

Forord

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

Vegnormal N500 Vegtunneler gjelder alle typer vegtunneler på offentlig veg. Normalen gjelder for nye tunneler. I eksisterende tunneler skal N500 følges ved oppgradering av bergsikring, drenering, vann- og frostsikring, elektro, ekom og automasjon, sikkerhetsinstallasjoner og overvannshåndtering.

Vesentlige endringer fra forrige versjon

Av vesentlige endringer fra håndbok N500 (2020) og NA-rundskriv 2020/02 er:

- Krav er gitt på kun ett nivå; skal-krav
- Tekst fra retningslinje R761 Prosesskode 1 er tatt inn, dette gjelder hovedsakelig materialkrav.
- Tekst fra retningslinje R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler er tatt inn, dette gjelder hovedsakelig krav til sikkerhetstiltak.
- Normalen er klargjort for digital publisering, og tekst fra veiledning V520 Tunnelveiledning er tatt inn som veiledningstekst.
- Kravene er i større grad gitt som funksjonskrav.
- Det er stilt flere krav knyttet til klima og bærekraft.

Ikrafttredelse

Vegnormal N500 Vegtunneler gjelder fra xx.xxxx. Normalen erstatter N500 Vegtunneler (2020) og NA-rundskriv 2020/02.

Ansvarlig enhet er seksjon konstruksjonsteknikk på avdeling konstruksjoner (Myndighet og regelverk i Vegdirektoratet).

Som grunnlag for senere revisjon, er det ønskelig at erfaringer og opplysninger av betydning sendes Vegdirektoratet,
e-post: N500@vegvesen.no

Myndighet og regelverk

xx

Innhold

Forord.....	1
1 INNLEDNING	5
1.1 Generelt.....	5
1.2 Avgrensning mot øvrige vegnormaler	5
2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER.....	7
2.1 Generelt.....	7
2.2 Kartgrunnlag for geologisk feltkartlegging og presentasjon av geologiske data	8
2.3 Kontroll og kvalitetssikring etter Eurokode 7	9
2.4 Geologiske forundersøkelser i tidlig planfase	11
2.5 Geologiske forundersøkelser i kommunedelplan	12
2.6 Geologiske forundersøkelser i reguleringsplan.....	14
2.7 Geologisk rapport for konkurransegrunnlag.....	18
3 YTRE MILJØ	20
3.1 Generelt.....	20
3.2 Utslipp av vann fra tunnel	21
3.2.1 Utslipp av vann fra anleggsfasen.....	21
3.2.2 Drensvann, tunnelvaskevann og slam.....	21
3.3 Støy ved tunnelåpninger	22
3.4 Utslipp av gasser og partikler	23
4 GEOMETRISK UTFORMING	25
4.1 Generelt.....	25
4.2 Vegutforming i tunnel	25
4.2.1 Linjeføring.....	25
4.2.2 Kryss i forbindelse med tunnel	26
4.2.3 Kjørefelt	26
4.3 Tunnelportaler.....	26
4.4 Tunnelprofiler.....	27
4.4.1 Generelle krav til tunnelprofiler	27
4.4.2 Geometriske mål.....	28
4.4.3 Tilpasninger av geometriske mål	31
4.4.4 Skulder	31
4.4.5 Veggelementer og føringskant av betong	31
4.5 Utvidelse for nisjer	31
4.5.1 Havarinisjer, snunisjer og møteplasser	31
4.5.2 Nisje for teknisk bygg.....	32
4.5.3 Nisje for nødstasjon	32
4.5.4 Bergrom for pumpestasjon	33
4.6 Nødutganger.....	33
5 SIKKERHETSTILTAK.....	35
5.1 Generelt.....	35
5.1.1 Forskrifter om minimum sikkerhet i vegtunneler	35
5.1.2 Risikoanalyser og beredskapsanalyser for vegtunneler	35
5.1.3 Prinsipper.....	36
5.1.4 Beredskapsplan.....	36

5.1.5	Trafikksikkerhetsinspeksjon og -revisjon.....	37
5.2	Tunnelklasser.....	37
5.3	Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning.....	38
5.3.1	Generelt.....	38
5.3.2	Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustningen.....	39
5.3.3	Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni.....	43
5.3.4	Sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler.....	44
5.4	Brannsikring.....	44
5.4.1	Krav til brannmotstand for konstruksjoner.....	44
5.4.2	Brannteknisk dokumentasjon og prosedyre for testing.....	45
5.4.3	Sikring av brennbare materialer.....	46
6	SKILT OG SIGNALER.....	48
6.1	Generelt.....	48
6.2	Trafikkskilt utenfor tunnel.....	48
6.3	Trafikkskilt i tunnel.....	48
6.4	Trafikksignalanlegg for tunneler.....	49
7	PERMANENT BERGSIKRING.....	50
7.1	Generelt om permanent bergsikring.....	50
7.2	Etablering av forskjæring og påhugg.....	51
7.3	Arbeider foran stuff.....	51
7.3.1	Sonderboring.....	51
7.3.2	Føringssikring.....	52
7.4	Geologisk kartlegging og bergmasseklassifisering.....	54
7.5	Sikringsklasser.....	54
7.6	Bolter.....	56
7.6.1	Bolter til stabilitetssikring.....	56
7.6.2	Korrosjonsbeskyttelse av bolter og festemateriell.....	58
7.7	Sprøytebetong til bergsikring.....	58
7.8	Sikringsstøp.....	59
7.9	Utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler.....	59
7.10	Ingeniørgeologisk sluttrapportering.....	59
8	VANN- OG FROSTSIKRING I TUNNEL.....	61
8.1	Generelt.....	61
8.2	Frostmengde og frostinntrengning.....	61
8.3	Konstruksjonstyper.....	62
8.4	Konstruksjonsdetaljer.....	63
8.4.1	Frostisolasjon.....	63
8.4.2	Membraner.....	64
8.4.3	Forankringsbolter og festedetaljer for vann- og frostsikring.....	64
8.4.4	Betongelementer.....	65
8.4.5	Nettarmert sprøytebetong.....	66
8.4.6	Føringskant av betong.....	69
8.5	Dokumentasjon av konstruksjoner.....	69
8.6	Laster og dimensjonering.....	70
8.6.1	Generelt.....	70
8.6.2	Variable laster.....	71
8.6.3	Ulykkeslast.....	73

9	DRENERING, VEGFUNDAMENT OG VEGDEKKE	75
9.1	Drenssystemer i tunnel	75
9.2	Drenering.....	75
9.2.1	<i>Generelt</i>	75
9.2.2	<i>Vannmengder, ledningsdimensjoner og kummer</i>	75
9.2.3	<i>Sandfang</i>	76
9.2.4	<i>Sluk</i>	76
9.3	Grøfter	76
9.3.1	<i>Utforming og plassering</i>	76
9.3.2	<i>Fundament, omfylling og frostsikring for ledninger</i>	76
9.4	Pumpestasjoner og pumpeledninger	77
9.5	Vegfundament og vegdekke.....	78
10	TEKNISKE ANLEGG	79
10.1	Generelt.....	79
10.1.1	<i>Generelle elektrotekniske krav</i>	79
10.1.2	<i>Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning</i>	79
10.1.3	<i>Tekniske bygg</i>	79
10.2	Strømforsyning	80
10.3	Belysning.....	80
10.3.1	<i>Generelt</i>	80
10.3.2	<i>Belysningens kvalitet</i>	80
10.3.3	<i>Belysning av tunnelveggene</i>	81
10.3.4	<i>Belysning av nisjer og dører til rømningsveier</i>	81
10.3.5	<i>Sikkerhetsbelysning</i>	81
10.4	Ventilasjon.....	81
10.4.1	<i>Generelt</i>	81
10.4.2	<i>Krav til luftkvalitet i tunneler</i>	82
10.4.3	<i>Mekanisk ventilasjon</i>	82
10.4.4	<i>Brannventilasjon</i>	83
11	SIKKERHETSDOKUMENTASJON	85
11.1	Generelt.....	85
11.2	Godkjenning av vegtunneler før byggestart og før åpning/brukstillatelse	85
11.3	Periodisk inspeksjon av vegtunneler i drift	85
11.4	Arkivering av sikkerhetsdokumentasjon	85
11.5	Tilgang til sikkerhetsdokumentasjon ved saksbehandling	85
11.6	Journalføring av saksdokumentasjon	85
	REFERANSER	86

1 INNLEDNING

1.1 Generelt

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

N500 Vegtunneler omfatter forhold knyttet til planlegging og prosjektering.

N500 gjelder både bergtunneler og andre bærende konstruksjoner med funksjon som tunnel.

N500 gjelder for vegtunneler med lengde over 500 m. For tunneler kortere enn 500 m gjelder: krav til sikt iht. N100 Veg- og gateutforming [1], belysning for tunneler > 100 m, belysning i tunneler som er tilrettelagt for gang- og sykkeltrafikk (se N100), samt krav til stabilitetssikring av bergkonstruksjonen.

I forundersøkelsene for tunnelprosjekter avklares alternativer og totalkostnader, samt sikkerhetsmessige, samfunnsmessige og miljømessige forhold knyttet til prosjektene. Miljømessige forhold inkluderer vurderinger knyttet til klimagassutslipp og bærekraftige løsninger i planlegging, utbygging og drift av tunnelen.

(1) Planlegging og prosjektering gjøres på bakgrunn av analyse av levetidskostnader (LCC), som skal beregnes ut fra dimensjonerende brukstid, oppetidsberegninger, sårbarhets- og sikkerhetsvurderinger, samt drift- og vedlikehold.

(2) Dimensjonerende brukstid skal være:

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

(3) Vegnormalen supplerer Eurokode med utfyllende bestemmelser for beregning, dimensjonering og utforming av bærende konstruksjoner.

N500 Vegtunneler ivaretar minimum sikkerhetskrav i tunnelsikkerhetsforskriftene for henholdsvis riksveg og for fylkesveger og kommunale veger i Oslo. På noen områder stilles det høyere krav til sikkerhet i N500 enn i tunnelsikkerhetsforskriftene.

Generelt om forholdet til tunnelsikkerhetsforskriftene: Tunnelsikkerhetsforskriften og N500 er ikke alltid direkte sammenlignbare punkt for punkt. Kravtekst i N500 er i noen tilfeller justert for å tilpasses til norske forhold (iht. forskriftens § 8). Tilpasningene som er innarbeidet i N500 er for eksempel gjennomgående skulder (nødfortau/rømningsvei), havarinisjer og snunisjer, tettere avstand mellom nødstasjoner, og mellom tverrforbindelser, ventilasjon, innslagspunkt for ITV, toløpstunneler ved lavere ÅDT. Samlet sett er disse tiltakene vurdert å gi minimum samme sikkerhet.

Det kan ikke gis fravik fra N500 Vegtunneler som er i strid med bestemmelser i tunnelsikkerhetsforskriftene for hhv. riksveg og for fylkesveger og kommunale veger i Oslo.

1.2 Avgrensning mot øvrige vegnormaler

N100 Veg- og gateutforming [1] beskriver krav til linjeføring, sikt og tunnelprofiler for de ulike tunnelklasser/dimensjoneringsklasser.

N101 Rekkverk og vegens sideområder [2] beskriver krav til rekkverk.

N200 Vegbygging [3] beskriver krav til dimensjonering av overbygning i tunnel.

N300 Trafikkskilt [4], N302 Vegoppmerking [5] og N303 Trafikksignalanlegg [6] beskriver krav som gjelder hele vegnettet, inklusive vegtunneler.

N400 Bruprosjektering [7] omhandler prosjektering av betongkonstruksjoner, blant annet betongtunneler og tunnelportaler.

N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i – og langs offentlig veg [8] stiller krav til utførelse for anlegg tilhørende tunnel.

2 GEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER

2.1 Generelt

(1) Geologiske undersøkelser for tunnel skal innhente mest mulig relevant informasjon om grunnforholdene langs traseen og omfatter:

- Innsamling av eldre materiale (kart fra Norges geologiske undersøkelse (NGU), faglitteratur, tidligere planrapporter, etc.)
- Ingeniørgeologisk/geologisk feltkartlegging
- Erfaringer fra, og ev. kartlegging i, nærliggende tunneler og bergrom
- Boringer (bergkontroll, totalsondering, kjerneboring, etc.)
- Geofysiske undersøkelser (seismikk, resistivitet)

(2) Den ingeniørgeologiske kartleggingen og rapporteringen skal belyse de ingeniørgeologiske forholdene i tunnelnivå, inklusive eventuelle bergrom.

Krav til omfang av undersøkelser og innhold i rapporter er gitt for de ulike planfasene, samt for rapport til konkurransegrunnlag.

(3) Geologiske rapporter fra hver av planfasene er selvstendige dokumenter og skal inneholde informasjon fra undersøkelsene som er utført. Forundersøkelsene baseres på utførte forundersøkelser i forutgående planfase, og danner til sammen grunnlaget for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlag uavhengig av entreprisform.

Se V520 (2021) punkt 2.4 Forundersøkelsesmetoder

R211 Feltundersøkelser [6/V520] inneholder metodebeskrivelser for feltundersøkelser; for eksempel:

- *1.4.1 Geologisk kartlegging av berg*
- *1.4.3 Prøvetaking av berg*
- *1.2.10 Feltanalyse med XRF*
- *1.4.7 Ingeniørgeologisk logging av borkjerner*
- *Vedlegg 2 Bergartsklassifisering.*

R210 Laboratorieundersøkelser [7/V520] inneholder metodebeskrivelser for laboratorieanalyser, for eksempel:

- *111 Forenklet petrografisk beskrivelse*
- *113 Mikroskopering med polarisert lys*
- *116 Analyse av svelleleire.*

Se V520 (2021) punkt 2.6 Rapportering og presentasjon i geologiske rapporter.

Se V520 (2021) Vedlegg A, som gir en oppsummering av forundersøkelser og rapportering i de ulike planfasene.

For kartgrunnlag for geologisk kartlegging i felt og presentasjon av geologiske data, se punkt 2.2.

Kartleggingen suppleres av hydrogeologiske og geotekniske undersøkelser ved behov (se N200 Vegbygging [3] og V220 Geoteknikk i vegbygging [9]).

(4) Forundersøkelsene skal omfatte vurdering av områder som kan påvirkes av tunnelen, for eksempel vann/grunnvann, setningsfare, vibrasjonspåvirkning, miljøskadelig avrenning, påvirkning av georessurser. Se også kapittel 3 Ytre miljø.

(5) For undersjøiske tunneler skal resultater fra akustikk og refraksjonsseismiske undersøkelser presenteres for hele den undersjøiske delen av traseen.

(6) Undersjøiske tunnelprosjekter skal planlegges ut fra et krav til minste bergoverdekning på 50 m.

Undersjøisk tunnel er et særtrekk ved tunnel, og vurderes spesielt, dvs. undersøkes grundig og kvalitetssikres. Rapport med sammenstilling av data som er innhentet; kjerneboringer, seismikk osv. presentert langs traseen, med profilnr. Alle data tas med, også om traseen er flyttet underveis i planprosessen.

Tunneler under elver, innsjøer, kanaler o.a. kommer ikke inn under samme kategori mht. bergoverdekning. Slike tunneler krever allikevel grundige undersøkelser fordi det er få muligheter for å undersøke grunnforhold for å oppnå sikker bergoverdekning, samt unngå vanninnbrudd.

2.2 Kartgrunnlag for geologisk feltkartlegging og presentasjon av geologiske data

(1) Kartgrunnlaget brukes til registrering i forbindelse med geologiske forundersøkelser i felt, samt til digitalisering av registreringene. Kartets innhold og opptegning skal være egnet som grunnlag for å tegne inn geologiske registreringer for hånd.

Det anbefales at godt kartgrunnlag med kotegrunnlag fra laserskanning med ekvidistanse 1 m er tilgjengelig tidligst mulig og senest ved oppstart av geologisk feltkartlegging for kommunedelplan.

Se V520 (2021), punkt 2.2.4 Oversiktskart i geologiske rapporter

(2) Kart-data (FKB; Felles kartdatabase) skal ha nøyaktighet minimum: +/- 0,2 m til 2 m. Der det finnes terrengmodeller med bedre nøyaktighet i vegprosjektet (for eksempel etter flybåren skanning) brukes disse som grunnlag for høydekotene i kartet.

(3) Innholdet i kartgrunnlaget skal omfatte:

- Objekter i kartgrunnlaget tegnes med omriss i svart-hvitt. Kartet skal ikke ha fargelagte/ skraverete flater.
- Planlagt veg og tunnel, inklusive påhugg, vises på kartet. For veg og tunnel vises hele tverrsnittet, ikke bare senterlinjen(e).
- Høydekoter med 1 m ekvidistanse og tellekoter pr. 5 m, inklusive høydepåskrift på 5 m kotene.
- Elver, bekker og vann vises på kartet, og med dybdekoter der disse ligger nær traseen

Kartet bestilles fra vegprosjektet, siden planlagt/prosjektet veg inngår i kartet.

V520 (2021), Vedlegg B kan brukes for å bestille kart fra prosjektet.

Ved bestilling av kart kan det geografiske området kartet dekker angis på følgende måter:

- 1) *Legg ved bilde av kart med inntegnet ønsket utsnitt.*
- 2) *Kartet dekker prosjektområdet definert av reguleringsgrensen for vegprosjektet, samt arealet x m utenfor reguleringsgrensen.*
- 3) *Kartet dekker inntil x m på hver side av prosjektet/planlagt vegs senterlinje.*

Det er viktig å få med nok bredde for kartlegging av geologi, for eksempel ved behov for kartlegging av svakhetssoner og sprekker der dette gjøres godt utenfor traseen.

Arkformat og målestokk for levering av kartene spesifiseres i bestillingen. Aktuelle formater er A1, A2 og A3.

(4) Digitalt kart skal leveres som vektor-kart på SOSI-format.

(5) Kartet skal foreligge i vegprosjektets vedtatte koordinatreferansesystem og sone.

(6) I utgangspunktet skal målestokk for kart til presentasjon av geologiske data i de ulike planfasene være 1:1000 på A3. Målestokk ses i sammenheng med bergoverdekning, tunnellengde, omgivelsene, kompleksitet, informasjonsmengden, samt antall traséforslag. Tunneler med liten/moderat overdekning; opptil 60-70 meter (som gir mulighet for å få med plan- og lengdeprofil på samme tegning), og tunneler under bebyggelse, infrastruktur, vann/myr, etc., skal være i stor målestokk (1:1000, eller større i kritiske områder), mens lange tunneler med stor overdekning og begrenset informasjon kan vises i mindre målestokk (1:2000 eller mindre).

Målestokk kan tilpasses den enkelte tunnel ut fra forhold som bergoverdekning, tunnallengde, omgivelsene, kompleksitet og informasjonsmengden, og antall traséforslag (tidlig plan og kommunedelplan). For eksempel lange tunneler med stor overdekning og begrenset informasjon kan vises i mindre målestokk (1:2000 – 1:5000). Det er viktig få frem all relevant informasjon i samme kartbilde.

For 3D-prosjektering beskriver V770 Modellgrunnlag [10] hvordan grunnlagsdata og modeller bestilles, utarbeides og leveres i vegprosjekter.

(7) Geologiske grunnlagsdata, faktaopplysninger, som ligger til grunn for modellen skal kunne presenteres fra 3D-modellen. Modellen skiller mellom faktaopplysninger og tolkninger, og ut fra modellen lages tverrprofiler og lengdeprofiler av tunnelområdene med geologi. Dette omfatter overflateobservasjoner med bergarter, bergartsgrenser, karakter på bergartsgrenser, svakhetssoner. Data fra kjerneborehull presenteres med bergartsfordeling, svakhetssoner og bergmassekvalitet i modellen og aktuelle profiler.

Dersom modellen ikke kan presentere disse faktaopplysningene lages separate bergrunnskart iht. kapittel 2. Se også V520 (2021) punkt 2.6.7 Presentasjon av geologi i 3D-modeller.

2.3 Kontroll og kvalitetssikring etter Eurokode 7

(1) Med utgangspunkt i Eurokode 7, NS-EN 1997 Geoteknisk prosjektering [11], sammen med registrert bergkvalitet fra geologiske undersøkelser, skal det som en del av kvalitetsplanen utarbeides et kontrollomfang for tunnelprosjekter i alle faser.

Kontroll omfatter 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.

Geoteknisk kategori og kontrollnivå iht. Eurokode 0 (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [12]) og Eurokode 7 (NS-EN 1997 Geoteknisk prosjektering [11]) angis i geologiske rapporter, se også N200 [3]. Faglig utvidet kontroll av geologiske rapporter foretas i alle faser, t.o.m. rapport til konkurransegrunnlag. Utvidet kontroll baseres på geologisk rapport inkludert kart og profiler og ev. 3D-modell. Noen sjekkpunkter (se også V520 (2021), vedlegg A):

- Rapport nr. , Versjon nr.
- Planfase (innhold og omfang i rapporter sjekkes mot krav i N500 og veiledning.
- Generell tekst: med kommentarer; utført geologisk rapport/kapitler/kart/temaer. Eventuelle mangler presenteres med henvisning til kap. nr./sidedall/tegningsnummer i tekst i kontrollnotat og/eller i tabellform (se eksempel i tabell V2.1).
- Er nødvendig grunnlagsmateriale med/ikke med (f.eks. resultater fra tidligere rapporter).
- Er dokumentasjon for eventuell foreslått nedklassifisering til geoteknisk kategori 2 holdbar eller ikke.
- Vedlegg og tegninger.

