkelser i reguleringsplan

Sammen med undersøkelsene fra tidligere planfaser, danner forundersøkelsene i reguleringsplanen grunnlaget for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlaget.

Tunnelens innvirkninger på influensområdene skal undersøkes og vurderes i detalj. Alle undersøkelser skal være utført i løpet av dette planstadiet.

Følgende skal utføres:

- Gjennomgang av resultatene fra tidligere undersøkelser
- Gjennomføring av resterende grunnundersøkelser
- Vurdering av grunnvann, poretrykk, setninger og forurensning

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

Følgende forhold skal blant annet utredes:

- Influensområder
- Kartlegging av løsmasser: tykkelse og setningsømfintlighet
- Registrering av fundamenteringsforhold for byggverk
- Fastlegging av tillatte innlekkasjer langs tunneltraséen
- Vurdering av aktuelle tiltak for å oppfylle fastsatte lekkasjekrav
- Vurdering av miljømessige konsekvenser ved avrenning fra tunnel.

For undersjøiske tunneler gjelder spesielt: Bergoverdekning mindre enn 50 meter skal godkjennes av Vegdirektoratet, basert på dokumentasjon som viser at dette er forsvarlig.

Det skal utarbeides egen geologisk rapport for reguleringsplanen, basert på både tidligere undersøkelser og grunnundersøkelser/feltarbeid i forbindelse med dette plannivået.

Det skal skilles mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger.

Geologisk rapport til reguleringsplan skal inndeles i en fakta-del og en tolkningsdel:

Del 1: Fakta-delen i rapport for reguleringsplan skal inneholde:

- Oversiktskart med tunneltrasé(er), profilnr.
- Geologisk kart og profil av traséen (1:1000). Alle observasjoner skal presenteres på kart og profil sammen med tunneltraséen. Kart fra feltkartlegging med geologiske observasjoner, presentert med sprekke- og foliasjonsmålinger langs trasé, utførte grunnboringer, ev. utførte seismiske undersøkelser, ev. utførte kjerneboringer, ev. utførte øvrige undersøkelser.
- Geologisk kart og profiler av påhuggsområdene (1:500 – 1:1000).
- Geologiske profiler skal presenteres med høyde/lengde 1:1 hvis ikke annet er beskrevet.
- Beskrivelse av bergarter, foliasjon, strukturer og andre geologiske observasjoner.
- Analyse av sprekketetthet og sprekkeorientering. Sprekkerose og stereoplott.
- Resultater av grunnboringer.
- Resultater av eventuelle kjerneboringer
- Resultater av eventuelle geofysiske undersøkelser.
- Resultat fra kvalitetsanalyser av steinmaterialer.
- Resultater av eventuelle andre undersøkelser og målinger.
- Spesielle lokale hensyn

Oppsummering/ konklusjon

- Referanseliste over alle rapporter og annet som rapporten bygger på.

Del 2: Tolkningsdelen i rapport til reguleringsplan bør inneholde:

- Eventuelle tolkninger av de geologiske forholdene langs tunneltraséen: bergartsgrenser, bruddstrukturer og svakhetssoner og mulig lokalisering i tunneltraséen
- Usikkerhet mht. bergoverdekning
- Bergmasseklassifisering (Q-verdier) fra feltkartlegging og estimert i tunnelnivå presentert langs trase, med sikringsestimert
- Løsmasser og geotekniske forhold. Konsekvenser for skredfare, setninger og miljø
- Hydrogeologiske forhold, eventuelle brønner og vannmagasiner
- Sannsynligheten for å påtreffe vann som kan skape driveproblemer
- Anbefalt innlekkasje for å unngå skadelig poretrykksenkning
- Anbefalt omfang av injeksjonsarbeider
- Påpekning av eventuelle forhold som kan ha betydning for boring og sprengning (boreavvik, ladevansker o.a.)
- Sannsynlighet for å påtreffe bergspenninger
- Påpekning av usikkerheter eller spesielle risikoer.

Listen er ikke utfyllende.

Geologisk rapport for reguleringsplan skal også foreslå bemanning i byggefasen, ut fra forventede geologiske utfordringer.

VEDLEGG 3 YTRE MILJØ

Alle relevante forhold knyttet til ytre miljø skal kartlegges og innarbeides i en miljøoppfølgingsplan.