I kontrollnotatet angis presise punkter for utsjekk eller endring. Dette presenteres fortrinnsvis i tabellform, se eksempel i tabell V2.1. Utdypende kommentarer kan gis i generell tekst.

Tabell V2.1: Forslag til tabell for presentasjon av kontrollpunkter ved utvidet kontroll

Kap. / kart, Side nr.	Kort henvisning til tekst/innhold i geologisk rapport	Mangler/kommentarer	Utsjekk fra prosjektleder
	Tema, kart og profiler	Iht. N500	Tilbake for oppretting?
			Tatt til følge/ ikke tatt til følge

Tabell V2.2: Saksgang for utvidet kontroll av geologiske rapporter etter N500 og Eurokode 7 [11]

Saksgang	Merknader
Utvidet kontroll: rapport gjennomgås av firma som er uavhengig av byggherre.	Bestilling i byggherrens regi
Kontrollen sikrer at kravene i N500, mht. geologiske undersøkelser og rapporter er fulgt.	Detaljering av kravene er gitt i veiledning til N500. Egne befaringer utføres hvis det er bestilt spesielt.
Utført kontroll i notat til prosjektleder. Ved mangler i geologisk rapport sendes rapporten tilbake til utførende geolog for retting/ omarbeiding til bestilt resultat. Rapportene merkes med versjon nr.	Bestilling av kontroll spesifiserer om et ferdig utkast av rapporten gjennomgås/ kommenteres og deretter fullføres, før selve kontrollen av endelig rapport.
Utvidet kontroll leveres i form av notat (f.eks. inkludert en sjekkliste med punkter).	Prosjektleder (i samråd med egne geologer/ bergkyndige) sjekker ut punktene (ok / ikke tatt til følge).
Notat fra kontrollen vedlegges geologisk rapport i videre saksgang og utgjør del av sluttokumentasjonen.	

(2) Kontroll etter Eurokode 7 deles inn i tre geotekniske kategorier. Alle vegtunnelprosjekter skal ligge i geoteknisk kategori 3 og/eller geoteknisk kategori 2. 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.

En eventuell nedklassifisering av deler av prosjektet til geoteknisk kategori 2 dokumenteres skriftlig med bakgrunn i dokumentert godt og forutsigbart berg og vurdering av annen kompleksitet og risiko. Nedklassifiseringen kontrolleres i utvidet kontroll.

Prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av kompleksitet og risiko. Ulike deler av et prosjekt kan ha ulik geoteknisk kategori. Geoteknisk kategori 1 er aldri aktuelt for vegtunneler.

(3) Tunneler og tunnelstrekninger som skal klassifiseres som geoteknisk kategori 3 gjennom prosjektering, utbygging og inn i driftsfasen:

- Undersjøiske tunneler
- Tunnelpåhugg
- Tunneler/tunnelstrekninger i tettbygd strøk/byområder
- Tunnel/tunnelstrekninger der det forventes ugunstige grunn- og stabilitetsforhold, eller en kombinasjon av flere uheldige forhold (eksempler: tetthetskrav, bergspenninger, bergartstyper, nærhet til konstruksjoner, og/eller sprekkegeometri vs. spennvidde).
- Tunneler/tunnelstrekninger der bergoverdekning \leq tunnelvertsnittet (teoretisk sprengningsprofil)

I henhold til Eurokode 7 [11] vurderes også anleggets påvirkning på miljøet. Tunneler med forurensende bergmasse krever særskilte tiltak i forbindelse med tunneldriving, ofte med behov for systematisk oppfølging og klassifisering av bergarter på stoff. Tunnelstrekninger med innslag av forurensende bergmasse plasseres i geoteknisk kategori 3.

(4) Kontrollklasser for vegtunneler skal være:

- Geoteknisk kategori 3 gir pålitelighetsklasse RC3, prosjekteringskontrollklasse PKK3 og utførelseskontrollklasse UKK 3.
- Geoteknisk kategori 2 gir pålitelighetsklasse RC2, prosjekteringskontrollklasse PKK2 og utførelseskontrollklasse UKK2.

Definisjoner for kontrollform og kontrollklasser ved prosjektering og ved utførelse er gitt i Eurokode 0, NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [12], se også N200 [3].

For tunneler er sammenhengen mellom geoteknisk kategori, konsekvensklasse, pålitelighetsklasse, prosjekteringskontrollklasse (PKK) og utførelseskontrollklasse (UKK3) gitt i tabell V2.3.

Tabell V2.3: Sammenheng mellom geoteknisk kategori og kontrollklasse

Geoteknisk kategori	Konsekvensklasse (CC)	Pålitelighetsklasse (RC)	Prosjekteringskontrollklasse (PKK)	Utførelseskontrollklasse (UKK)
3	CC3	RC3 (/RC4)	PKK3	UKK3
2	CC2	RC2	PKK2	UKK2

Områder/objekter i geoteknisk kategori 3 gjennomgår en faglig utvidet kontroll i planfase (PKK3) og i byggefase (UKK3). Den utvidede kontrollen er uavhengig av den som har prosjektert (PKK3) og den utførende (UKK3). Foretak som er delaktig i utførelsen, for eksempel ved anvisning av permanentsikring, er ikke uavhengig og kan dermed ikke utføre kontrollen. Dersom noe omprosjekteres i byggefasen gjennomføres ny utvidet kontroll før bygging.

2.4 Geologiske forundersøkelser i tidlig planfase

De geologiske forundersøkelsene gir grunnlag for å vurdere gjennomførbarheten av tunnelprosjektet. Det er viktig å oppnå en forståelse av de regionalgeologiske forhold for å tolke forløp av bergarter og strukturer langs traseene.

(1) 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.

Undersøkelsene i tidlig fase kan være del av konseptvalgutredning (f.eks. vurdering av bru- eller tunnelloøsning) eller konsekvensutredning der flere mulige tunneltraseer utredes. Antall alternativer reduseres i tidlig planfase. Det er derfor viktig å få en oversikt over kostnadene for alle aktuelle alternativer.

Alternative traseer er gjerne foreslått uten at det er foretatt vurderinger av topografiske og geologiske forhold. Det viktigste i denne fasen er å avdekke traséalternativer der geologiske forhold kan være kritiske med hensyn til gjennomføring og kostnader, for eksempel bergoverdekning og miljøhensyn. Det er også mulig å foreslå nye traseer og begrunne hvorfor de kan være bedre egnet. I denne sammenhengen er regionalgeologisk innsikt av stor betydning for optimalisering av traseer.

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

(2) Forundersøkelsene skal som et minimum omfatte:

- Innsamling og vurdering av eksisterende informasjon. Geologiske og topografiske kart, publikasjoner (NGU, fagartikler, brønndatabasen osv.) og rapporter fra tidligere utførte undersøkelser.
- Geologisk informasjon fra eventuelle nærliggende anlegg og eksisterende tunneler.
- Lineamentsanalyse på bakgrunn av kart og/eller flyfoto.
- Vurdering av områder som kan være spesielt utsatt for påvirkning fra tunnelen. Dette gjelder forhold som fare for skadelig grunnvannssenkning, setninger, vibrasjoner, utslipp mv.
- Vurdering av usikkerhet vedrørende bergoverdekning.

Forundersøkelsene tilpasses til om tunnelprosjektet er i bynære strøk eller ikke, og om tunnel er på land eller undersjøisk. Tidligere erfaringer og data knyttet til bergmekaniske forhold, steinmaterialkvalitet m.m. fra området kan ha stor betydning for den videre planleggingen. En gjennomgang baseres på tilgjengelig kartmateriale, geologisk kartlegging, utførte grunnboringer, geologisk informasjon fra eventuelle nærliggende anlegg og eksisterende tunneler, og øvrige aktuelle undersøkelser. Det kan også foreligge undersøkelser utført av NGU eller universiteter og høyskoler. Materialet/informasjonen sjekkes og kan kommenteres i rapporten også om de ikke gir relevant informasjon for tunnelprosjektet.

I tidlig planfase er det ikke alltid aktuelt med detaljert geologisk kartlegging langs hele strekningen for alle traséalternativene. Dette avhenger av god bergoverdekning og en studie av lineamenter, regionale forkastninger, sprekker osv.

For tunneler i byer/tettbebygde områder kreves spesiell oppmerksomhet på løsmasser, løsmassemekthet og setningsproblematikk. Til geologisk rapport lages et kart som viser fordeling av bart berg/tynt dekke og tykke løsmasser for slike områder. Det er avgjørende at bergoverdekningen og dermed løsmassemektheten avklares i kritiske områder, og at usikkerheten i bergoverdekning kommer fram. I de tilfellene der slike undersøkelser ikke er utført på dette planstadiet beskrives hvilke undersøkelser som er nødvendig for å fastslå bergoverdekningen. Trasé i tettbygd område med liten eller ingen mulighet til å endre påhugg eller trasé, gjennomgås spesielt mht. kritiske områder og konsekvenser.

Miljøgeologiske problemstillinger tas opp til vurdering. Planlegging av hvordan overskuddsmasser håndteres startes opp [26/V520]. Miljøfarlige bergarter, for eksempel alunskifer, omtales slik at tiltak som deponiområder kan bli satt på dagsorden i en tidlig fase. Se V520 (2021) punkt 2.4.5.

Se V520 (2021) punkt 2.4 Forundersøkelsesmetoder

Undersøkelser for undersjøiske tunneler innbefatter overgangssonene mellom land og sjø.

For undersjøiske tunneler utføres refleksjonsseismikk (akustikk) for å kunne si noe om bergoverflaten og løsmassemekthet og dermed gjennomførbarhet for aktuelle traseer. Det videre arbeidet med å fastslå bergoverflaten og bergkvaliteten i kritiske områder ved bruk av refraksjonsseismikk beskrives. For kjerneboring, se V520 (2021) punkt 2.4.2. Det utføres en regionalgeologisk vurdering der svakhetssoner og dyprenner kartlegges og hvordan disse har forløp ut i sjøområdet. Stor mektighet på løsmassene kan få konsekvenser for tunnallengde og -dybde.

Ved plassering av tunnelpåhugg er det viktig å være oppmerksom på områder der det er fare for skred eller flom. I geologisk rapport legges spesiell vekt på plassering og utforming av påhugg og innkjøringszone. Her kan kart fra NVE være til hjelp, se (V520 (2021) punkt 2.2.4.

(3) Forundersøkelsene sammenstilles i en rapport som skal inneholde:

- Oversiktskart med tunneltrasé(er), profilnummer for hvert tunnellop.
- Geologisk kart. Kart med data fra eventuell feltkartlegging med geologiske observasjoner (målestokk avhengig av prosjektets omfang; punkt 2.2, utførte grunnboringer, eventuelt utførte seismiske undersøkelser, kjerneboringer og øvrige undersøkelser.
- Geologiske profiler (presentert med høyde/lengde 1:1), inkludert utførte grunnboringer.
- 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, herunder eventuell forekomst av dypforvitring, potensielt forurensende bergmasse, m.m.
- Beskrivelse av geologiske forhold og vurdering av gjennomførbarhet for hvert tunnelalternativ
- Forslag til plan for videre forundersøkelser med foreløpig overslag over behov for boringer, geofysiske undersøkelser, prøvetaking, laboratorieanalyser m.m.
- Referanser.

Se V520 (2021), punkt 2.6 Rapportering og presentasjon i geologiske rapporter.

I rapporten gis en konkret beskrivelse av behovet for videre undersøkelser for hvert alternativ. For alternativer som krever omfattende forundersøkelser og kompliserte utfordringer for tunneldriften beskrives disse.

Geologisk rapport lagres/arkiveres, for riksveg gjelder Statens vegvesens Rapportweb.

2.5 Geologiske forundersøkelser i kommunedelplan

Forundersøkelsene danner det geologiske grunnlaget for valg av veglinjealternativ.

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

- Kartlegging av løsmasser og berg i dagen, svakhetssoner og strukturetninger i berget. Målestokk, se punkt 2.2.
- Felt- og grunnundersøkelser.

I forbindelse med kommunedelplan gjøres som regel geologiske undersøkelser av to eller flere alternative tunneltraseer, med anbefaling av én trasé som konklusjon. Undersøkelsene tilpasses til om tunnelprosjektet er i bynære strøk eller ikke, og om tunnel er på land eller er undersjøisk.

Det er viktig at det arbeides tverrfaglig i prosjektet sammen med vegplanlegger for å fange opp sammenhenger og utfordringer mellom de ulike fagområdene geologi, geoteknikk, hydrogeologi og miljøgeologi.

På dette planstadiet er det ikke krav om å skille ut tolkninger og fakta i adskilte deler av rapporten, men det er praktisk med tanke på rapportering i senere fase. Det anbefales derfor at det i geologisk rapport skilles mellom hva som er faktaobservasjoner og hva som er tolkninger i tekst, tabeller og figurer.

Se V520 (2021), punkt 2.4 Forundersøkellesmetoder.

Se V520 (2021), punkt 2.6 Rapportering og presentasjon i geologiske rapporter.

Geologisk rapport lagres/arkiveres, for riksveg gjelder Statens vegvesens Rapportweb.

(2) Felt- og grunnundersøkelsene og vurderingene/tolkningene skal omfatte følgende:

- Bergmassen
 - Bergarter og bergartsgrenser. For undersjøiske tunneler angis også bergarter på landsidene, med påhuggsområdene
 - Lagdeling og foliasjon
 - Sprekkemønster og sprekketetthet
 - Svakhetssoner
 - Lineamentsstudier fra kart og oversiktsfoto fra fly eller andre digitale karttjenester
 - Omfang av dypforvitring
 - Behov for detaljerte undersøkelser av miljøfarlig bergmasse, for avklaring om det kreves videre håndtering
- Løsmasser, typer og mektighet. For undersjøiske tunneler angis også vanndybder/ sjøbunntopografi.
- Bergoverdekning.
- Hydrologiske og hydrogeologiske registreringer:
 - Måleprogram for grunnvannsnivå og poretrykk der dette er nødvendig, inkludert registrering av vannreservoarer og myrområder samt årstidsvariasjoner 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.

Se V520 (2021), punkt 2.8 Geologisk kartlegging og rapportering til kommunedelplan.

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

Grunnundersøkelser sikrer at tekniske løsninger som foreslås er gjennomførbare og videre danner grunnlaget for mengdeanslag.

(4) Forundersøkelsene skal sammenstilles i en rapport med følgende innhold:

- Oversiktskart med tunneltrasé(er), profilnummer for hvert tunnellop.
- Geologiske kart, med data fra feltkartlegging med geologiske observasjoner, presentert med sprekkemålinger langs trasé, utførte grunnboringer, eventuelt utførte seismiske undersøkelser, kjerneboringer og øvrige undersøkelser (målestokk, se punkt 2.2).

- Geologiske profiler for alternativene presentert med høyde/lengde 1:1.
- En oversikt over området geologi, og en beskrivelse av strukturgeologiske, hydrogeologiske og miljøgeologiske forhold som kan være av betydning for valg av alternativ.
- Oversikt over områder som krever spesielle tiltak, for eksempel svakhetssoner, høye bergspenninger, berg som kan representere en miljøfare m.m.
- Oppdatert forslag til plan for videre forundersøkelser, med overslag over behov for boringer, geofysiske undersøkelser, prøvetaking, laboratorieanalyse m.m.
- Referanser.

2.6 Geologiske forundersøkelser i reguleringsplan

Forundersøkelsene i reguleringsplan, sammen med undersøkelsene fra tidligere planfaser danner grunnlaget for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlaget.

(1) Alle undersøkelser skal være utført i løpet av dette planstadiet.

Undersøkelsene baseres på de utførte undersøkelser og rapporter fra tidlig planfase og kommunedelplan, samt de anbefalte forundersøkelser fra kommunedelplan. Det kan også være aktuelt med bergspenningsmålinger. Det er viktig at det arbeides tverrfaglig i prosjektet sammen med vegplanlegger for å fange opp sammenhenger og utfordringer mellom de ulike fagområdene geologi, geoteknikk, hydrogeologi og miljøgeologi. Se V520 (2021), punkt 2.4 Forundersøkelsesmetoder.

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

Resultater/rapporter fra de tidligere undersøkelsene tas med i geologisk rapport for reguleringsplan. Dette gjelder også resultater fra traseer som nå ikke lenger er aktuelle; for eksempel seismiske undersøkelser der lavhastighetssoner er dokumentert og plassert i terrenget. Dersom disse resultatene ikke er relevante beskrives og begrunnes dette. Dersom det er aktuelt med supplerende undersøkelser i videre arbeider etter reguleringsplannivå, beskrives og begrunnes dette. Forventede avklaringer i slike undersøkelser presenteres, med estimat for kostnader.

*Se V520 (2021), punkt 2.6 Rapportering og presentasjon i geologiske rapporter.
Se V520 (2021), punkt 2.9 Geologisk kartlegging og rapportering til reguleringsplan.
Geologisk rapport lagres/arkiveres, for riksveg gjelder Statens vegvesens Rapportweb.*

(3) Geologisk rapport skal skille mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger.

(4) Det skal utføres bergmasseklassifisering med bruk av Q-metoden.

*Se V520 (2021), punkt 2.5 Bergmasseklassifisering
For nærmere beskrivelse av metoden, se Bruk av Q-systemet – Bergmasseklassifisering og bergforsterkning [37/V520].*

(5) I tillegg skal følgende forhold utredes:

- Influensområder.
- Kartlegging av løsmasser: tykkelse og setningsømfintlighet.
- Registrering av fundamenteringsforhold for byggverk.
- Vurdering av aktuelle tiltak for å oppfylle fastsatte lekkasjekrav.
- Vurdering av miljømessige konsekvenser ved avrenning fra tunnel (se også kapittel 3 Ytre miljø).

For undersjøiske tunneler gjelder spesielt: Bergoverdekning mindre enn 50 m godkjennes av Vegdirektoratet, basert på dokumentasjon som viser at dette er forsvarlig (se punkt 2.1).

Grunnlaget for eventuell bergoverdekning < 50 m for undersjøiske tunneler diskuteres i geologisk rapport.

Geologisk rapport til reguleringsplan inndeles i en faktadel og en tolkningsdel.

(6) **Del 1:** Faktadelen i rapport for reguleringsplan skal inneholde:

- Oversiktskart med tunneltrasé(er), profilnummer.
- Geologisk kart og profil av traseen, med målestokk 1:1000 i A3 (se også punkt 2.2). Registreringer presenteres på kart og profil sammen med tunneltraseen. Kart med geologiske observasjoner: bart berg/ løsmasser, bergarter/bergartsgrenser, svakhetssoner, sprekker/ foliasjon, alle typer boringer, ev. seismiske undersøkelser og ev. øvrige undersøkelser.
- Geologisk kart, lengde- og tverrprofiler av forskjæring og påhuggsområdene og andre kritiske områder, med målestokk 1:500 - 1:1000 i A3.
- Geologiske profiler presentert med høyde/lengde 1:1.
- Beskrivelse av bergarter, foliasjon, strukturer og andre geologiske observasjoner.
- Analyse av sprekketetthet og sprekkeorientering. Sprekkerose og stereoplott.
- Resultater fra utførte undersøkelser:
 - Grunnboringer (bergkontroll, totalsondering, annen sondering).
 - Kjerneboringer.
 - Geofysiske undersøkelser.
 - Kvalitetsanalyser av steinmaterialer.
 - Miljøgeologiske undersøkelser.
- Spesielle lokale hensyn.
- Oppsummering/ konklusjon.
- Referanseliste over rapporter og annet som rapporten bygger på.

-
- *Berggrunn, bergartstype, løsmasser, strøk/fall, sprekker, foliasjon og svakhetssoner tegnes alltid inn på kartene (se V520 (2021) punkt 2.6.2), men der det ikke er plass til all informasjonen trekkes noe informasjon ut og vises annet sted.
Resultatene fra grunnboringer, seismikk/resistivitet, kjerneboringer, o.l. presenteres som regel i egne rapporter og det vises til disse. Minimum geografisk plassering tegnes inn på de geologiske kartene. I tilfelle plassmangel kan boringer fortsatt vises som punkter uten boreinformasjon, seismikk/ resistivitet som linjer med fortykkelse for soner med lavhastighet/høyresistivitet og kjerneboringer som pil for ansett og retning/stupning.
Områder med mye innsamlet informasjon er gjerne knyttet til mulige problemstrekninger. Kart/profiler med alle opplysninger forstørres opp i disse områdene. Eksempler her er liten bergoverdekning (som under en dalbunn, et elveløp, rett under bebyggelse), påhuggsområder (se punkt lenger ned) og nærliggende bergrom/tunneler.*
 - *Påhuggsområdene beskrives grundig på mer detaljerte kart, helst i 1:500, ev. enda større målestokk. Ved siden av lengdeprofil vises tverrprofiler fortløpende fra forskjæring og inn forbi planlagt/antatt påhugg, inkl. geologi og utførte grunnundersøkelser som boringer/seismikk.*
 - *Det konstrueres egne lengdeprofiler i samme målestokk som det geologiske kartet, uten vertikal overdrivelse. Lengdeprofiler vil alltid være en best mulig tolkning av geologien ned mot tunnelnivå. Se V520 (2021) punkt 2.6.3 for presentasjon av lengdeprofiler.*
 - *Bergartene langs traseen identifiseres og navngis korrekt. Utseende, foliasjon/lagdelling, folding og typisk oppsprekking beskrives (det skilles mellom lagdelling/foliasjon og sprekker). Gode fotografier er viktig. Bergarter med høyt kvartsinhold, asbest, spesiell kjemi, radon, etc. vies spesiell oppmerksomhet og tas videre i tolkningsdelen.
Svakhetssoner/sprekkesoner/forkastninger/bruddsoner er sjelden direkte blottet, men de beskrives på grunnlag av de data som kan fremskaffes, hvis aktuelt også i en regionalgeologisk kontekst. Tolkede svakhetssoner beskrives videre i tolkningsdelen.*
 - *Resultatene fra kartlegging av sprekker presenteres i tekst og diagrammer (sprekkerose og polplott) sammen med tunnelens retning, og med representative sprekkemålinger. Analysen kan deles inn i mindre underområder dersom det gir et bedre og mer oversiktlig bilde av forholdene langs traseen. Se V520 (2021) punkt 2.6.4.*
 - *Totalsonderinger, bergkontrollboringer, o.l. er presentert i egne geotekniske rapporter og det refereres til disse. Boringene legges også inn på geologiske kart og lengde/tverrprofiler. Se V520 (2021) punkt 2.4.2.*
 - *Hovedkonklusjonene fra rapport etter logging av kjerneprøvene tas med i teksten i den geologiske rapporten, og på geologiske kart/lengdeprofiler, eller som egen tegning. Se V520 (2021) punkt 2.4.2 for presentasjon av kjerneboringer.*

- *Resultater fra eventuelle geofysiske undersøkelser. Det vises til de enkelte fagrapportene, men hovedkonklusjonene presenteres i geologisk rapport. Se V520 (2021) punkt 2.4.3 for presentasjon av geofysiske undersøkelser.*
 - *Bergarter som kan føre til forurensning presenteres på geologiske kart og profiler slik at forekomst og omfang av slik bergmasse på tunnelnivå kommer tydelig fram. Resultater av kjemiske og mineralogiske analyser samt eventuelle utlekkings tester presenteres, med vekt på forhold som kan påvirke forurensningspotensialet (som for eksempel variasjoner i tungmetallinnhold, syrepotensiale, forvitringstilstand og fragmenteringsegenskaper). Resultater fra vannkjemiske analyser av bekkevann m.m. som drenerer gjennom området beskrives. Det refereres til resipientundersøkelser, vernestatus og sårbarhet.*
 - *Dersom det er tatt prøver av bergartene langs traseen og disse er undersøkt i laboratorium med tanke på bruk til vegformål (eks. Los Angeles, Micro-Deval), tas resultatene/rapportene inn i faktadelen.*
 - *Eventuelle andre undersøkelser og målinger. Noen eksempler her er optisk/akustisk televiwer i borehull, bergspenningsmålinger og petrografiske undersøkelser/tynnslip. Rene observasjoner/registreringer beskrives i faktadelen med referanse til fagrapporten og vises i tillegg på det geologiske hovedkartet – minst med geografisk lokalisering. Diskusjon/tolkninger legges inn i tolkningsdelen. Boredata og registreringer fra egne undersøkelses- og peilebrønner for poretrykk og grunnvannstand presenteres i faktadelen (med referanse til fagrapporten), men de hydrogeologiske vurderingene hører til i tolkningsdelen.*
 - *Andre lokale forhold som ikke er nevnt og som kan ha betydning for eller få konsekvenser av tunnelen. Brønner (både drikkevanns- og energibrønner) og vannreservoarer/nedslagsfelt registreres, om det ikke allerede er gjort i forbindelse med en egen hydro(geo)logisk undersøkelse. I så tilfelle tas et sammendrag med i geologisk rapport, og det vises til fagrapporten. Forekomst og håndtering av forurenset grunn, for eksempel alunskifer, sulfidførende gneiser eller berg som klassifiseres som radioaktivt avfall dokumenteres med referanse til egne fagrapporter som påviser sammenhenger mellom forurensningspotensial og påvirkning på lokale resipienter. Krav til transport og deponering av forurensende masser fremgår i andre deler av konkurransegrunnlaget. Det forutsettes at nødvendige tillatelser fra forurensningsmyndighetene er innhentet. Det samarbeides med YM-koordinator i prosjektet, som har ansvar for at risiko kartlegges, vurderes og håndteres. Samtlige vann- og energibrønner er sjelden registrert, derfor kan det være aktuelt for prosjektet å kontakte et visst antall huseiere (også ved tvil) for å unngå overraskelser i byggeperioden. Hvordan tunnelen kan påvirke brønnene beskrives i tolkningsdelen.*
 - *Fullstendig, sporbar referanseliste over håndbøker, artikler, rapporter og nettsider.*
-

(7) Del 2: Tolkningsdelen i rapport til reguleringsplan skal inneholde:

- Tolkninger av de geologiske forholdene langs tunneltraseen: bergartsgrenser, bruddstrukturer og svakhetssoner og mulig lokalisering i tunnelnivå.
- Usikkerhet mht. bergoverdekning og påhugg.
- Bergmasseklassifisering (Q-verdier) fra feltkartlegging og estimert i tunnelnivå presentert langs trasé, med sikringsestimert iht. tabell 7.1.
- 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 maksimal innlekkasje for å unngå skadelig poretrykksenkning.
- Antatt omfang av injeksjonsarbeider.
- Påpekning av eventuelle forhold som kan ha betydning for boring og sprengning (boreavvik, ladevansker o.a.).
- Sannsynlighet for å påtreffe høye/lave bergspenninger.
- Påpekning av usikkerheter eller spesielle risikoer.

Spesielle/lokale forhold kan medføre at tolkningsdelen utvides med flere punkt.

- *På grunnlag av innsamlede observasjoner og registreringer beskrives de geologiske forholdene (bergarter, oppsprekking, svakhetssoner) langs tunneltraseen best mulig, med tolkning til tunnelnivå, relatert til profilnummer. Bruddstrukturer og svakhetssoner som kan gi spesielle problemer diskuteres, og muligheten for å treffe på dårlig bergmassekvalitet og vannproblemer belyses og diskuteres. Det gis en omtale av bergarter som kan føre til sur/giftig avrenning.*
- *Med minkende bergoverdekning øker også konsekvensen av usikkerheten knyttet til bergoverflatens reelle beliggenhet, særlig ved påhugg. Verdien av og usikkerheten i utførte undersøkelser diskuteres, og eventuelle tiltak beskrives.*

- En bergmasseklassifisering langs tunnelen utføres for å få en mest mulig realistisk oppfatning av forventede sikringsmetoder og –mengder. Fra tilgjengelige data og observasjoner beregnes Q-verdier slik at antatt bergmasseklasse A, B, C, osv. kan vises langs lengdeprofilen og/eller i tabeller med tilhørende profilnummer. Q-systemets inngangsparametere presenteres, sammen med hvilke antakelser som gjøres. Beregnede Q-verdier fra kjerneborehull i nærheten av tunneltraseen presenteres. Resultatene vises på kart/lengdeprofiler der det er mulig, ellers på egne tegninger/tabeller. Se V520 (2021) punkt 2.4.2 for presentasjon av kjerneboringer.
- Løsmasser og geotekniske forhold som kan påvirkes av tunnelen diskuteres, med henvisning til geotekniske rapporter der slike foreligger. Setningsproblematikk og eventuell skredfare (f.eks. kvikk-leire) med behov for tiltak omtales.
- Brønner og vannreservoarer er beskrevet i faktadelen, og ut fra informasjonen fra disse (og ev. egne prøvebrønner og grunnboringer) og annen innsamlet informasjon beskrives og diskuteres de forventede hydrogeologiske forholdene. Hvordan tunnelen kan påvirke grunnvannet diskuteres, og hvilke tiltak som iverksettes (jf. innlekkasjegrenser og injeksjonsomfang nedenfor). Risiko for store vannmengder vurderes og beskrives. Mulighet for innlekkasje av vann og behov for tiltak mot senkning av grunnvannstanden i forbindelse med etablering av påhugg beskrives. Se V520 (2021) punkt 2.4.6. Konsekvensene av opplysningene diskuteres, og virkningen for tunneldriften diskuteres og begrunnes. Erfaringer fra nærliggende anlegg er faktaopplysninger, men i hvilken grad disse opplysningene kan overføres til det nye tunnelprosjektet tilhører tolkningsdelen.
- Der det på grunn av naturmiljø, fare for skadelige setninger, drikkevannskilder, etc. er utarbeidet krav for restlekkasjer bak stoff, legges disse inn i rapporten som tabell eller kart. Grensene gis som maksimum tillatt innlekkasje i liter/minutt/100 m. I toløpstunneler fortrinnsvis gitt som begge løp samlet.
- I hvilken grad det kan forventes systematisk injeksjon eller injeksjon basert på sonderboring, ev. ingen injeksjon, anslås. Det understrekes i tolkningen at usikkerheten kan være stor og at forholdene i tunnelen kan være annerledes. Ved meget strenge krav og store konsekvenser påregnes systematisk injeksjon, mens det ved mer moderate krav trolig holder med injeksjon basert på sonderboring.
- Spesielt harde eller oppsprukne bergarter som kan gi bore- eller ladevansker beskrives. Dette gjelder for eksempel bergarter med høyt kvartsinnhold. Det gis også en vurdering av sprengbarhet, på grunn av stor forskjell på ulike bergarter.
- Der det ikke er gjort egne spenningsmålinger vurderes sannsynligheten for å påtreffe høye eller lave bergspenninger, med bakgrunn i berggrunn/topografi/overdekning. Eventuelle konsekvenser for tunneldriften diskuteres. Det kan innhentes informasjon fra publiserte artikler/rapporter og erfaringer fra nærliggende tunneler og bergrom.
- Behov for spesiell håndtering/deponering beskrives der det er registrert bergarter som kan føre til forurensning.
- Det kan være store variasjoner i steinmaterialkvalitet innen samme bergartsenhet langs traseen og ned mot tunnelnivå (i tillegg kommer usikkerheten ved projisering ned mot tunnelen). Det er viktig å gjøre oppmerksom på at resultatene kun gjelder prøvematerialet og ikke ses på som representativt for hele bergarten slik den vises på de geologiske kartene og profilene.
- Det er viktig at alle usikkerheter kommer fram i tolkningsdelen av rapporten. Dette omfatter usikkerhet knyttet til mektighet av svakhetssoner, bergarter og lekkasjeforhold med mer. Spesielle risikoer som kvartsinnhold, asbest, bergartskjemi, radon etc. omtales.

Vurdering av grunnvann, poretrykk og setninger

Tunnelens innvirkninger på grunnvannet i området vurderes og diskuteres. Grenser for innlekkasjer og lekkasjekrav vurderes og diskuteres i rapporten. Det vises til eventuelle hydrogeologiske rapporter der disse grenseverdiene er begrunnet. Virkningen og kostnadene for tunneldriften diskuteres. Mulighet for innlekkasje av vann og tiltak mot senkning av grunnvannstanden også i forbindelse med etablering av påhugg beskrives. Se også V520 (2021) punkt 2.4.6. Spesielle lokale hensyn beskrives og kan for eksempel være brønner, vannmagasiner og særlig sårbare omgivelser. Dersom det ikke er gjort i egen hydrogeologisk rapport innhentes opplysninger fra NGU's brønndatabase (GRANADA) og kommunen. Ifølge vannressursloven meldes grunnvannsutttak over 100 m³ per døgn til vassdragsmyndigheten, som vurderer om uttaket krever tillatelse. En tunnel sees i sammenheng med andre påvirkninger i området. Maler (forhånds vurdering) finnes hos nve.no. Se også NVE veileder [43/V520].

Påhugg, forskjæringer, skredfare

Løsmassemeknigheten i påhuggsområder bestemmes ut fra boringer eller seismikk. I prinsipp er dette undersøkt i tidligere fase, men suppleringer gjøres der det fortsatt er usikkerheter. I lengde- og tverrprofiler vises reelt terreng der alle koter er benyttet i modelleringen. Der aktuelle påhuggsområder kommer innenfor aktsomhetsområder for skredfare (se V520 (2021) punkt 2.2.4) vurderes dette av skredfaglig rådgiver, se N200 [3].

Påhugget tilpasses best mulig til landskapet, men skrå påhugg unngås i størst mulig grad (se V520 (2021) punkt 7.3). Planlegging av høye forskjæringer og høye påhuggsflater unngås der det er mulig.

Massehåndtering

Usikkerheter eller spesielle risikoer påpekes i geologisk rapport. Spesielle risikoer kan være bergartskjemi (se V520 (2021) punkt 2.4.5), radon med mer. Kartlegging av risiko skjer i samarbeid med YM-koordinator i prosjektet. I forbindelse med reguleringsplanarbeidet innhentes nødvendige tillatelser fra forurensningsmyndighetene, se V520 (2021) punkt 2.4.5. Beslutninger fra forurensningsmyndighetene i forbindelse med massehåndtering kan påvirke planleggingen og føre til krav om seinere omregulering. Dette gjelder i særlig grad for tunnelprosjekter der det er stort omfang av forurensende bergmasse.

Miljødirektoratet [26/V520] beskriver rutiner og formelle krav etter regelverket for å håndtere ikke-forurensede masser. Vegprosjekter søker Miljødirektoratet om å sluttdisponere overskudd av masser. Under arbeid med reguleringsplan vil det arbeides med disponering av ulike typer masser i prosjektet. God karakterisering av bergarter i planfasene er derfor viktig.

Geologisk rapport for reguleringsplan foreslår bemanning i byggefasen, ut fra forventede geologiske utfordringer.

2.7 Geologisk rapport for konkurransegrunnlag

I prosjekteringsfasen bearbeides prosjektet frem til ferdige konkurransegrunnlag for entreprisearbeidene.

(1) Det skal utarbeides en egen rapport for konkurransegrunnlaget for entreprisearbeidene. Rapporten utarbeides på grunnlag av undersøkelser utført i reguleringsplan.

Geologisk rapport til konkurransegrunnlag er basert på geologisk rapport til reguleringsplan og tidligere geologiske undersøkelser og rapporter fra prosjektet/området. Rapporten deles etter innledningen tydelig opp i en egen faktadel og en egen tolkningsdel.

I innledningen gis en kort oversikt over prosjektet, en oversikt over utførte undersøkelser og en oversikt over trasé inkl. profilnummer på topografisk oversiktskart og geologisk oversiktskart fra NGU.

Faktadelen inneholder rene observasjoner og registreringer fra kartleggingen i felt, inkludert måleresultater fra borer, seismikk etc. Faktadelen gir entreprenøren grunnlag for egne tolkninger og vurderinger av grunnforholdenes betydning for entreprenørens arbeid.

Tolkningsdelen inneholder geologiske vurderinger, slik at den utførende får best mulig informasjon om bergforholdene for egne vurderinger og tolkninger.

Se V520 (2021), punkt 2.6 Rapportering og presentasjon i geologiske rapporter.

Geologisk rapport lagres/arkiveres, for riksveg gjelder Statens vegvesens Rapportweb.

(2) Resultater fra eventuelle supplerende grunnundersøkelser og fra kartlegging og overvåking av omgivelsene basert på måleresultater skal rapporteres i geologisk rapport til konkurransegrunnlag.

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 overvåking av omgivelsene (grunnvann, setningsfare), blant annet basert på de måleresultater som foreligger.

(3) Følgende skal utføres/utredes, om det ikke allerede er gjort:

- Kartlegging av løsmasser (type, tykkelse, setningsømfintlighet) vha. feltkartlegging, borer og eventuell laboratorietesting.
- Kartlegging av fundamentforhold og bygningsbesiktigelser
- Definere influensområder i forbindelse med grunnvannssenkning og setningsfare i løsmassene
- Vurdere hvilke skader som kan oppstå, og foreslå nødvendige tiltak for å sikre omgivelsene, som innlekkasjekrav og forinjeksjon, eventuelt vanntett utstøpning
- Vurdere behov for søknad om tillatelse for regulering av vann, utdrenering, mv.
- Vurdere behov for spesiell håndtering/deponering av forurensende masser
- Vurdere variasjon med tanke på steinmaterialkvalitet
- Miljømessige konsekvenser ved avrenning fra tunnel og tunnelmasser

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

Eventuell skredfare i påhugg/forskjæring med tiltak kan omtales, men er ikke en del av geologisk rapport til konkurransegrunnlaget for tunnel.

Vibrasjonsgrenser på byggverk, sårbare installasjoner, andre bergrom, fare for kvikkleireskred, osv. i forbindelse med sprengning er normalt ikke en del av geologisk rapport, og er i så fall oppgitt annet sted i konkurransegrunnlaget. Ved få naboforhold kan det gjøres en vurdering i rapporten, men spesielt ved kompliserte prosjekter med mange utenforstående anbefales en egen uavhengig utredning for vurdering og fastsettelse av grenseverdier.

(4) En fagansvarlig for de geologiske undersøkelsene skal kvalitetssikre at konkurransegrunnlaget gjenspeiler de geologiske utfordringene vedrørende sikringsmengder, sikringsmetoder, injeksjonssementer og -mengder etc., som kan forventes i forbindelse med gjennomføring av tunnelen.

(5) Geologisk rapport skal inneholde en faktadel og en tolkningsdel. Innhold i geologisk rapport for konkurransegrunnlag skal være iht. rapport for reguleringsplan (se punkt 2.6).

Se veiledning til innhold i geologisk rapport til reguleringsplan; faktadel og tolkningsdel.

3 YTRE MILJØ

3.1 Generelt

Relevante forhold knyttet til ytre miljø kartlegges og innarbeides i en plan for oppfølging av ytre miljø. Basert på planen foretas en vurdering av hvilke registreringer og måleprogrammer som er nødvendige for å ivareta ytre miljø.

(1) Plan for oppfølging av ytre miljø skal som minimum omhandle temaene nevnt under, og videre oppfølging avhenger av hvilke temaer som er relevante:

- Støybelastning forbundet med utbygging og drift
- Vibrasjoner i forbindelse med utbygging og ev. drift
- Forurensning til luft (herunder støv) og kontroll med utslippene
- Forurensning til vann og kontroll med utslippene
- Kontroll med poretrykk og setninger
- Utslipp og avrenning fra deponi og sprengningsmasser
- Konsekvenser av dumping/fylling av sprengningsmasser i vann
- Klimagassutslipp
- Vurderinger knyttet til bærekraft og sirkulær økonomi (herunder gjenbruk)
- Konsekvenser av tiltaket i forhold til landskap, kulturminner og naturmangfold i utbygging og drift
- Massehåndtering

Forurensningsloven sier at all forurensning er ulovlig, med mindre det er gitt tillatelse til forurensningen. Det søkes derfor om tillatelse til å forurense og innholdet i en slik søknad er beskrevet i forurensningsforskriften § 36.2. Med en slik søknad følger en steds spesifikk og prosjektspesifikk miljørisikovurdering, samt en plan for hvilke tiltak som gjennomføres for å minimere risiko for natur og miljø.

Unntaket er i forurensningsloven §8 (begrensning i plikten til å unngå forurensninger), denne lovparagrafen åpner for at forurensning fra midlertidig anleggsvirksomhet er tillatt. Midlertidig anleggsvirksomhet har typisk en varighet på 2-3 år. Unntaket gjelder kun dersom anleggsvirksomheten ikke medfører uakseptable skadevirkninger på natur og miljø (herunder sjø og vassdrag). Ved usikkerhet på om tiltaket er innenfor eller utenfor forurensningslovens §8 kontaktes statsforvalter, på bakgrunn av nevnte miljørisikovurdering. Med større vegprosjekter følger full søknad og saksbehandling.

Krav og restriksjoner iht. ytre miljø-plan i byggefasen og gjennom godkjenning av prosjektet gjelder blant annet:

- Setninger, vibrasjoner, luftsjokk, støv, utslipp
- Naturmiljø, vannbalanse
- Forutsetninger i vedtatte planer (spesielt reguleringsplan)
- Søknads- og meldeplikt i henhold til plan- og bygningsloven og andre lover og forskrifter
- Arbeidstidsbegrensninger
- Nabokontakt og nærinformasjon.