Basert på miljøoppfølgingsplanen foretas en vurdering av hvilke registreringer og måleprogrammer som er nødvendige for å ivareta ytre miljø.

Planen skal som minimum omhandle:

- Støybelastning
- Vibrasjoner
- Utslipp av støv
- Utslipp av vann
- Kontroll med poretrykk og setninger
- Utslipp og avrenning fra deponi og sprengningsmasser
- Konsekvenser av dumping/fylling av sprengningsmasser i vann.

Støy ved tunnelåpninger

Klima- og miljødepartementets *Retningslinjer for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442* (60) angir veiledende grenseverdier for støy ved nyanlegg og ved utbedring av anlegg som krever ny plan i henhold til plan- og bygningsloven.

Det skal foreligge dokumentasjon som viser at *T-1442* (60) overholdes, i byggefasen for bygg- og anleggsstøy og i driftsfasen for vegtrafikkstøy. Det skal angis hvilke metoder som er brukt for beregning av støy fra tunnelmunning, effekt av støyreducerende tiltak, samt bygge- og anleggsstøy.

Vibrasjoner og bygningsbesiktigelse

Det skal fastsettes grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner. Metoden for å fastsette veiledende grenseverdier og anbefalt omfang av bygningsbesiktigelse er gitt i *NS 8141* (61).

Før sprengnings- og anleggsarbeider igangsettes skal det utføres en forhåndsvurdering av faktorer som kan påvirke størrelse og utbredelse av vibrasjoner, og en kartlegging og vurdering av byggverk, ømfintlig utstyr, infrastruktur etc. i området som kan påvirkes av vibrasjonene. For sprengningsarbeider gjelder dette også for lufttrykkstøt. Hvis det er sensitive masser eller områder med dårlig stabilitet i nærheten av sprengnings-, eller anleggsstedet skal faren for at vibrasjoner kan utløse setninger eller skred vurderes. Ved store eller vanskelige grunnarbeider og i områder med kvikkleire skal vurderingene utføres så tidlig i planfasen at resultatene kan innarbeides i konkurransegrunnlaget. Størrelsen på området som skal omfattes av forhåndsvurderingen vil avhenge av prosjektets størrelse og

mulige virkninger, men det bør omfatte et større område enn det som omfattes av bygningsbesiktigelse etter *NS 8141* (61).

Utslipp av gasser og partikler

I forbindelse med reguleringsplanarbeidet skal det utføres en konsekvensvurdering av valgte ventilasjonsløsning og utslipp av forurenset luft, herunder en vurdering av eventuelle behov for og plassering av ventilasjonstårn, rensetiltak mv.

For vegtunneler vil utslipp fra kjøretøyene normalt luftes ut ved tunnelmunningene. Disse utslippene vil bestå av forurenset luft med en forurensningsgrad som kan forårsake at nærområdet ved portalene utsettes for helseskadelig luft.

Det skal i forbindelse med reguleringsplanarbeidet utføres en konsekvensutredning av utslipp fra tunnel med følgende krav:

- Konsekvensutredningen skal dekke komponentene: NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5}
- Dersom utslipp fra tunnelmunningene påvirker luftkvaliteten i areal hvor mennesker kan bli eksponert (bolig, skole, barnehage, lekeplass, sykehus e.l.) skal det vurderes om det er nødvendig å etablere rensetiltak, ventilasjonstårn etc.
- For å avgjøre om rensetiltak/ventilasjonstårn skal etableres skal luftkvaliteten vurderes i forhold til Miljødirektoratets anbefalte luftkvalitetskriterier (tabell v.1).
- Dersom det etableres ventilasjonstårn skal utslipp fra ventilasjonstårn beregnes med egnet spredningsmodell.

Tabell V.1: Gjeldende luftkvalitetskriterier for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5}.