Følgende inngår blant annet i registreringer og måleprogrammer:

- Vurdering av behov for - og omfang av bygningsbesiktigelse
- Program for vibrasjonsmålinger
- Behov for setningsbolter for registrering og senere kontrollmålinger
- Behov for registrering av grunnvannsnivå
- Målinger for dokumentasjon av vannlekkasjer i tunnel i forhold til fastsatte innlekkasjekrav
- Vannkvalitet for utslippsvann fra tunnel etter forutsatt rensing
- Oppfølging av vannkvalitet i resipienten
- Støymålinger/beregninger for dokumentasjon av at fastsatte krav holdes i byggefasen for bygge- og anleggsstøy og i driftsfasen for vegtrafikkstøy og støv fra tekniske installasjoner.

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

Sprengsteinmasser fra tunneldriving inneholder vanligvis plast i form av skyteledninger, koblingsblokker og foringsrør. Plast brytes i liten grad ned i marine miljø, men fragmenteres over tid. Det er derfor viktig at sprengsteinmasser som fylles ut i sjø

inneholder minst mulig plast og at det planlegges avbøtende tiltak for å hindre spredning av plast som fremdeles er i massene [49/V520]. Plasten håndteres iht. avfallsforskriften (se også [50/V520]).

Kartlegging og vurdering av konsekvenser for omgivelsene som følge av innlekkasjer i tunnelen utføres som en del av forundersøkelsene. Basert på forundersøkelsene vurderes definerte krav til tetthet for tunnelen. Forinjeksjon er normal tettemetode under tunneldriving (se punkt 7.4).

Begrensning av innlekkasjer: Kravene til innlekkasje kan variere langs tunneltraseen avhengig av forhold som influensområde, setningsømfintlighet og risiko for skadelige virkninger på omgivelsene. Publikasjon 103 [31/V520] fra bransjeprojektet «Miljø- og samfunnstjenlige tunneler» omhandler vurdering av konsekvenser ved grunnvannstands- og poretrykksendring for naturmiljø og urbanområder.

3.2 Utslipp av vann fra tunnel

3.2.1 Utslipp av vann fra anleggsfasen

Utslipp av vann i anleggsfasen, herunder vann fra sanitæranlegg, avløp fra verksted og vaskeplasser, samt utslipp av anleggsvann og tunneldrivevann håndteres i tråd med gjeldende regelverk. Aktuelt regelverk er forurensningsloven med tilhørende forskrifter.

Slam fra vaskeplasser, sedimentasjonsgrøfter og renseanlegg kan være forurenset. Håndtering av forurenset slam følger gjeldende regelverk, og uten gjenbruk eller blanding med rene masser.

(1) Dersom sigevannsutslipp fra midlertidige og permanente deponier kan medføre fare for forurensning skal det gjennomføres miljørisikovurdering, planlegges tiltak og søkes utslippstillatelse (jf. forurensningsloven).

(2) Tunneldrivevann skal minimum renses for olje og partikler, samt pH-justeres. Drivevannet kan resirkuleres for å redusere vannforbruk.

Grenseverdier for innhold av olje og partikler i rensert vann fastsettes for det enkelte prosjekt. Ved utslipp til sårbare resipienter og anleggsvirksomhet i spesielle bergarter, vurderes grenseverdier spesielt.

Grunn som danner syre eller andre stoffer som kan medføre forurensning i kontakt med vann og/eller luft (for eksempel tungmetaller, alunskifer), regnes som forurenset grunn dersom ikke annet er dokumentert, jf. forurensningsforskriften. Bergarter som kan gi forurensende avrenning kartlegges i detalj, se V520 (2021) punkt 2.4.5. Utgravd alunskifer kan inneholde så mye radioaktive stoffer at den forvaltes som radioaktivt avfall. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) er myndighet i slike tilfeller.

3.2.2 Drensvann, tunnelvaskevann og slam

Utslipp av drensvann er normalt ikke søknadspliktig. I områder med bergarter som kan føre til sur/ giftig avrenning, for eksempel sulfidrike bergarter og alunskifer, avklares håndtering og eventuell rensing med forurensningsmyndighetene. En slik avklaring vil inneholde en miljørisikovurdering av drensvann.

(1) Det skal gjennomføres en miljørisikovurdering for utslipp av vaskevann. Dersom miljørisikovurderingen tilsier at utslippene er, eller kan være til skade for miljøet planlegges rens tiltak og det søkes utslippstillatelse. Rens tiltaket dimensjoneres i tråd med lokal miljørisiko. Eventuelt slam fra rens tiltak håndteres i tråd med gjeldende avfallsregelverk.

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

I forurensningsforskriften (§ 36-2) går det frem hva som kreves av innhold i en søknad. Det søkes om utslippstillatelse i henhold til forurensningsloven § 11 når det blir besluttet å etablere rensetiltak.

Myndighet for søknad om utslipp:

- Utslipp til vassdrag: Statsforvalter
- Påslipp til kommunalt overvannsnett eller AF-ledning: Søknad til både Statsforvalter og kommunen
- Spillvann: Kommunen.

Utslipp av dreisvann er normalt ikke søknadspliktig. I områder med bergarter som kan føre til sur/ giftig avrenning, for eksempel sulfidrike bergarter og alunskifer, avklares håndtering og eventuell rensing med forurensningsmyndighetene. Tunnelvaskevann inneholder en blanding av partikler og ulike forurensningsstoffer, bl.a. metaller, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og vaskemidler i tillegg til mikroplast. Generelt er konsentrasjonene av forurensningsstoffer i tunnelvaskevann langt høyere enn i avrenningsvann fra veg i dagen ved sammenlignbar ÅDT. Hyppig vaskefrekvens kan redusere de akutt høye konsentrasjonene i utslippsvannet, men det totale forurensningsbidraget til vannforekomsten vil være det samme eller noe høyere. Økt vaskefrekvens kan derfor ikke anses som en erstatning for rensetiltak.

Forurensningsproduksjonen kan anslås enten ved å bruke beregningsmodellen beskrevet i [52/V520] eller bruke målte forurensningskonsentrasjoner i sammenlignbare tunneler. Vannmengdene for en helvask av tunnelen kan variere med ulike vaske- og renholdsmetoder; høytrykkspyling vs. lavtrykkspyling, børstevask etc., samt størrelse på tunnelen. Renholdsrutiner og antatt vannforbruk [52/V520] inngår derfor som del av planlegging og prosjektering av rensetiltaket.

Avhengig av miljørisiko og dimensjonering av rensetiltaket, kan aktuelle rensetiltak være sandfang, supersandfang og sedimentasjonsbasseng, samt ulike filterløsninger, enkeltvis eller i kombinasjon.

Rensetiltaket bygges med trygg og tilstrekkelig adkomst for vedlikehold, drift og prøvetaking før og etter vask, enten tiltaket ligger i eller utenfor tunnelen.

Dersom sedimentasjon er aktuelt som rensetiltak, anbefales at sedimentasjonstiden av vaskevann før utpumping å være mer enn to uker. Dette sikrer god sedimentering av partikler og partikkelbundne forurensninger. I tunneler der det benyttes såpe, vil det være en fordel å øke sedimentasjonstiden noe (fire til åtte uker) for nedbrytning av såpestoffer som har vist seg å være skadelig for vannlevende organismer. Dette veies imidlertid opp mot faren for at forurensningsstoffer kan begynne å remobilisere fra slammet over tid.

Sedimentasjonsbasseng bygd utenfor tunnelen anbefales å være lukket basseng, på grunn av frostproblematikk og/eller fare for gjengroing.

3.3 Støy ved tunnelåpninger

(1) Retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen T-1442 [13] skal legges til grunn for tiltak ved tunnel som krever ny plan etter Plan- og bygningsloven.

Generelt

Støy fra tunnelåpning nær bygninger med støyfølsom bruk vurderes særskilt. Støy fra tunnelåpning vil som hovedregel gi liten endring i gjennomsnittlig støynivå over døgnet. Støy fra tunnelåpning kan imidlertid ha negativ påvirkning på opplevelsen av støy i nærområdet til tunnelen (innenfor noen hundre meter, avhengig av området og lydforholdene generelt).

I tillegg til vegtrafikken er også ventilasjonssystem en mulig kilde til støyplage for naboer til tunnel. Det er derfor viktig med helhetlig planlegging og å ha bevissthet rundt plassering av vifter. Akustikk- og elektrokompetanse er viktig tidlig i forbindelse med planlegging og prosjektering.

Regelverk

For planlegging av veg gjelder Klima- og miljødepartementets retningslinjer til plan- og bygningsloven om behandling av støy i arealplanlegging T-1442 [13] (støyretningslinjen). Denne legges som hovedregel til grunn for gjennomføring av prosjekter der det kreves ny eller endret plan etter plan- og bygningsloven. Anbefalte grenseverdier for vegtrafikk er at støynivå på uteoppholdsareal og utenfor vinduer til rom med støyfølsom bruk ikke overstiger L_{den} 55 dB. Anbefalte grenseverdier gjelder for bygninger med støyfølsom bruk, slik det er definert i [13]. Støyretningslinjen [13] henviser også videre til teknisk forskrift og standard NS 8175 [54/V520]. I tillegg gjelder til enhver tid forurensningsforskriftens grenseverdi for innendørs støy.

Dokumentasjon som viser at en utredning er gjennomført i henhold til støyretningslinjen T-1442 inneholder:

- Beregninger av dagens- og framtidig støysituasjon, for nærområdet innenfor minimum 500 m fra tunnelåpning.
- Vurdering av støyreducerende tiltak for å etterleve anbefalte grenseverdier.

- Beregning av framtidig støysituasjon med foreslåtte støyreducerende tiltak.
- Drøfting av effekt av forslag til støyreducerende tiltak.
- Vurdering av støysituasjonen i bygg- og anleggsfasen.

Veiledning for å vurdere bygg- og anleggsstøy finnes i veileder til støyretningslinjen (M-128) [55/V520]. Annen relevant litteratur er NFF Teknisk rapport nr. 15 Støy fra bygge- og anleggsvirksomhet [56/V520].

Metode for beregninger

Støynivået i et punkt nær tunnelåpningen er summen av støy fra vegtrafikken utenfor tunnel, fra trafikken inne i tunnelen og støy som reflekteres fra tunnelveggene. Ulike beregningsmetoder og verktøy ivaretar disse bidragene i ulik grad. Nordisk beregningsmetode (Nord96) er godkjent metode for beregning av vegtrafikkstøy, fastsatt av Miljødirektoratet. Nord96-metoden kan imidlertid ikke beregne støy fra tunnelåpning. Eksempel på metoder for å beregne støy fra tunnel som er i bruk i dag er beskrevet i V717 Brukerveileder Nord2000 Road [57/V520], SINTEF rapport STF40 [58/V520] og i [59/V520].

Aktuelle støyreducerende tiltak

Tiltak for å redusere støy fra tunnel er etterspurt, men det finnes få aktuelle støyreducerende tiltak og effekten er usikker. Derfor er prosjektering med tanke på plassering og utforming av tunnelåpning viktig med hensyn til å forebygge støyplage. Støyskjerming utenfor tunnel kan noen steder, i noen grad, redusere støynivåene i nærmiljøet. Bruk av absorberende elementer i tunnel er i noe grad utprøvd i internasjonalt, men denne typen tiltak må oppfylle strenge krav til blant annet brann- og trafiksikkerhet.

Støy fra bergskjæringer

Støy som skyldes refleksjon fra bergskjæring er vanskelig å måle eller håndtere. De steds spesifikke forutsetningene i området kan vurderes av en akustiker. Effekten av for eksempel helling på skjæringer utenfor tunnelåpning, diffraksjon som følge av ujevn flate eller vegetasjon er mest sannsynlig begrenset.

Refleksjonsstøy fra en bergskjæring vil teoretisk maksimalt kunne gi 3dB økning, mest sannsynlig er reflektert støynivå i størrelsesorden 1 dB. Oppfattelsen av refleksjoner kan likevel oppleves som mer forstyrrende enn dB-nivået skulle tilsa, fordi lydbildet endrer seg fra hvordan direkte lyd høres ut. Bergskjæringer gjør også at støy kan bli vanskeligere å skjerme, fordi lyden blir reflektert fra lengre avstand og større høyde. En tilnærming for å redusere reflektert støy kan være å bruke jordarmering.

3.4 Utslipp av gasser og partikler

(1) 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.

Utslipp fra kjøretøyer ved tunnelåpningene vil bestå av forurenset luft med en forurensningsgrad som kan forårsake at nærområdet ved portalene utsettes for helseskadelig luft. For å avgjøre om det er behov for etablering av rensetiltak/ ventilasjonstårn vurderes luftkvaliteten.

(2) I forbindelse med reguleringsplanarbeidet skal det utføres en konsekvensutredning av utslipp fra tunnel med innhold:

- Konsekvensutredningen dekker 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.) vurderes om det er nødvendig å etablere rensetiltak, ventilasjonstårn etc.
- Dersom det etableres ventilasjonstårn, beregnes utslipp fra ventilasjonstårn med egnet spredningsmodell.

Grensene i forurensningsforskriften overholdes for forurenset luft fra tunneler, og nivåene anbefales å overholde Nasjonale mål.

Luftkvaliteten vurderes i henhold til Miljødirektoratets Retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging, T-1520 [14], uavhengig av hvilken teknisk løsning som velges for utslipp fra tunnelmunninger og ventilasjonstårn. Også luftkvalitet i forbindelse med bygg- og anleggsvirksomhet behandles i henhold til retningslinjen T-1520.

Ved å behandle lokal luftkvalitet i en tidlig fase kan framtidige problemer ved tunnelmunningene unngås. I de fleste tilfeller er det enklere å gjennomføre eventuelle tiltak tidlig i en utbyggingsfase.

Aktuelle nivågrenser som gjelder for luftkvalitet:

- Forurensningsforskriften gir grenser som gjelder for all utendørs luft.
 - Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520) fra Miljødirektoratet, legger opp til å vurdere luftkvaliteten i arealplaner på bakgrunn av gule og røde soner. For rød sone er hovedregelen at bebyggelse som er følsom for luftforurensning unngås. Gul sone er en vurderingszone hvor det vises varsomhet med å tillate etablering av bebyggelse med bruksområde som er følsomt for luftforurensning.
 - Nasjonale mål. Et ambisjonsnivå for luftkvalitet, satt av Regjeringen. Hensikten med de nasjonale målene er å gi en praktisk prioritering på hva som er viktigst innen lokal luftkvalitet.
 - Vegtunneler er spesielle utslippskilder til lokal luftforurensning. Det kan være aktuelt å innføre grenseverdier som har en margin for korttidsmiddelet i forurensningsforskriften; med timemiddel for NO₂ maksimalt 150 µg/m³, med 8 tillatte overskridelser, og døgnmiddel for PM₁₀ maksimalt 50 µg/m³, med 7 tillatte overskridelser.
-

4 GEOMETRISK UTFORMING

4.1 Generelt

Krav til tunnelprofil for ulike dimensjoneringsklasser er gitt i N100 [1].

N100 Veg- og gateutforming setter krav til linjeføring og sikt som gjelder både i og utenfor tunnel. Unntaket er maks. stigning i tunnel, som er et krav i tunnelsekkerhetsforskriften. Tunnelprofiler for de ulike tunnelklassene, inklusive profiler med havarinisjer, er vist i N100.

(1) Tunneler med lengde over 10 km skal godkjennes av Vegdirektoratet.

Kravet gjelder både riksveg og fylkesveg. Tunnellengde over 10 km er et særtrekk ved tunnel. Lange tunneler har spesielle utfordringer, blant annet når det gjelder selvredningsprinsippet, beredskap og innsats ved en hendelse. Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutstyr vurderes spesielt for hver enkelt tunnel, i sammenheng med tunnelutformingen for øvrig, ÅDT, risikoanalyse m.m.

Tunnellengden for bytunneler og motorvegtunneler begrenses og anbefales å 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.

(2) Der det sprenges to tunnellop skal minste avstand mellom sprengningsprofilene være 10 meter.

(3) Ved strukturell oppgradering av tunnelrommet i eksisterende tunneler skal fri høyde legges på minimum 4,2 m og kjørefeltbredder skal følge standardkrav for nye tunneler. I eksisterende tunneler skal høyden måles i henhold til krav i N300 [4].

4.2 Vegutforming i tunnel

4.2.1 Linjeføring

Krav til horisontalkurvatur, vertikalkurvatur og sikt er gitt i N100 [1], med unntak av krav til stigning.

Kravene til linjeføring i tunneler bygger på det samme teoretiske grunnlag som for veg i dagen. Grunnlaget for linjeføringskravene er beskrevet i V120 Premisser for utforming av veger [62/V520].

Tunneler er en forholdsvis sikker del av vegnettet, men risikoen for alvorlige ulykker kan være høyere enn på vegnettet for øvrig. Belysning i tunneler og lyse vegger med god kontrast mot vegbanen kan redusere ulykkesrisikoen. Krappe kurver og bratte stigninger medfører økt ulykkesrisiko. Det er størst ulykkesrisiko i tunnelens innkjøringssoner, der er ulykkesrisikoen ca. tre ganger så høy som midt i tunnelen.

I hver ende av tunnelen anbefales det å legge inn en kurve for å unngå at dagslyset i åpningen forverrer synsforholdene for trafikantene. I spesielt lange tunneler (> 6 km) kan det være aktuelt å legge inn lange, slake kurver for å bryte monotonien.

I et tunnelprofil kan tunnelveggen utgjøre et sikhinder og krav til sikt kan dermed bli dimensjonerende for horisontalkurveradius i tunneler. Siktkravene varierer med dimensjoneringsklasse og stigning. Kravene finnes i N100 [1] for aktuell dimensjoneringsklasse. For toløpstunneler vil krav til stoppsikt bestemme minste horisontalkurveradius for hvert av løpene. For 1-feltsvegtunneler med toveis trafikk gjelder krav til møtesikt.

Dersom det er nødvendig med horisontalradius mindre enn at krav til sikt tilfredsstilles, utvides tunnelbredden i innerkurve. Krav til breddeutvidelse i kurver er som for veg i dagen (N100).

(1) Tunnel skal bygges med stigning $\leq 5\%$.

4.2.2 Kryss i forbindelse med tunnel

(1) Kryss skal ikke anlegges i tunnel.

Kryss er eksempelvis T-kryss, rundkjøring, ramper, akselerasjons- og retardasjonsfelt (N100).

Det kan i enkelte tilfeller være aktuelt å anlegge kryss i tunnel, for eksempel der muligheten for å anlegge kryss i dagen er begrenset av stedlige forhold, som tett bebyggelse typisk i bystrøk. Hensikten med kravet er å få en spesiell vurdering av både bergtekniske forhold og trafiksikkerhet ved bygging av utvidelser/bergrom i tunnelen.

Det er viktig at et eventuelt kryssområde ses i sammenheng med bergforholdene på stedet, for å unngå plassering i et område med lav/kritisk bergoverdekning, svakhetssoner, løsmasseforsenkning, soner med dypforvitring, etc. I slike tilfeller kan det vurderes å justere veglinja for å unngå løsninger som er unødvendig kompliserte eller gir unødvendige konsekvenser for ytre miljø. Det dokumenteres at løsningen er teknisk mulig å gjennomføre med hensyn til bergtekniske forhold, spesielt i de tilfeller tunnelen planlegges med T-kryss eller rundkjøring, som krever store bergrom.

Krav til utforming av kryss-løsning for øvrig følger N100 [1] og vurderinger som gjelder linjeføring, sikt, fartsendringsfelt, fare for tilbakeblokkering av trafikk, trafiksikkerhet og brannikkerhet.

(2) Krav til avstand mellom kryss utenfor tunnel og tunnelåpning er gitt i N100 [1]. Når kryss plasseres nær tunnelåpningen, skal risiko for tilbakeblokkering inn i tunnelen vurderes.

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

4.2.3 Kjørefelt

(1) Antall ordinære kjørefelt i hver retning skal ikke reduseres inne i tunnelen.

Kravet gjelder kun ordinære kjørefelt og innebærer at eventuelle påkjøringsfelt ikke behøver å videreføres som eget felt så lenge krav til sikt er ivaretatt, og fare for tilbakeblokkering av trafikk er vurdert. Påkjøringsfelt/-ramper er definert som kryss.

(2) I tunnel skal det ikke være forbikjøringsfelt, med unntak for lange stigninger hvor det er krav om forbikjøringsfelt i henhold til N100 [1]. 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 med hastighet lik fartsgrensen.

4.3 Tunnelportaler

Hensikten med tunnelportal er å eliminere trafikkfare ved utrasing av blokker eller stein, ved snøskred, nedfall av is eller liknende og for å hindre at vann renner ut over påhugget og ned i vegbanen.

(1) Bergtunneler skal bygges med portaler i tunnelmunningen. Portalen føres tilstrekkelig langt ut fra påhugget slik at den tar imot nedfall av stein og is.

Krav til prosjektering av tunnelportaler er gitt i vegnormal N400 Bruprosjektering.

Ved risiko for nedfall og skred på portal vurderes behov for beskyttelse/støtpute i hvert enkelt tilfelle.

(2) Det skal sikres at forskjæringen inn mot portalen har tilstrekkelig bredde.

Bredden på forskjæringen vurderes ut fra plassbehov ved mulig nedfall av is, snø eller stein og plassbehov for portalstøp.

(3) Lengden på frittstående del utenfor tilbakefyllingsmasser skal være $\geq 2,0$ meter.

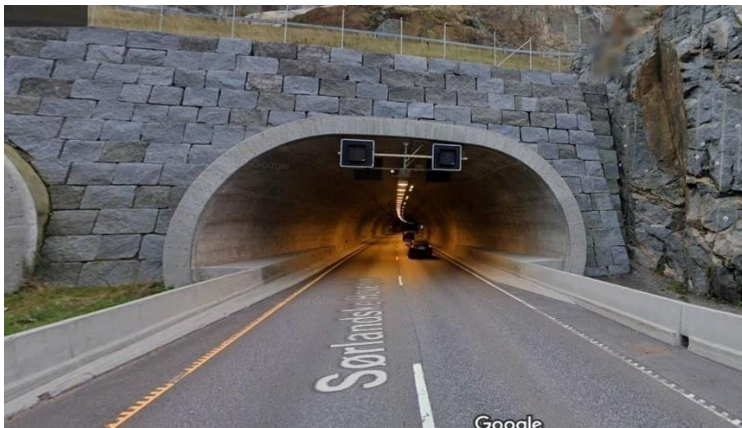
(4) Tunnelportalen og tilhørende rekkverk skal utformes slik at de ivaretar sikkerhet for påkjørsel.

Krav til rekkverk er gitt i N101 [2].

(5) Ved $\text{ÅDT} > 6\,000$ skal portalen utformes med traktform. Trakten utformes slik at tangentene til sirkelbuene er parallelle i overgangspunkter i profilet. Radius i veggen holdes konstant i henhold til normalprofilene. Radius i hengen tilpasses slik at hengen får en jevn overgang.

Traktform på tunnelportal angår trafiksikkerhet og fare for påkjørsel. En traktformet portal er i veggen vinklet tilsvarende som en havarinisje inne i tunnelen (1:10). En løsning for området ved portalen er å bygge betongrekkverk de siste 20 m foran tunnelportalen og avslutte rekkverket innenfor/i portalåpningen, se et eksempel i figur V4.1.

Tunnelportaler uten traktform kan bygges med tilstrekkelig bredde for å ivareta rekkverkløsning i portalåpningen. Rekkverkløsningen (betongrekkverk) bygges utenfor normalprofilen og tilpasses til valgt vann- og frostsikringskonstruksjon i tunnelen (veggelementer eller føringskant av betong).



Figur V4.1: Eksempel på rekkverkløsning mot- og inn i portal. Betongrekkverk uten hulrom mellom rekkverk og vegg, som er en god løsning med tanke på drift og vedlikehold (E18 Larvik, Foto: google).

(6) Lengden på kontaktstøpt del av tunnelportalen skal fastsettes på grunnlag av bergmassekvalitet og bergoverdekning.

(7) Kontaktstøpt del skal støpes mot en membran som føres ned til drenasjenivå i tunnelsålen.

Øvrige krav til membran er gitt i N400 [7].

Behovet for portaler for rømmingstunneler og nødutganger til det fri vurderes spesielt, se punkt 4.6.

4.4 Tunnelprofiler

4.4.1 Generelle krav til tunnelprofiler

Skjematisk tunnelprofil er vist i figur 4.1.

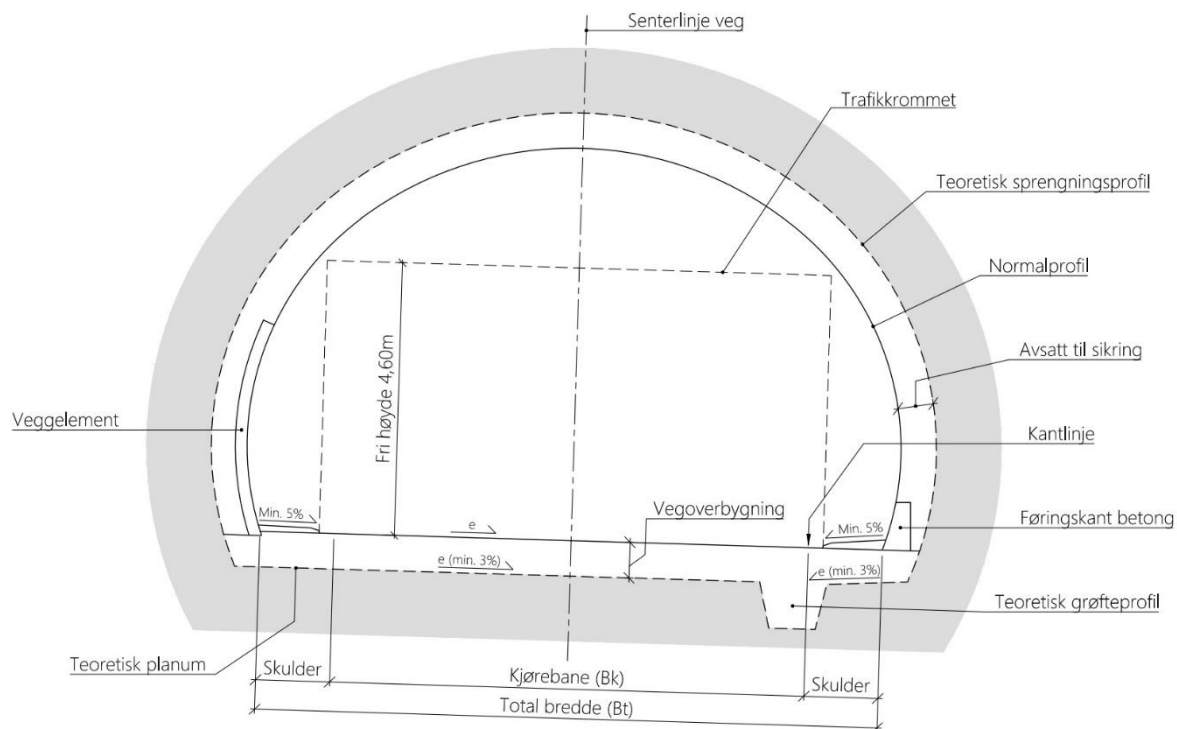
De enkelte tunnelprofilene er vist i N100 [1].

(1) Tunnelprofilen skal gi rom for skilt, signalanlegg og tekniske installasjoner. Behov for lokale utvidelser vurderes i hvert enkelt tilfelle. Minimum høyde til teknisk utrustning skal være 4,8 m over kjørebane.

(2) Fri høyde i tunneler skal være 4,6 m. Kravet til fri høyde gjelder vinkelrett på kjørebane, målt ved kantstein.

(3) Fri høyde for gående og syklende i tunnel som er tilrettelagt for gang- og sykkeltrafikk skal være minimum 3,0 m, se N100 [1].

Høydene er inkludert toleranser for vegoverbygning og senere justering av vegdekke (samlet avvik = 0,1 m).



Figur 4.1: Skjematisk tunnelprofil, vist med eksempel på veggelement og føringskant av betong.

4.4.2 Geometriske mål

(1) Tunneler skal utformes iht. krav i N100 [1] og iht. geometriske mål gitt i tabell 4.1, og vist i figur 4.2 og figur 4.3.

Tunnelprofil for betongtunneler utformes i utgangspunktet med tunnelprofil som vist i [1], og med minimum areal tilsvarende fri høyde og total bredde. I noen tilfeller kan det være grunn til å fravike standard tunnelutforming for betongtunneler, som for eksempel ved:

- behov for å legge traseen grunt. Tunneltaket legges parallelt kjørebane mens det sirkulære profilen beholdes for veggene.
- behov for å redusere bredden på byggegropa.
- tunneler som dimensjoneres for vanntrykk der firkantprofil gir mindre volum og dermed mindre oppdrift.

(2) Tverrsnittsdata for tunnelprofilene under gitte forutsetninger går fram av tabell 4.2 og figur 4.1.

Tabellene gjelder for tunnelprofiler med ensidig tverrfall minimum 3 %. Ved ensidig tverrfall dreies profilen om vegens senterlinje.

Tunnelprofilen i ettløpstunneler dreies om vegens senterlinje til aktuelt tverrfall (3 % på rettstrekninger). I toløpstunneler etableres en senterlinje for hvert løp. For toløpstunneler dreies dermed hvert enkelt løp om sin senterlinje ved tverrfallsendringer.

Tabell 4.1: Geometriske mål for de ulike tunnelprofilene (mål gitt i m)

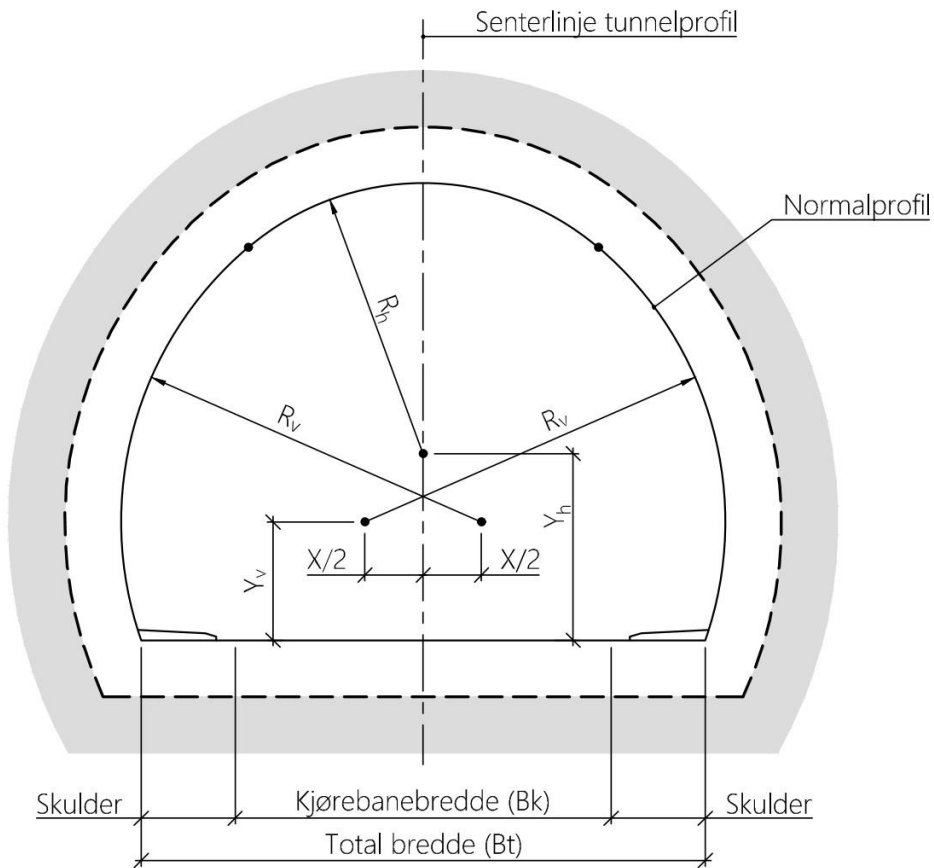
Profil	Total bredde B_t	Senterhøyde veggradier Y_v	Veggradius R_v	Senteravstand veggradier X	Senterhøyde hengradius Y_h	Hengradius R_h
T4	4,0	–	–	–	1,330	2,400
T5,5	5,5	1,770	4,790	3,402	3,171	2,587
T8,5	8,5	1,770	4,790	0,402	1,981	4,500
T11,5	11,5	1,770	4,790	2,598	-0,258	7,199
T7,5	7,5	1,570	4,790	1,550	2,481	3,594
T9,5	9,5	1,570	4,790	0,450	1,213	5,212
T10,5	10,5	1,570	4,790	1,450	0,664	5,950
T12,5	12,5	1,570	4,790	3,450	-0,466	7,458
T13	13,0	1,570	4,790	3,950	-0,735	7,825
T13,5	13,5	1,570	4,790	4,450	-0,817	8,053
T14,0	14,0	1,570	4,790	4,950	-1,294	8,575

Tabell 4.2: Tunnelvernsnittdata for de ulike tunnelprofilene

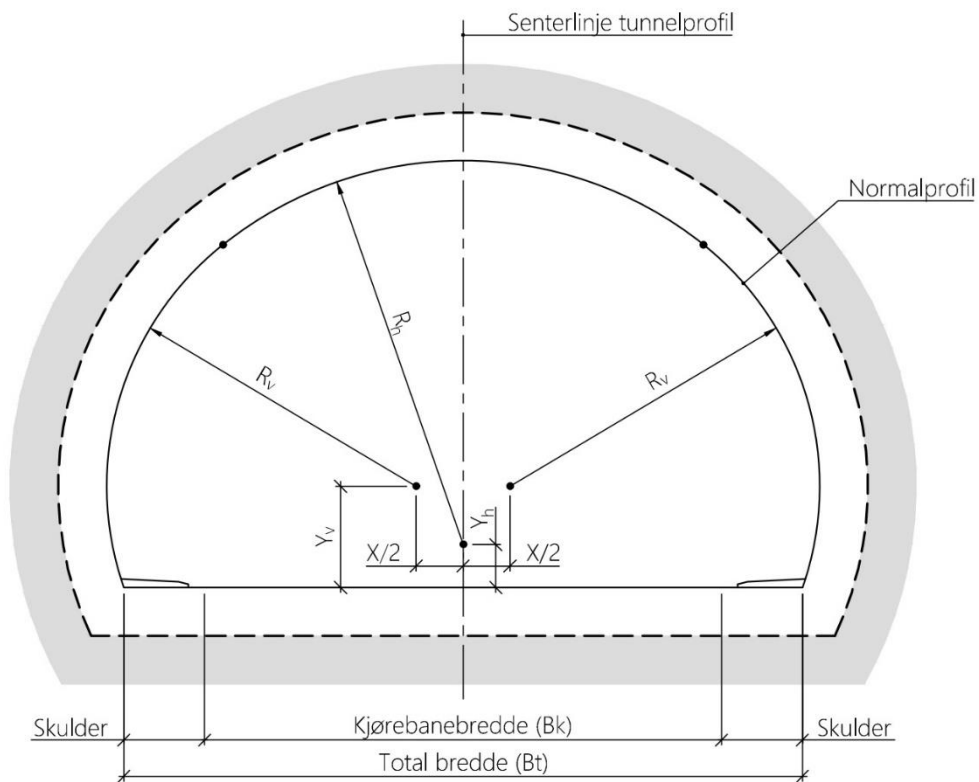
Tunnelprofil	Teoretisk sprengningsprofil		Normalprofil	
	Areal A_S m^2	Buelengde, B_S m	Areal A_N m^2	Buelengde, B_N m
T4	20,32	12,31	13,57	9,85
T5,5	39,10	17,12	29,72	14,55
T8,5	61,92	20,56	49,66	17,99
T11,5	85,92	23,75	70,89	21,18
T7,5	51,56	18,88	40,46	16,30
T9,5	66,62	21,04	53,61	18,46
T10,5	74,59	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 planum forutsatt 0,5 m vegoverbygning og 0,4 m avsatt til sikring.
- B_N = Buelengde regnet etter normalprofil ned til nivå for kjørebane.



Figur 4.2: Geometriske mål for tunnelprofil T5,5 – T8,5 (målene er gitt i tabell 4.1)



Figur 4.3: Geometriske mål for tunnelprofil T9,5 – T14,0 (målene er gitt i tabell 4.1)

4.4.3 Tilpasninger av geometriske mål

(1) 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 4.1. 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 stabilitetssikring er ivaretatt.

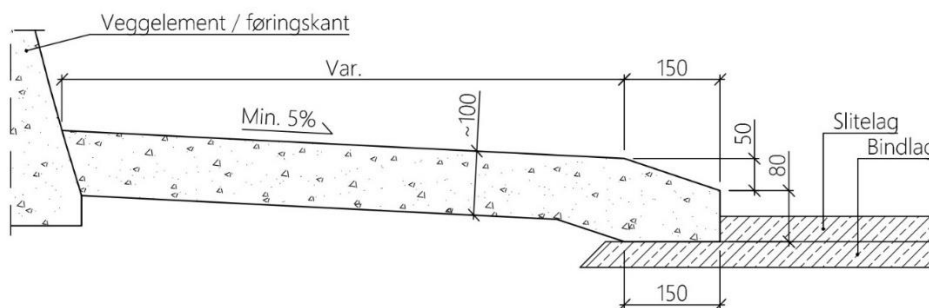
Beskrivelse av tunnelprofilet ved overgang til eventuell rampe skal dokumenteres i forhold til vegens senterlinje i rampe og i forhold til vegens senterlinje i hovedløp.

Ved overgang i ramper kan rampen ha 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.

4.4.4 Skulder

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

(1) Opphøyd del av skulder skal utføres med kantstein og med asfalt eller betongdekke, med minimum 5 % fall mot kjørebane (figur 4.4). Kantstein skal være lav og ikke-avvisende og plasseres minst 0,25 m fra kantlinje (figur 4.1). Kantstein plasseres på bindlaget i vegoverbygningen.



Figur 4.4: Eksempel på kantstein og betongsåle, her vist som plasstøpt løsning. Mål i mm.

Opphøyd skulder i tunnel utført med kantstein gir en tydelig visuell og fysisk leding av trafikantene og vil hindre store kjøretøy i å treffe vederlaget i tilfelle de kommer over kantlinja og over grensen for fri høyde i tunnelen (se punkt 4.4.1). Opphøyd skulder med kantstein er gunstig for drift av tunnelen, f.eks. ved at vaskevann ledes fra og langs skulder til sluk. Skulder har videre funksjon som nødfortau iht. tunnelsikkerhetsforskriften. Opphøyd skulder gir et område/felt egnet som rømningsvei, med markert og fysisk skille mot kjørebane. Opphøyd del av skulder utført med betongdekke anbefales fordi det gir et lysere og mer markert sideareal enn ved bruk av asfalt. Samtidig gir betongdekke en bedre visuell føring ut fra funksjonen som nødfortau.

4.4.5 Veggelementer og føringskant av betong

I tunnelens lengderetning skal det monteres enten veggelementer av betong eller føringskant av betong. Se kapittel 8.

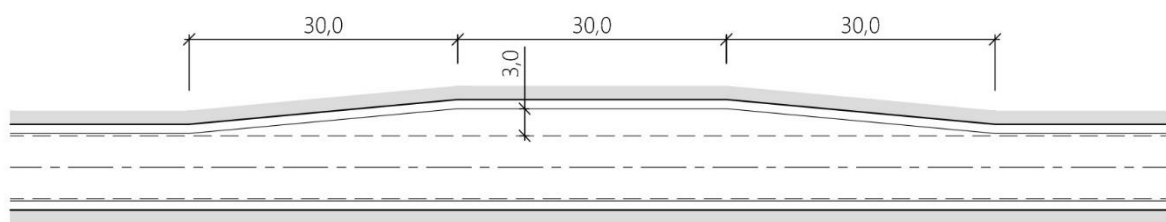
4.5 Utvidelse for nisjer

4.5.1 Havarinisjer, snunisjer og møteplasser

(1) Krav til avstand mellom nisjer er gitt i kapittel 5 (tabell 5.1). Plassering skal tilpasses lokale forhold som bergforhold og geometri. Toleranse i plassering skal være innenfor ± 50 m for havarinisjer og snunisjer.

Det tas hensyn til mulighetene for å kombinere havari- og snunisjene med nisjer for andre behov, for eksempel pumpestasjoner, teknisk bygg etc., med tanke på tilkomst for driftsoppgaver.

(2) Havarinisjer skal utformes som vist på figur 4.5. For tunnelprofil i havarinisjer, se N100 [1].

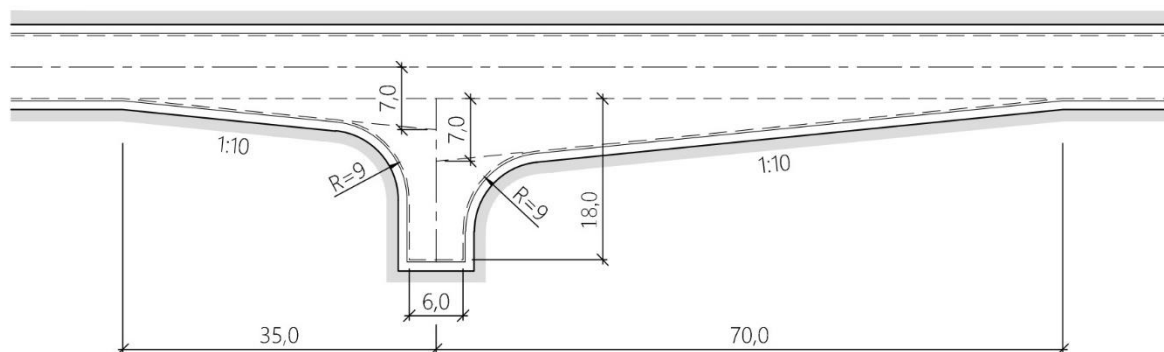


Figur 4.5: Havarinisje (mål i m)

(3) Starten på første havarinisje i tilknytning til inngående kjørefelt skal plasseres 250 m fra tunnelåpningen, med en toleranse på ± 50 m.