Komponent	Miljødirektoratets anbefalte luftkvalitetskriterier Enhet: µg/m ³		
	Timemiddel	Døgnmiddel	Årsmiddel
NO ₂	100	–	40
PM ₁₀	–	30	20
PM _{2,5}	–	15	8

Tabell V.2: Gjeldende gul og rød sone for NO₂ og PM₁₀ i henhold til *T-1520* (62)

Komponent	Luftkvalitetssoner i henhold til T-1520	
	Gul sone	Rød sone
NO ₂	Vintermiddel: 40 µg/m ³ (1. nov – 30. apr.)	Årsmiddel: 40 µg/m ³
PM ₁₀	Døgnmiddel: 35 µg/m ³ (med inntil 7 overskridelser)	Døgnmiddel: 50 µg/m ³ (med inntil 7 overskridelser)

Luftkvaliteten skal vurderes i henhold til Miljødirektoratets *Retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging, T-1520* (62), tabell v.2, uavhengig av hvilken teknisk løsning som velges for utslipp fra tunnelmunninger og ventilasjonstårn. Retningslinjen legger opp til å vurdere luftkvaliteten i arealplaner på bakgrunn av gule og røde soner. Hovedregel er at

områder hvor mennesker kan bli eksponert (bolig, skole, barnehage, lekeplass, sykehus e.l.) ikke skal ligge i rød sone og at det gjøres en nærmere vurdering dersom slike områder skal kunne ligge i gul sone. Når sonene beregnes skal også andre kilder og bakgrunnsnivå inkluderes.

Utslipp av vann

Håndtering av vann og slam under anleggsfasen

Vannutslipp kan deles inn i følgende kategorier:

- Kategori A: Avløp fra sanitæranlegg i forbindelse med brakkeforlegning, kontorer mv. Mindre anlegg kan defineres som anlegg med belastning mindre enn 25 personekvivalenter og håndteres av kommunen.
- Kategori B: Avløp fra verksted og vaskeplasser
- Kategori C: Utslipp av driftsvann og drensvann under bygging av tunnelen.

Forurensningsloven vil være gjeldende for anlegg- og drensvann (kategori B og C). For midlertidig utslipp til resipient under anleggsfasen skal det:

- 1) Søkes konsesjon etter forurensningsloven, eller
- 2) Dokumenteres at det ikke vil bli forurensning av betydning med de krav og tiltak som prosjektet setter til virksomheten etter forurensningsloven. Tiltakshaver skal utarbeide planer som beskriver anleggsarbeidene, vurderer forurensningspotensialet fra anleggsdriften og beskriver avbøtende tiltak, program for overvåkning av vannkvalitet (måleprogram) og beredskap for å sikre mot uheldig akutt forurensning. Slike planer omfatter også massedeponier utenfor anleggsområdet. Dokumentasjonen skal godkjennes av Fylkesmannen.

Valg av framgangsmåte skal avklares med Fylkesmannen i en tidlig fase.

Påslipp av vann i kategori A, B eller C på kommunalt avløpsnett skal avklares med kommunen. Kommunen kan som eier av ledningsnettet sette andre og strengere krav til påslippet enn Fylkesmannen.

Vaskeplasser og underspyling skal etableres med fast, tett dekke med avløp til sluk som er koblet på oljeutskilleren. Oljeutskilleren skal sjekkes jevnlig og tømmes for olje og slam ved behov.

Vann som benyttes i byggefasen bør resirkuleres for å redusere vannforbruk og redusere utslipp. Dette vannet skal minimum renses for olje og partikler, samt pH-justeres. Grenseverdier for olje og partikler skal være fastsatt.

Håndtering av tunnelvaskevann og slam

Forurensningsloven er gjeldende for driftsvann, drensvann og vaskevann dersom utslippene er, eller kan være til skade for miljøet. Til slike utslipp skal det søkes konsesjon.

Renseløsningen skal dimensjoneres for å håndtere en helvask for tunnelen / tunnellopene. Renseløsningen skal minimum utformes for sedimentering av partikler, nedbrytning av såpe og utskilling av olje. Oljeavskiller skal bygges separat eller som del av renseløsningen.

Renseløsningen bør etableres inne i tunnelen. Renseløsning som er etablert utenfor tunnelen skal være lukket, for å forhindre etablering av biota og redusert oppholdstid som følge av nedbør.

Kontroll av utslipp

Ulykkeutslipp:

Renseløsningen skal dimensjoneres for å ta i mot kjemikalieutslipp fra ulykker, for eksempel tankbilvelt. Totalt volum skal inkludere volumet til en tunnelvask.

Utslipp av drensvann:

Utslipp av drensvann er normalt ikke søknadspliktig. I områder med bergarter som kan føre til sur/giftig avrenning, for eksempel sulfidrike bergarter og alunskifer, skal håndtering og eventuell rensing avklares med forurensningsmyndighetene.