(4) I 1-feltstunneler med toveistrafikk skal det anlegges møteplasser. Møteplasser skal utformes som havarinisjer (figur 4.5). Avstanden mellom møteplassene skal maksimalt være 250 m (c-c), men aldri lenger enn at bilfører kan se fra en møteplass til den neste.

Et eksempel på utforming av snunisje er vist i figur 4.6.



Figur 4.6 Eksempel på utforming av snunisje (mål i m)

Snunisjer bygges i ettløpstunneler over en viss lengde som et sikkerhetstiltak. Snunisjer anbefales å ikke plasseres i innerkurve på grunn av siktforhold.

Snunisjer, kombinert med skilt og signaler, bygges for at større kjøretøy har mulighet til å snu ved en brann eller annen hendelse i tunnelen. Det er viktig å vurdere bergsikringen og bergspenningsforhold spesielt.

Snunisjen er tilpasset stor lastebil eller buss, og ikke større/lengre kjøretøy. Plassbehov for at et større kjøretøy skal kunne snu, er vist ved sporingskurver i N100. Slike bergrom kan være mulig, men er ikke praktisk å innføre som standard/krav for tunneler.

4.5.2 Nisje for teknisk bygg

Plassbehov for teknisk bygg (se punkt 10.1), med vurdering av fremtidige oppgraderingsbehov, avklares.

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

(2) Gulvet i teknisk bygg skal være minimum 1 m over kjørebanelnivå der teknisk bygg plasseres i tunnelens lavbrekk.

4.5.3 Nisje for nødstasjon

(1) Det skal bygges nisje for kiosk til nødstasjon i tilknytning til havarinisjer.

4.5.4 Bergrom for pumpestasjon

(1) I tunneler med lavbrekk, der det er nødvendig å pumpe vannet ut av tunnelen, skal det bygges bergrom for pumpestasjon i lavbrekket. Se punkt 9.4. Størrelsen på pumpestasjon(er) dimensjoneres ut fra type og mengde av utstyr og beregnet lekkasjevolum.

4.6 Nødutganger

(1) Det skal etableres nødutganger for tunneler med ÅDT > 8 000. Det skal etableres nødutganger for tunneler med ÅDT > 4 000 med lengde > 10 km. Kravene inntretr på det tidspunkt ÅDT overstiger de gjengitte verdiene og det skal i planfasen avklares når og hvordan nødutgang etableres (se figur 5.1).

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.

Tilstrekkelig evakueringskapasitet for tverrforbindelser sikres spesielt. En vurdering av evakueringskapasitet i tverrforbindelse fra tunnelklasse E opp til våre mest trafikkerte tunneler er vist i eksempel i NordFoU-rapport: Evakuering i vegtunneler [65/V520].

(2) For toløps tunneler skal det etableres nødutganger i form av gangbare tverrforbindelser mellom tunnellopene med innbyrdes avstand på 250 m.

Avstand mellom tverrforbindelser i toløpstunneler er 250 m, for øvrig gjelder tunnelsikkerhetsforskriftens krav om maks. 500 m mellom nødutganger.

(3) For ettløps tunneler skal nødutganger etableres med en av to løsninger:

- Gangbar rømningstunnel direkte til det fri bygges med tunnelprofil T4
- Parallelført rømningstunnel bygges med tunnelprofil T5,5 og med gangbare tverrforbindelser (T4) mellom hovedtunnel og rømningstunnel.

(4) Eventuelle ramper tilknyttet tunnelsystemet skal ha nødutganger dersom rampelengden er > 500 meter.

(5) Nødutganger skal utformes i henhold til følgende:

- Helningsgrad ≤ 5 % (1:20).
- Utformes med fast dekke.
- Dør til rømningsvei utføres og utstyres slik at den sikrer rask evakuering og med minimumsbredde 1,2 m.
- Dør til rømningsvei med grønn farge (for eksempel RAL 6016). Se NS-EN 16276 [15].
- Vegg mellom hovedtunnel og nødutgang med brannmotstand minimum REI 120-M [16], ubrennbare materialer.
- Tverrforbindelser utføres som branncelle med brannmotstand minimum EI 60 [16] mot begge tunnellopene og mot eventuell rømningstunnel.

Tilrettelegging for universell utforming i forbindelse med tunnel

Universell utforming er ikke brukt som generelt begrep for vegtunneler, fordi geometri, standard og utrustning i tunnelene er varierende og ikke enhetlig for alle tunneler av alle aldre. Universell utforming i N500, for nye tunneler, er best mulig tilpasset tunnelene i de områdene der dette er viktig, som for eksempel krav som gjelder nødutganger.

Toløpstunneler har rømningsvei/nødutgang i form av tverrforbindelser mellom tunnellopene. Nyere ettløpstunneler over en viss trafikkmengde har også nødutganger. Nødutganger er merket med grønn farge; grønne dører og grønn belysning. Tverrforbindelser mellom to tunnellop bygges med kulvert, som gir leding fra dør til dør. Rømningsvei i lengderetningen av tunnel er langs skulder (nødfortau iht. tunnelsikkerhetsforskriften), ut av tunnelen eller til en nødutgang.

For nødstasjoner gjelder størrelse på kiosk, høyde på plassering av skap, i tillegg til rød farge på kiosk, skap og brannslukkere (se kapittel 5). Nødstasjoner i tunnel gir direkte forbindelse til VTS, og VTS får automatisk informasjon om hvor telefonen brukes; hvilken tunnel og posisjon i tunnelen.

For øvrig vises det til kapittel 5 Sikkerhetstiltak, kapittel 6 om skilting av nødutganger, og kapittel 10 for belysning.

5 SIKKERHETSTILTAK

5.1 Generelt

5.1.1 Forskrifter om minimum sikkerhet i vegtunneler

Krav til planlegging og sikkerhetsutstyr i vegtunneler er gitt i forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler og forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskriftene). Forskriftene gir minimum sikkerhetskrav. Forskriften som omfatter krav til riksveger gjelder for tunneler lengre enn 500 m. Forskriften som dekker fylkesveg og kommunal veg i Oslo gjelder for tunneler lengre enn 500 m og som har ÅDT over 300. Forskriftene setter krav både til tunneler under planlegging og til tunneler som er i drift. Se også kapittel 1.

Tunnelsikkerhetsforskriftene gir minstekrav til sikkerhet fastsatt i vedlegg I og II til forskriftene.

Det framgår av forskriftene at nye tunneler med lengde > 500 m godkjennes før byggestart og gis brukstillatelse av Vegdirektoratet før de kan åpnes for trafikk. Denne myndigheten ligger til Vegdirektoratet både for tunneler på riksvegnettet, på fylkesvegnettet og på det kommunale vegnettet i Oslo. Fylkeskommunen er fravikmyndighet på fylkesveger for krav i denne vegnormalen.

Sikkerhetsdokumentasjon og godkjenning i henhold til tunnelsikkerhetsforskriftene:

- Vegdirektoratet mottar sikkerhetsdokumentasjon fra tunnelforvalter før byggestart, og eventuelt godkjenner tunnelen.
- Vegdirektoratet gir brukstillatelse til førstegangsåpning av tunnelen ut fra sikkerhetsdokumentasjon fra tunnelforvalter.
- Vegdirektoratet godkjenner tunnelen før byggestart og viderefører brukstillatelsen ved endringer i en tunnel som påvirker tunnelens sikkerhetsnivå, for eksempel endring av beredskapsplan eller av tunnelens styringssystem.

Søknadsprosedyre om godkjenning av tunnel og brukstillatelse finnes på Statens vegvesens hjemmesider.

Vegdirektoratet følger opp at tunnelforvalter lukker avvik fra tunnelsikkerhetsforskriftene. Dersom periodisk inspeksjon (minimum hvert 6. år) viser at en tunnel har avvik eller mangler av en slik art at tunnelen ikke bør holdes åpen for trafikk, gir Vegdirektoratet en avgjørelse på om godkjenningen trekkes tilbake, eventuelt spesifiserer hvilke forhold som krever utbedring for at trafikk kan gjenopptas.

5.1.2 Risikoanalyser og beredskapsanalyser for vegtunneler

Tunnelsikkerhetsforskriftene har bestemmelser for gjennomføring av risikoanalyser. Risikoanalysen er en særskilt studie av farer, med beskrivelse av mulige ulykker som tydelig berører sikkerheten for trafikanter i tunneler og som vil kunne inntreffe i løpet av brukstiden, samt art og størrelsesorden av de mulige konsekvensene av dem. Risikoanalysen presiserer og begrunner tiltak for å redusere sannsynligheten for ulykker og deres konsekvenser.

(1) For planlegging av nye tunneler med lengde over 500 m skal både kvantitativ og kvalitativ risikoanalyse benyttes for å dokumentere risiko.

For utarbeidelse av risikoanalyser benyttes metode gitt i Rapport nr. TS 2007:11 [66/V520].

(2) Ved søknad om fravik fra en eller flere bestemmelser i denne normalen skal det ved hjelp av en risikoanalyse bekreftes at avbøtende tiltak gir samme eller bedre sikkerhet.

(3) Beredskapsanalyse skal benyttes for planlegging av nye tunneler som er lengre enn 1000 m. Beredskapsanalyse benyttes også ved vesentlige endringer som påvirker tunnelens sikkerhetsnivå i

driftsperioden, for eksempel endring av beredskapsplan, tunnelens styringssystem eller ny sikkerhetsutrustning.

(4) For utarbeidelse av beredskapsanalyser skal det brukes en metode og mal som er godkjent av Vegdirektoratet. Beredskapsanalysen tar utgangspunkt i fasene varsling, mobilisering, redning, evakuering og normalisering. Det kartlegges forventet utvikling ved de forskjellige scenarier, krav til beredskap og hvordan den eksisterende/ planlagte beredskapen er i de ulike beredskapsfasene. Ansvar for utarbeidelse av beredskapsanalyse påhviler tunnelforvalter og gjøres i et samarbeid med nødetater, vegtrafikkentral og de som i videre faser drifter og forvalter tunnelen.

Beredskapsanalyse; se Statens vegvesen rapport nr. 260 Beredskapsanalyse av vegtunneler [67/V520].

Beredskapsanalyse viser hvilken innsats og redning som kan forventes ved den enkelte tunnel, hvilke ressurser som er tilgjengelige og når disse er tilgjengelige. Beredskapsanalyse brukes for å få et bedre grunnlag for å utarbeide beredskapsplan, og for å vurdere behov for eventuelle avbøtende tiltak, inkludert hvilke tiltak som er tilstrekkelige for sikkerheten.

(5) Risikoanalyser og beredskapsanalyser skal gjennomføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av tunnelforvalter.

5.1.3 Prinsipper

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

Evakuering av tunnel ved brann og annen hendelse har som utgangspunkt prinsippet om selvredning. Det vil si at trafikantene selv tar seg ut av tunnelen ved en hendelse, enten med kjøretøy eller til fots.

Tunnelene har standard sikkerhetsutstyr tilgjengelig for nødsituasjoner, samt fastlagte beredskapsplaner der brann og redning inngår, i tillegg til ventilasjonsstyring fra vegtrafikkentral (VTS). Se også punkt 10.4 om brannventilasjon.

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

For ettløpstunneler vurderes behov for å etablere et areal som kan benyttes som landingsplass for helikopter og for kontroll av kjøretøy.

(3) Ramper skal ha samme krav til sikkerhetsnivå som for hovedtunnelen.

5.1.4 Beredskapsplan

I henhold til tunnelsikkerhetsforskriftene foreligger beredskapsplan (kriseberedskapsplan) for alle tunneler.

(1) Det skal foreligge beredskapsplaner for alle tunneler over 500 m. Beredskapsanalyse (for tunneler med lengde > 1000 m) og risikoanalyse (5.1.2) utgjør samlet grunnlaget for beredskapsplanen.

(2) Beredskapsplan skal omfatte både teknisk beredskap og beredskap ved trafikale hendelser, og utarbeides i samarbeid med lokale redningsetater.

Deler av beredskapsplan kan unntas offentlighet, ref. offentlighetsloven §24, 3. avsnitt.

Beredskapsplan for tunneler består i hovedsak av:

- En beskrivelse av tunnelen, utstyret i tunnelen, omkjøringsmuligheter og disponibelt innsatsutstyr.

- En risikoanalyse, der dette er påkrevd.
- Rutiner for hendelser og svikt i det tekniske utstyret, inkludert sikkerhetsutstyr, 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.

(3) Beredskapsplanen skal utarbeides under planlegging av tunnelen, utvikles videre i byggefasen og revideres etter behov.

I arbeidet med beredskapsplanen vurderes eventuelle restriksjoner på transport av farlig gods gjennom tunnelen.

5.1.5 Trafikksikkerhetsinspeksjon og -revisjon

Tunnelprosjekter trafikksikkerhetsrevideres på lik linje med veg i dagen; før byggestart og før åpning.

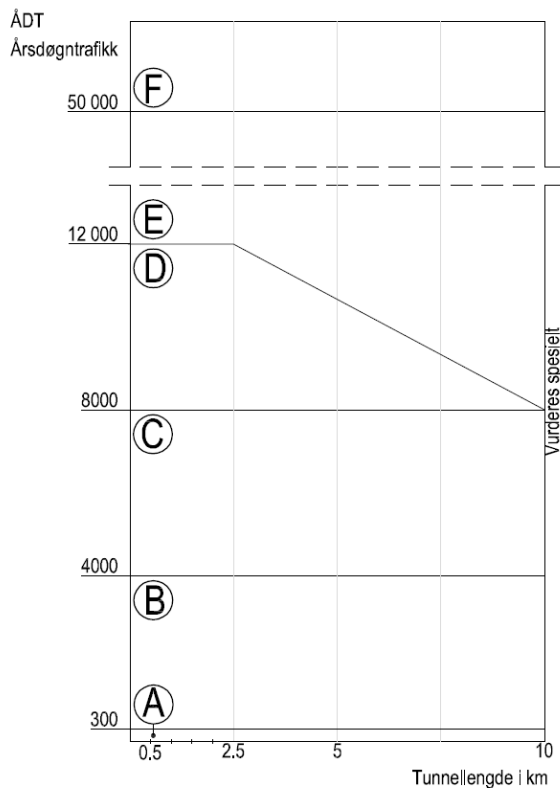
(1) Før byggestart: Revisjon skal utarbeides av uavhengig part. En trafikksikkerhetsrevisjon kommer typisk med forslag til tiltak. Foreslåtte tiltak dokumenteres av byggherre.

(2) Før åpning: Inspeksjon skal gjennomføres av uavhengig part. En trafikksikkerhetsinspeksjonsrapport påpeker ev. avvik. Foreslåtte tiltak dokumenteres av byggherre.

5.2 Tunnelklasser

(1) Tunnelene skal inndeles i tunnelklasser basert på trafikkmengde og tunnellengde, se figur 5.1.

Trafikkmengde angis som den årsdøgntrafikk, ÅDT, som kan forventes 20 år etter at tunnelen er åpnet for trafikk.



Figur 5.1 Tunnelklasser A – F, for ÅDT (20) og lengde 0,5 – 10 km.

Tunnelklasse E og F skal ha to løp. Krav til nødutganger kan utløse behov for bygging av toløpstunneler også for tunnelklasse C og D, se omtale i punkt 4.6.

(2) Tunnelklasse E og F skal ha to løp.

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

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

Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutstyr i tunneler med lengde over 10 km vurderes spesielt, se punkt 4.1.

5.3 Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning

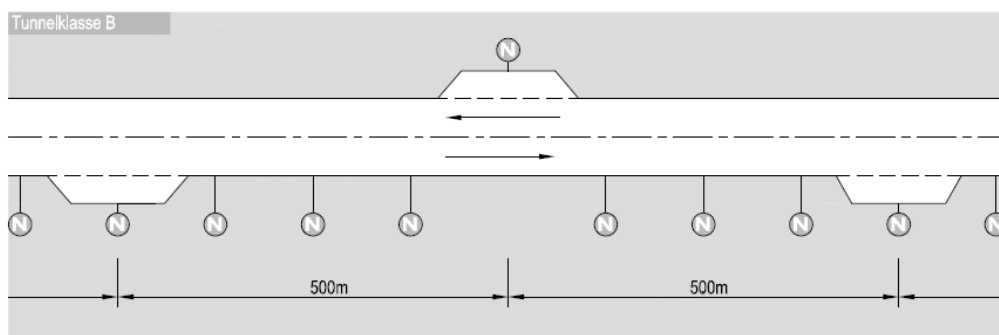
5.3.1 Generelt

(1) Avstand mellom nisjer skal være i henhold til tabell 5.1. Toleranse i plassering er gitt i punkt 4.5.

Tabell 5.1 Normalavstand for havari- og snunisjer

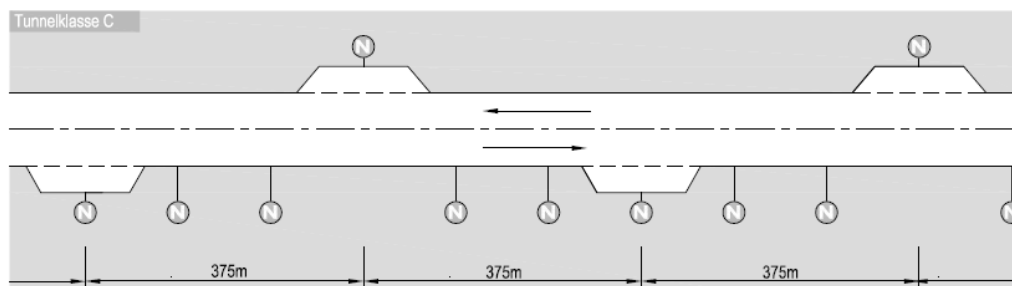
Tunnel-klasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
A	–	–	Møteplasser
B	500 m	2 000 m	Snunisje bygges i tunneler > 4 km
C	375 m	1 500 m	Snunisje bygges i tunneler > 3 km
D	250 m	1 000 m	Snunisje bygges i tunneler > 2 km
E	500 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellopp
F	250 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellopp

I figurene V5.1-V5.5 er plassering av havarinisjer og nødstasjoner vist skjematisk for de aktuelle tunnelklasser.



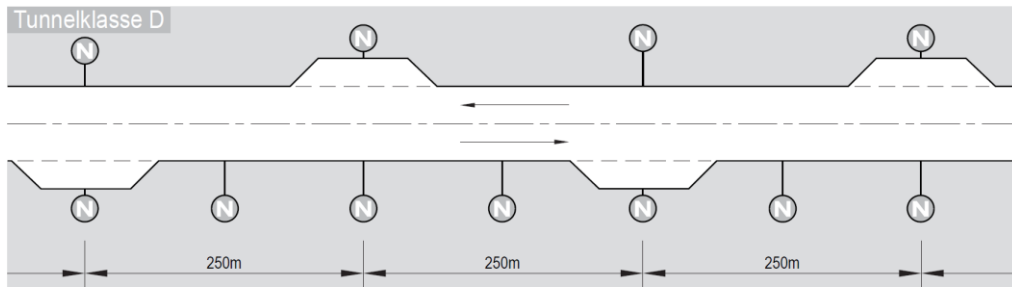
Havarinisjer for hver 500 m. N Nødstasjoner hver 125 m

Figur V5.1: Tunnelklasse B, havarinisjer og nødstasjoner

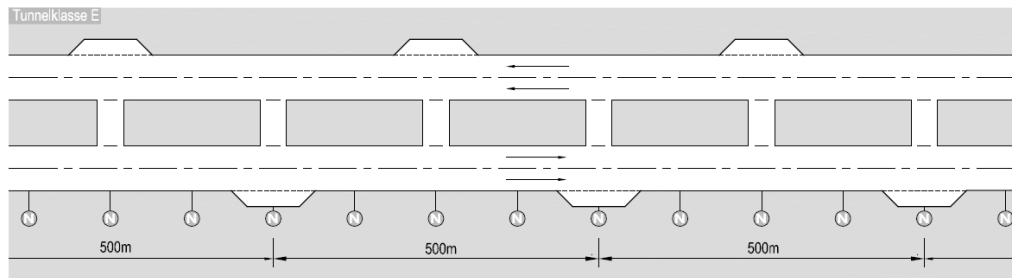


Havarinisjer for hver 375 m. N Nødstasjoner hver 125 m

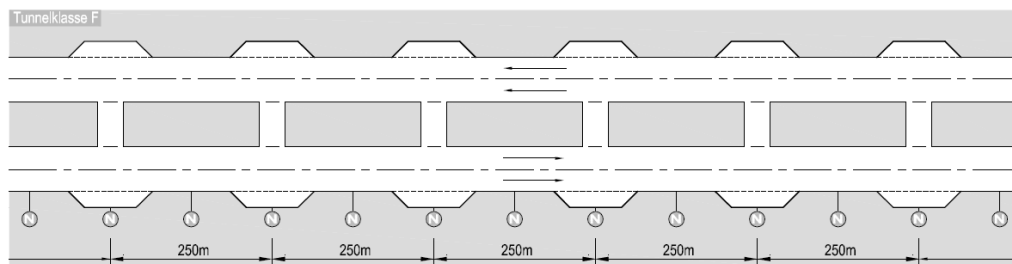
Figur V5.2: Tunnelklasse C, havarinisjer og nødstasjoner



Havarinisjer for hver 250 m. **N** Nødstasjoner hver 125 m på en side, hver 250 m på motsatt side
Figur V5.3: Tunnelklasse D, havarinisjer og nødstasjoner



Havarinisjer for hver 500 m for hvert løp – Tverrforbindelser for hver 250 m. **N** Nødstasjoner per løp hver 125 m
Figur V5.4: Tunnelklasse E, havarinisjer, nødstasjoner og tverrforbindelser



Havarinisjer for hver 250 m for hvert løp – Tverrforbindelser for hver 250 m. **N** Nødstasjoner per løp hver 125 m
Figur V5.5 Tunnelklasse F, havarinisjer, nødstasjoner og tverrforbindelser

For utforming av nisjer, nødutganger mv. henvises til kapittel 4.

I punkt 5.3.2 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 6.

5.3.2 Krav til utstyr som inngår i sikkerhetsutrustningen

5.3.2.1 Nødstrømsystem

(1) Nødstrømsystem skal være basert på en overordnet tverrfaglig risikovurdering, og skal utføres etter vegnormal N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i – og langs offentlig veg [8].

(2) Følgende utstyr skal være bygget som nødstrømsystem for å sikre trafikantene i tunnelen ved strømutfall og teknisk svikt:

- Styrings-, regulerings- og overvåkingssystemer som skal fungere i en nødsituasjon
- Rødt stoppblinksignal (se punkt 6.3)
- Fjernstyrte bommer for stengning
- Evakueringslys
- Nødtelefon / Nødstasjon
- Serviceskilt (se punkt 6.2)

- Nødutgangsskilt (se vegnormal N300 [4])
- Radio- og kringkastingsanlegg
- Nødnett
- Nødstyrepanel
- ITV (videoovervåking)
- AID (automatisk hendelsesdeteksjon)

For sikkerhetsbelysning, se punkt 10.3.5.

Behov for nødstrømsforsyning for ventilasjonsanlegget eller deler av ventilasjonsanlegget avgjøres i hvert enkelt tilfelle gjennom en risikovurdering, blant annet ved å vurdere evakueringstiden, brannvesenets behov i forhold til innsats, strømforsyningsikkerhet etc.

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

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

(4) Tverrforbindelser mellom to løp skal ha nødstrømsforsyning fra begge løp.

5.3.2.2 Evakueringslys

(1) Evakueringslys er lys som gir visuell leding ved rømning ut av tunnelen til fots i en nødsituasjon. For alle tunneler skal det monteres sammenhengende evakueringslys.

Sammenhengende evakueringslys (tidligere kalt rømningslys) kan plasseres på føringskanten i tunneler med føringskant. Bruk av en type håndlist i tillegg anbefales ikke av bestandighets- og driftsmessige hensyn.

Det er ikke gitt krav eller retningslinjer til hvordan sammenhengende evakueringslys føres forbi havarinisjer eller snunisjer. For havarinisjer anbefales at evakueringslysene føres langs føringskant/veggen gjennom nisjen. Dette gir også tilkomst til nødstasjon. Evakueringslys ved snunisje kan enten opphøre ved nisjen, dvs. en avstand på ca. 15 meter, eller føres i skulder/vegbane forbi nisjen. Løsningen vurderes ut fra bl.a. strømforsyning, drift/vedlikehold, samt mulighet for markert vegoppmerking for leding.

(2) Evakueringslys skal være i henhold til NS-EN 16276 [15].

(3) Evakueringslys skal utføres med hvitt lys, ca. 200 lumen og ha hvit farge, 4000-5000 Kelvin.

(4) Evakueringslysene skal plasseres i maksimum 1,5 m høyde over kjørebane. I tunneler med nødutganger plasseres lysene på samme side som nødutgangene.

(5) Evakueringslysene skal tennes automatisk ved fjerning av brannslukker. Evakueringslysene skal kunne aktiveres fra vegtrafikksentral og fra nødstyreskap utenfor tunnelen.

For lys på dører til rømningsvei, se kapittel 10.

5.3.2.3 Nødstasjoner

Hver nødstasjon inneholder en nødtelefon og to brannslukkere.

(1) Nødstasjoner skal monteres i tunnel, hver 125 m. Hvis havarinisjer flyttes (iht. toleranser i punkt 4.5), kan nødstasjoner justeres tilsvarende. Avstanden mellom nødstasjoner skal i det tilfellet ikke overstige 150 m. Nødstasjoner monteres utenfor hver tunnelåpning.

Iht. tunnelsikkerhetsforskriftene plasseres nødstasjon i nærheten av portal, og inni tunnelen.

Plassering av nødstasjon utenfor tunnelåpning tilpasses den enkelte tunnel. Det vil være naturlig å plassere nødstasjon utenfor tunnelåpningen ved teknisk bygg (som har anbefalt driftsavstand maksimalt 100 m fra tunnelåpningen på grunn av teknisk utstyr).

Det er ikke gitt krav om havarilomme/stopplomme ved tunnelåpningen, heller ikke føringer mht. avstand eller tilkomst ved stopplomme. Nødstasjon kan plasseres i skap på rekkverk (av betong) på samme måte som inne i tunnelen. Der det anlegges havarilomme på utsiden, plasseres nødstasjon i havarilommen. Dette ses i sammenheng med trafikkmengde og prosjektering for øvrig.

En nødstasjon kan enten være i skap eller i kiosk.

(2) Nødstasjon i havarinisjer (se punkt 4.5.3) skal monteres i kiosk. Kiosk for nødstasjon skal:

- være innvendig belyst og med fri gulvplass til en snusirkel med diameter på minimum 1,5 m foran installasjonen inne i kiosk
 - ha trinnfri tilkomst
 - være støv- og vanntett
 - ha dør utstyrt med panikkbeslag
-

Innvendige mål på kiosk (snusirkel diameter 1,5 m) gjelder plass utenom telefon og brannslukkere – fra gulvnivå opp til en høyde på minimum 1,7 – 2,0 m. Der nødstasjon-kiosken i tillegg brukes til elektroteknisk utstyr tilhørende tunnelen (prosjekteres), plasseres også dette utenfor snusirkel, inkl. høyde. Kioskene kan ha tilkomst for drift bak hvelv.

(3) Det skal med skilt gjøres oppmerksom på at nødstasjonen ikke gir beskyttelse ved brann. Teksten skrives på norsk og engelsk.

Eksempel på merking: «Dette området gir ikke beskyttelse ved brann. Følg skilt til nødutganger. /

This area does not provide protection from fire. Follow signs to emergency exits.»

(4) Nødstasjoner mellom havarinisjene skal plasseres i skap; enten på føringskant av betong eller innfelt i nisjer i tunnelveggen.

(5) Av trafiksikkerhetshensyn skal skap for nødstasjon være utenfor normalprofilen.

(6) Dør og karm til kiosk, og ramme til skap skal lakeres med to-komponent epoxy og ha signalrød farge RAL 3020.

(7) Betjening og visuell informasjon på nødtelefoner og brannslukkere skal tilpasses konstruksjonen og plasseres i en høyde på 1,1-1,2 m. For kiosk måles høyde fra gulv – for skap måles høyde fra skulder.

Høyde på betjening for nødstasjonen er iht. byggt teknisk forskrift (§ 12-18).

(8) Brannslukker skal være på minimum 6 kg pulver type ABC (NS-EN 3) og minimum effektivitetsklasse 43A-233B. Nødtelefon skal være av en type som gir ringesignal når røret løftes, gi kontakt med bemannet sentral og være koblet slik at det er mulig å se hvilken telefon det ringes fra.

I det følgende er vist et eksempel på tekst for rettleiding for bruk av nødtelefon:

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

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

For nødtelefoner: Sentral leveres med «selvtest»-program, signal/støy forhold (S/N) som er tilpasset bruk i nødstasjon i tunnel, og i vandsikker utførelse med IP65. Handsett/rør utføres med mikrofon som demper bakgrunnsstøy. Apparat utføres uten tastatur/nummerskive, men med gaffelkontakt med integrert signalkontakt for registrering av "rør av".

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

Nødstasjoner merkes med skilt iht. N300 [4], se også punkt 6.3.

5.3.2.4 Slokkevann

Krav til vannforsyning er gitt i tunnelsikkerhetsforskriften.

For dimensjonering av drencsystemer i tunnel, se punkt 9.1.

Trykksatt vann til bruk som slokkevann, som del av tunnelens drencsystem, kan være aktuelt der dette er lett tilgjengelig, for eksempel i urbane områder.

Der trykksatt vann i tunnelen ikke er aktuelt, sikres tilstrekkelig vannmengde ved bruk av vanntankvogn med uttak for utstyr til å slokke brann i tunnel. Kapasitet for vanntankvogn bestemmes ut fra beredskapsplan, men er minimum 6 m³.

Annen vannforsyning i eller nær tunnelen anbefales ikke, fordi slike løsninger kan være utsatt for salt, frost, tørke, gjengroing, o.a.

I enkelte tilfeller er tunnelen dimensjonerende for brannberedskap i en kommune, her vises det til Statens vegvesen rapport nr. 228 Tilskudd til brannberedskap [68/V520].

5.3.2.5 Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel

(1) Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel skal plasseres minimum 100 m fra tunnelåpning for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc.

(2) Fjernstyrte bommer sammen med rødt stoppblinksignal skal plasseres der omkjøring starter. Der avstand mellom fjernstyrt bom og tunnelportal er lengre enn 300 m, etableres det i tillegg egne bommer og stoppsignal ca. 100 m fra portal.

(3) Fjernstyrte bommer skal:

- aktiveres i kombinasjon med rødt stoppblinksignal
- benyttes sammen med intern TV-overvåking (ITV)
- kunne betjenes manuelt på stedet
- ha en lengde som sikrer at bommen sperrer det/de aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen

5.3.2.6 Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV)

Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV) krever tilknytning til vegtrafikksentral.

(1) AID og ITV skal monteres i:

- Tunneler i tunnelklasse C, D, E og F med lengde > 3 km.
- Tunneler i tunnelklasse B med lengde > 5 km.

AID-funksjoner skal være operative og ferdig kalibrert ved åpning av tunnel. Funksjoner utover minimumskrav avklares gjennom en risikovurdering.

(2) I tunneler i tunnelklasse C, D, E og F skal avstand mellom kamerapunktene plasseres slik at kjørebanelene i tunnelen dekkes 100 %, og med en deteksjonssikkerhet av samtlige hendelser i forholdet 1/1. AID benyttes til å detektere som minimum:

- kjøretøystans
- brann i tunnelrom

(3) I tunneler i tunnelklasse B skal AID og ITV monteres med avstand mellom kamerapunktene på 125 m.

Avstand 125 m er gitt fordi nødstasjoner står med avstand 125 m. ITV kan dermed fungere som AID hvis andre alarmer trigger AID-funksjon, f.eks. åpning av nødskap (telefon, brannslukker) eller gassnivå. Dette ivaretar løsning med ITV/AID, og åpner samtidig for at prosjekter kan finne andre løsninger med tilsvarende eller bedre sikkerhet.

(4) ITV skal benyttes til overvåking av trafikk, tunnelportal og bom i tilknytning til tunnelen.

5.3.2.7 Høyttalersystem

(1) Høyttalersystem som sikrer at trafikanter får melding i en nødsituasjon skal monteres i ettløpstunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C og D, og i tunneler med lengde > 5 km i tunnelklasse B. Utstyret monteres som minimum i forbindelse med havarinisjene.

Høyttalersystem prosjekteres for hver tunnel. Høyttalersystem krever tilknytning til vegtrafikksentral.

5.3.2.8 Høydehinder

(1) Høydehinder (avviser) skal monteres i alle tunnelklasser, og plasseres før innkjøring til tunnelen slik at det hindrer for høye kjøretøy å kjøre inn i tunnelen, se også N300 [4]. Høydehinder skal 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.

5.3.3 Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni

5.3.3.1 Generelt

(1) Det skal etableres Nødnett og kringkasting i alle vegtunneler lengre enn 500 m.

(2) 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.

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

5.3.3.2 Nødkommunikasjon

(1) Vegmyndighet skal levere nødvendig infrastruktur for å implementere Nødnett og transportere Nødnettets signaler i tunnelen. Som infrastruktur regnes (men er ikke begrenset til) plass i tekniske rom, antennemaster, strålekabler, koaksiale matekabler, optiske fiberkabler, klimaanlegg i tekniske rom, punkt for tilfredsstillende jordingstilkobling.

5.3.3.3 Kringkasting

(1) Vegmyndighet skal etablere og drive kringkastingsanlegg som videreformidler radiokringkasting fra det fri inn i tunnel.

(2) 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, vurderes tiltak for å distribuere denne blokken i tunnelen.

(3) Vegtrafikksentralen skal kunne bryte samtidig inn i samtlige radioprogram som distribueres i tunnel, for å gi melding til trafikantene. Innbrytning i DAB skal benytte funksjonen Alarm Announcement.

5.3.3.4 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.

(1) Vegmyndighet har ansvar for å levere infrastruktur for mobiltelefoni. Nettoperatør skal gis tilgang til de tegninger og planskisser som er nødvendig for sin planlegging av behov for utstyrs plass og øvrig infrastruktur.

(2) Ved etablering av mobiltelefoni i tunnel skal nettoperatorenes byggeplaner godkjennes av tunneleier før nettopperatørene iverksetter sin utbygging i tunnelen.

5.3.4 Sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler.

(1) Ved sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler, skal de deler som oppgraderes – med unntak av nødstasjoner – følge de samme krav som gjelder for sikkerhetsutrustning i henhold til punkt 5.3.2 og 5.3.3 for nye tunneler. Ved sikkerhetsmessig oppgradering av eksisterende tunneler, skal avstanden mellom nødstasjoner ikke overstige 250 m.

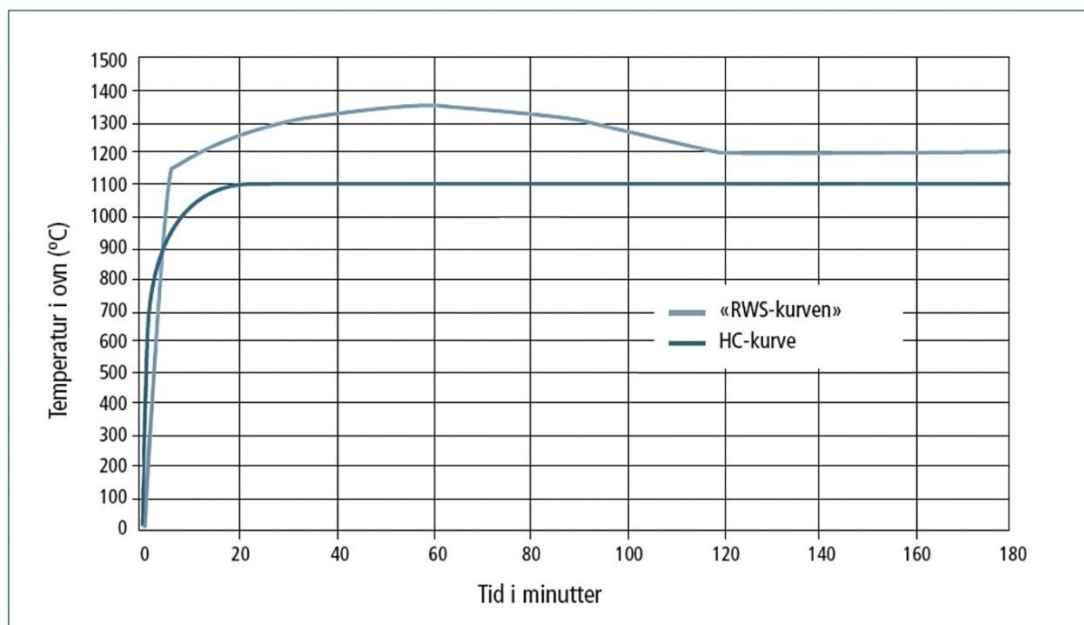
5.4 Brannsikring

5.4.1 Krav til brannmotstand for konstruksjoner

(1) Dimensjonerende brann og krav til konstruksjoners brannmotstand skal være i henhold til tabell 5.2 og figur 5.2. Kravene gjelder betongtunneler og vann- og frostsikringskonstruksjoner i bergtunneler.

Tabell 5.2: Dimensjonerende brann. Krav i henhold til standard tid- temperaturkurver (figur 5.2)

Tunnelklasse	Dimensjonerende branneffekt	Eksponeringskurve	Tid (minutter)
A, B, C	50 MW	HC	60
D	100 MW	HC	60
E	50 MW	HC	60
F	100 MW	HC	60



Figur 5.2: Standard tid-temperaturkurver som benyttes ved branndimensjonering.

– RWS-kurven [17]

– Hydrocarbon- (HC-) kurven definert i ISO 834-3 [18] og NS-EN 1363-2 [19].

N500 legger til grunn passive brannbeskyttelsesmetoder som beskytter selve tunnelkonstruksjonen, inklusive vann- og frostsikringen (materialer etc.), i stedet for aktive metoder som vanntåke, sprinklersystem o.l. Hovedgrunnene til dette er påliteligheten til aktive systemer som krever mye test og vedlikehold, og kostnader - inklusive tilleggskostnader for drift og vedlikehold. Miljøet i tunnelene er svært korrosivt, og installasjoner som er ment å fungere som aktive brannbeskyttelsesmetoder vil kreve mye mht. materialkvaliteter, funksjonssikkerhet og vedlikehold, også sett i forhold til stengninger / oppetid for den aktuelle tunnelen. Eventuelle installasjoner vil kreve frostisolering ut fra forholdene på stedet. Eventuelle installasjoner krever i tillegg tilpasning til øvrige tekniske sikkerhetsinstallasjoner som inngår i den enkelte tunnel, inkl. brannventilasjon; ventilasjon og naturlig trekk.

Se også: Buvik, H., Amundsen, F.H., Fransplass, H. (2012): *Etatsprogrammet Moderne vegtunneler. Strategi trafikantsikkerhet og brannsikkerhet i vegtunneler. Statens vegvesen rapport nr. 161 [70/V520]*.

Brannbeskyttelse av spesielle konstruksjoner, eller deler av konstruksjoner, der konsekvensene av en brann kan være vannfylling og tap av konstruksjonen (for eksempel betongtunneler direkte under bygninger, senketunneler og rørbruer), dimensjoneres etter RWS, se N400 [7].

(2) Følgende funksjonskrav skal være tilfredsstillt for vann- og frostsikringskonstruksjoner (se kapittel 8):

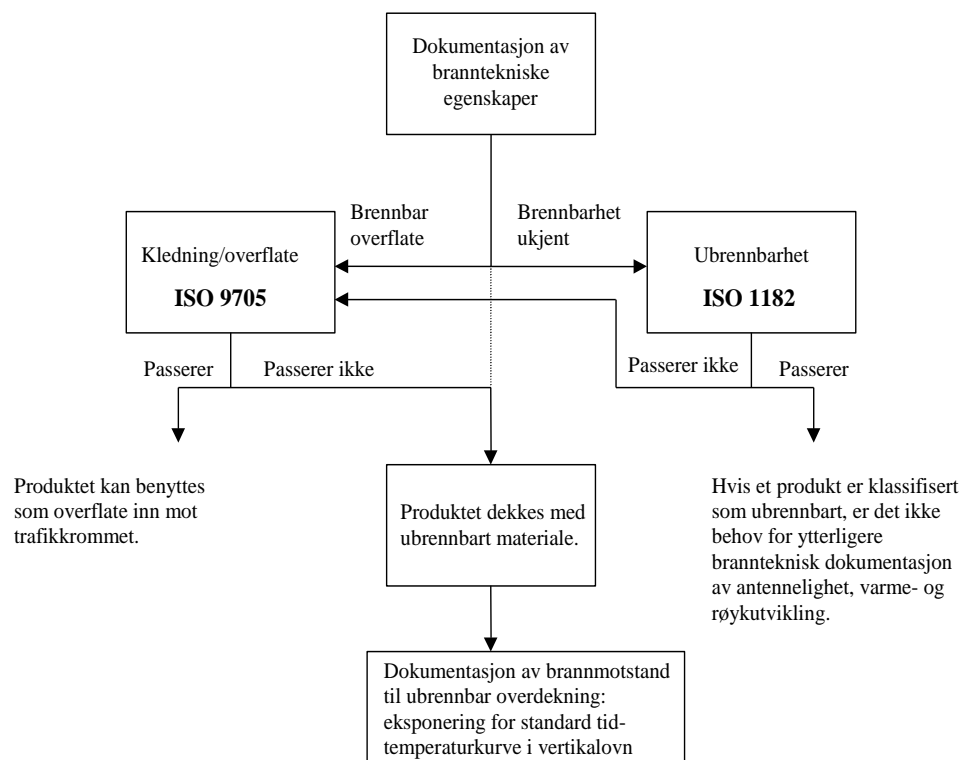
- Vann- og frostsikringskonstruksjonen skal ikke bidra aktivt i en bilbrann, ikke spre en slik brann, og brannen skal ikke vedvare etter at bilbrannen har opphørt
- Konstruksjonen skal ikke bidra til vesentlig ekstra røykutvikling eller giftige gasser
- For vanlige konstruksjonsmaterialer er giftigheten av disse kontrollert gjennom oppfyllelse av akseptkriterier i tabell 5.3.

Framgangsmåten for testing for å sikre at de generelle funksjonskravene oppnås, er gitt i punkt 5.4.2.

For brannventilasjon i en brannsituasjon, se kapittel 10. For kabler i en brannsituasjon, se N601 [8].

5.4.2 Brannteknisk dokumentasjon og prosedyre for testing

(1) Branntekniske egenskaper for nye produkter til vann- og frostsikring skal testes i henhold til følgende beskrivelser og prosedyrer (skissert i figur 5.3):



Figur 5.3: Diagram for dokumentasjon av branntekniske egenskaper for konstruksjoner benyttet i tunneler (NS-EN ISO 1182 [20], ISO 9705 [21])

Fremgangsmåte for testing er gitt i følgende punkter a, b, c.

(a) Test av brennbarhet

(2) Dersom det er usikkert om materialet er brennbart eller ikke, skal materialet testes for ubrennbarhet i henhold til NS-EN ISO 1182 [20]. Hvis produktet her blir klassifisert som ubrennbart, er det ikke behov for ytterligere brannteknisk dokumentasjon av antenlighet, varme- og røykutvikling.

Hvis produktet blir klassifisert som brennbart, testes produktet i henhold til (b).

(b) Test av konstruksjoner med (mulig) brennbar overflate mot trafikkrommet

(3) Testing og dokumentasjon skal gjennomføres i henhold til ISO 9705 [21]. Akseptkriterier for bruk i vegtunneler skal være i henhold til tabell 5.3. Overflater inkluderer overflatebehandling. Overflatebehandling påføres i den tykkelse og på det underlaget produktet dokumenteres for.

Tabell 5.3 Akseptkriterier for de enkelte tunnelklasser ved testing i henhold til ISO 9705 [21]

Kriterier for resultater fra brannprøving	Tunnelklasser					
	A	B	C	D	E	F
Tid til overtenning [minutter]	20	20	20	20	20	20
Gjennomsnittlig maksimal varmeavgivelse over en 30 sekunders periode [kW]	500	500	300	300	300	300
Gjennomsnittlig varmeavgivelse (fra produktet) [kW]	100	100	50	50	50	50
Gjennomsnittlig maksimal røykproduksjon over en 60 sekunders periode [m ² /s]	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Gjennomsnittlig røykproduksjon [m ² /s]	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7	0,7

Dersom et produkt ikke klarer akseptkriteriene, brannbeskyttes materialet og testes iht. (c).

(c) Dokumentasjon av brannbeskyttelse på brennbare produkter

(4) Brannmotstand for overdekning av brennbare produkter skal testes i vertikalovn med eksponering for standard tid-temperaturkurve, se figur 5.2. Akseptkriterier for bruk i vegtunneler skal være i henhold til tabell 5.3.

(5) Prøvestykket skal bestå av både beskyttelse og isolasjon (brennbart materiale). I tillegg til temperaturmålinger på ueksponert side, måles temperatur i sjiktet mellom ubrennbar beskyttelse og brennbart materiale. Akseptkriteriene bestemmes ut fra målingene i dette sjiktet. Det er ingen spesielle krav til ueksponert side, hvis den anbringes mot berg.

(6) Gjennomsnittstemperatur mot brennbart materiale skal ikke overstige 250 °C etter 60 minutters prøving. Det skal ikke oppstå vedvarende flammer i brennbart materiale.

Brannmotstand for skjøteforbindelser og eventuelle oppheng av konstruksjoner vurderes. Dette for å kunne avdekke eventuelle svakheter som kan være vesentlig for de branntekniske egenskapene, og som ikke lar seg prøve brannteknisk i vertikalovnen.

5.4.3 Sikring av brennbare materialer

(1) Brennbare materialer skal sikres både ved bygging av nye tunneler og ved rehabilitering av eksisterende tunneler.

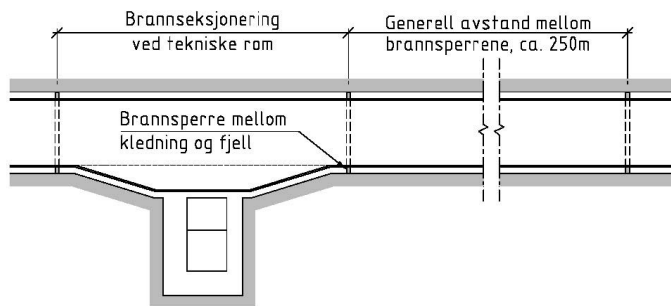
(2) Ved bruk av brennbare isolasjonsmaterialer (se punkt 8.4.1) skal betong; sprøytebetong, prefabrikkerte betongelementer eller støpt betong, benyttes som brannbeskyttelse.

(3) Brennbar isolasjon skal tilfredsstillere kriteriene til antenningelighet for euroklasse D, samt d0, ved prøving i henhold til NS-EN ISO 11925-2 [22]. Akseptkriterier er angitt i NS-EN 13501-1 [23]. For laminerte plater gjelder dette alle lag.

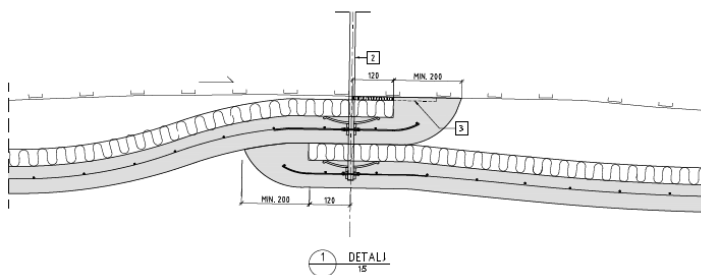
(4) Overlapper, endetetting og planskjøter (PE/polyetylen-skum) skal ha spesifisert tykkelse av betong på alle punkt.

(5) Strekninger med brannsikret brennbart materiale skal seksjoneres til berg eller brannsikret konstruksjon ca. hver 250 m. Avstanden kan tilpasses slik at seksjoneringen utføres på mest hensiktsmessig plass. Brannseksjonert felt merkes med skilt på vegg i trafikkrommet.

Prinsipp for brannseksjonering ved tekniske bygg, nødutganger etc. er vist i figur V5.7. Prinsippskisse av brannsperre i hvelv av PE-skum og sprøytebetong er vist i figur V5.8. Se også Statens vegvesen rapport nr. 510 [71/V520] fra etatsprogrammet «Varige konstruksjoner».



Figur V5.7: Prinsippskisse for brannseksjonering ved tekniske bygg, nødutganger, etc.



Figur V5.8: Prinsippskisse som viser brannsperre i hvelv av PE-skum og sprøytebetong [71/V520].

Brannseksjonert felt merkes med skilt på vegg eller føringskant i trafikkrommet, med tekst 'Brannsperre' og posisjon (km, m eller annet).

(6) Tekniske bygg og nødutganger skal brannsikres og prosjekteres for hver enkelt tunnel.

6 SKILT OG SIGNALER

6.1 Generelt

Krav til skilt og signaler er gitt i N300 Trafikkskilt [4] og N303 Trafikksignalanlegg [6].

(1) 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 byggtekniske forhold.

6.2 Trafikkskilt utenfor tunnel

Av trafikksikkerhetshensyn reduseres skilting nær tunnelåpningen til et minimum.

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

N300 [4] gir krav om minimumsavstander mellom skilt, bestemmelser om skilt som kan plasseres på samme stolpe/mast og maksimalt antall skilt per stolpe.

Prinsippskisser for plassering av skilt og signaler utenfor tunneler er vist i R311 [74/V520].

(1) Bommer skal ha påmontert skilt 908 Hindermarkering, i fargene rødt og gult. For signal på bom, se N303 [6].

(2) Nødtelefon og brannslukkere utenfor tunnelåpning (jf. kapittel 5) skal varsles med skilt [4].

6.3 Trafikkskilt i tunnel

(1) Skilt i tunnel skal være innvendig belyst eller fullgrafiske.

Virkning på ventilasjonsanlegg og belysning av overhengende skilt vurderes.

Serviceskiltene 605 Nødtelefon og 606 Brannslukningsapparat [4] monteres slik at de er synlige fra begge sider, det vil si at skiltene er tosidige eller det settes opp ett skilt for hver kjøreretning.

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

(3) Serviceskilt 601 Lytt til radio skal benyttes iht. N300 [4].

(4) Snunisjer i tunnel skal merkes med 2-posisjonsskilt, se V321 Variable trafikkskilt [24]. Disse skiltene i kombinasjon med rødt stoppblinksignal (signal 1094 [6]) godkjennes av skiltmyndighet.

Spesielt for tunnel er skilt og signal i forbindelse med snunisjer. Et eksempel er vist i figur V6.1.



Figur V6.1: Eksempel på skilt og signal for snunisje i tunnel. To-posisjonsskilt vist i aktiv og passiv stilling [24]

Skilt 570.2 Retning og avstand til nærmeste nødutgang [4] kan monteres i lange ettløps tunneler - som ikke har andre utganger enn tunnelåpningene. Skiltene viser da avstand til hver av tunnelåpningene. Skiltene monteres i havarinisje; i/på nødstasjonkiosken.

6.4 Trafikksignalanlegg for tunneler

(1) Tunneler skal være utstyrt med signal 1094 Rødt stoppblinksignal (N303 [6]) foran tunnelåpningene. Signal 1094 har to horisontalt plasserte røde lyshoder, plassert på sort bakgrunsskjerm.

(2) Signal 1098 Gult varselblinksignal skal brukes i forbindelse med skilt 601 i tunnel.

7 PERMANENT BERGSIKRING

7.1 Generelt om permanent bergsikring

Det norske prinsippet for tunnelbygging er basert på at bergmassen er byggematerialet og at bergmassens selvbærende egenskaper utnyttes. De geologiske forholdene som blir registrert under driving bestemmer bergsikringen.

(1) Sprengning av tunnelen skal utføres skånsomt.

Bygging av tunnel utføres med kontursprengning for å redusere overberg og bruk av sikringsmidler. Der det er nødvendig benyttes forinjeksjon for å begrense innlekkasje og følgelig unngå skader på omgivelser og naturmiljø.

Riktig kontursprengning med nøyaktig boring og tilpasset lading gir jevnere kontur med mindre sprengningsskader som igjen reduserer behovet for rensk og bergsikring. Andre fordeler er mindre opplasting og transport, ved bunnrensk færre masser som tilbakeføres, samt enklere montering av vann- og frostsikring. Klimagevinsten ved lavere forbruk av materialer (stål og betong) og mindre transport vil være vesentlig.

(2) All boring skal utføres med Measurement while drilling (MWD). Det skal benyttes programvare for boreparametertolkning (BPT) som tolker og presenterer informasjon som bergmassens relative hardhet, oppsprekking og vannforhold. Programvaren kalibreres og tilpasses berggrunnen langs tunnelen.

Measurement while drilling (MWD) er innhenting av data. Boreparametertolkning er bearbeiding og tolkning av data. Det er viktig at data fra forskjellige rigger kalibreres slik at de viser like forhold. Tolkningene kan presenteres både som utbrettskart og på skjerm i 3D der tunnelen (inkl. ev. naboløp) kan betraktes fra alle vinkler.

Kontraktsmal for innkjøp av boreparametertolkning er vist i R761 (prosess 31c).

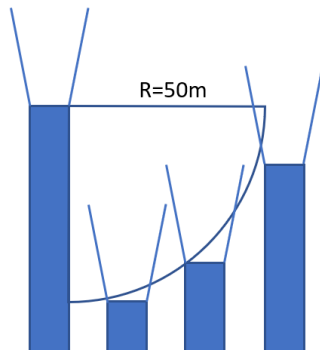
(3) Det skal treffes tiltak for å begrense avbøyningsavvik ved boring av sonderhull og injeksjonshull. For å begrense avbøyningsavviket benyttes styrestenger.

Avviksmålinger vurderes spesielt i kritiske områder som f.eks. liten eller usikker overdekning. Avbøyningsavvik ved salvboring gir ujevn, skadet kontur, men kan reduseres med godt utstyr (stenger, borkroner), nøyaktighet ved ansett og lavere matetrykk.

(4) I områder med fare for skadelige grunnvannssenknings skal det treffes tiltak for å unngå langvarige lekkasjer fra borehull.

Borehull tettes så snart som mulig for å unngå langvarige innlekkasjer, for eksempel ved bruk av pakkere.

(5) Der to tunnellop drives parallelt, skal avstanden mellom tunnelstoffene være minimum 50 meter. Dette sikrer at erfaringene fra ett tunnellop kan nyttiggjøres i det andre, og at injeksjonsarbeider på en tunnelstoff ikke kommer i konflikt med arbeider på den andre.



Figur V7.1 Eksempel på måling av avstand min. 50 m mellom stuffene for toløpstunneler, vist med ulike avstander mellom løpene.

7.2 Etablering av forskjæring og påhugg

(1) Det skal utarbeides en egen plan for forhåndssikring og de første tunnelsalvene. Dette skal minst inkludere forbolting og sprøytebetong rundt påhugget, og korte (ev. delte) salver inntil driving med hele tverrsnitt er forsvarlig.

Der påhugg etableres under naturlig grunnvannsnivå kartlegges alle grunnforhold og mulige konsekvenser av inngrepet slik at det kan utarbeides en plan for utførelsen som ivaretar omgivelsene. Bynære tunneler med innlekkasjekrav og med påhugg i dype byggegropen krever særlig oppmerksomhet.

Se V520 (2021), punkt 7.3 Etablering av forskjæring og påhugg.

Forinjeksjon av forskjæring/byggegropp: Påhugg i bynære tunneler kan ofte ha påhugg i dype byggegropen med innlekkasjekrav grunnet setningsfare på grunn av at de ligger under grunnvannsnivået. Dette krever at grunnforholdene (berg, løsmasser og grunnvann/poretrykk) og omgivelser kartlegges og at det utarbeides en plan for utførelse av injeksjonsarbeidene.

Når berggrunnen er blottlagt innenfor spunten kan det forinjiseres langs den prosjekterte skjæringsveggen. I de tilfellene der grunnvannet står i løsmassene over berg tettes først ev. lekkasjer herfra og inn i byggegropa. Typiske lekkasjepunkter er via forankringsstag i veggen, opp langs ev. peler i spuntgropa og mellom spuntfot og berg.

Dagberg og åpne sprekker kan gjøre det vanskelig å tette berget og det kan derfor bli nødvendig med tett boring. Fordi vannet også kan strømme opp av sålen etter sprengning injiseres det systematisk over hele arealet. Alle hull bores minst 3 m under prosjektert såle.

Der det bygges lang betongkulvert som tilbakefylles og med gjenoppretting av grunnvannstanden, støpes en tett overgang til bergtunnelen.

Se også punkt 7.4.2 om forinjeksjon.

7.3 Arbeider foran stuff

7.3.1 Sonderboring

Sonderboring med slagboring eller kjerneboring benyttes der det er behov for å skaffe informasjon om bergkvalitet og vannlekkasjer foran stuff.

Se V520 (2021), punkt 7.4.1 Sonderboring og boreparametertolkning

Se også V520 (2021), punkt 7.6 Driving og sikring fram mot og gjennom svakhetssoner.

(1) Systematisk sonderboring med slagboring skal gjennomføres i følgende områder:

- Der forundersøkelsene indikerer svakhetssoner og dårlig bergmassekvalitet generelt.
- Ved liten og usikker bergoverdekning. Sonderboringen inkluderer skråhull frem og opp for verifisering av bergoverdekning, som er spesielt viktig ved fjordkrysninger, og under innsjøer/tjern/elver.
- På strekninger med definerte krav til innlekkasje, der systematisk forinjeksjon ikke er iverksatt.

(2) Sondering med kjerneboring skal utføres i kritiske områder der det er særlig viktig å verifisere bergoverdekning og innhente informasjon om bergmassen.

Se også V520 (2021) punkt 7.6 Driving og sikring fram mot og gjennom svakhetssoner.

(3) Det skal utarbeides borerapport fra sonderboringen (uavhengig av MWD). Observasjoner under boringen registreres og borerapporten leveres uten unødig opphold etter endt boring.

Borerapport fra sonderboringen inneholder som minimum:

- *tegning av stuff med hullplassering og -nummer (som boret, sett mot stuff)*
- *tunnelnavn, løp/stuff, profilnummer, dato og klokkeslett, signatur*
- *angivelse av merkbare slepper, borevansker*
- *spylevannsfarge, spesielt endringer i fargen*
- *eventuelt tap av spylevann, også vanninnbrudd*
- *vannmengden fra hver enkelt hull, og fra alle hull samlet. Vann fra hvert borehull samles opp og registreres som liter/minutt i rapporten. Prøver tas tidligst 5 minutter etter endt boring*

Om mulig merkes observasjonene ovenfor med hulldybde. Sondérhull som inngår i en injeksjonsskjerm spyles like grundig som injeksjonshullene. Dersom det ikke utføres injeksjon gjenstøpes hullene.

7.3.2 Forinjeksjon

(1) Forinjeksjon skal benyttes for å:

- Hindre grunnvannssenkning og skader på ytre miljø
- Hindre uønsket reduksjon av poretrykk i løsmasser som kan gi skadelige setninger
- Ha kontroll på vannlekkasje inn i tunnelen.

Se V520 (2021), punkt 7.4.2 Forinjeksjon

Se også V520 (2021), punkt 7.6.5 Tetthetskrav og innlekkasjemålinger

Begrensning av innlekkasjer: Forinjeksjon er normal tettemetode under tunneldriving. For tunneler der det er satt krav til tetthet for hele eller deler av tunnelen er det flere forhold som krever kontinuerlig oppfølging. Forhold som parallelt følges opp for å kunne styre og justere tettearbeidene i tunnelen, slik at det ikke oppstår uforutsette konsekvenser, er:

- *lekkasjemålinger i tunnelen, totalekkasjer ut av tunnelen og over seksjoner (punkt 7.5)*
- *målinger av grunnvannstand, poretrykk og setninger*
- *registrering av vannstand i vann og myrer*
- *inngang av vann i ev. infiltrasjonsbrønner*

Aktiv vanninfiltrasjon i borhull fra terreng eller fra tunnelen kan bidra til å holde grunnvannstanden og poretrykket oppe i anleggsperioden. Effekten av vanninfiltrasjon er imidlertid vanskelig å forutsi. Vanninfiltrasjon krever også løpende ettersyn og vedlikehold. Metoden planlegges ikke som permanent tiltak. Se også Intern rapport nr. 2324 [51/V520].

Der det er fare for at tetthetskravene ikke kan oppnås med systematisk forinjeksjon vil tetting med en membranisolert betongutstøping dimensjonert for det aktuelle vanntrykket være løsningen i tillegg til injeksjon. Dette medfører forberedelse, for eksempel ved å utvide tunnelprofilen, i forbindelse med drivingen.

Utstyr for forinjeksjon, se for eksempel R761 prosess 31, og NFF håndbok nr. 6 Berginjeksjon.

(2) Det skal utarbeides borerapport fra injeksjonsboringen (uavhengig av MWD). Observasjoner under boringen registreres og rapporten leveres uten unødig opphold etter endt boring.

Borerapport fra injeksjonsboringen inneholder som minimum:

- tegning av stoff med hullplassering og -nummer (som boret, sett mot stoff)
- tunnelnavn, løp/stoff, profilnummer, dato og klokkeslett, signatur
- angivelse av merkbare slepper, borevansker
- spylevannsfarge, spesielt endringer i fargen
- eventuelt tap av spylevann, eller vanninnbrudd
- eventuell kontakt mellom hull
- vannlekkasjer fra hvert enkelt hull og hele skjermen samlet, målte eller, når måling ikke er mulig, anslåtte mengder

Om mulig merkes observasjonene ovenfor med hulldybde. Det kreves rent returvann før spylingen av hullet avsluttes.

(3) Det skal benyttes injeksjonssementer av type CEM I eller CEM II A-V i samsvar med NS-EN 197-1 [25].

Sementer lagres tørt og luftig, og brukes innenfor angitt holdbarhetsdato.

Sammensetningen tilpasses i samråd med byggherre underveis i injeksjonen. Kompatibilitet mellom den aktuelle sementen og tilsetningsstoffer, inklusive akselerator, sikres. Der det foreligger anvisninger i produktdatabladene følges disse.

(4) Injeksjonsmasse skal tilsettes superplastiserende stoff. Informasjon om sementtyper, tilsetningsmaterialer, tilsetningsstoffer og blandingsforhold skal foreligge før injeksjonsarbeidene starter.

Ved behov benyttes dispergert silikastøv i kombinasjon med standard injeksjonssement. Dispergert silikastøv dokumenteres i henhold til NS-EN 13263. Håndtering av eventuelle kjemiske delkomponenter foregår i samsvar med delkomponentenes sikkerhetsdatablad og leverandørens anvisninger.

Ved oppstart av injeksjon anbefales det at et begrenset antall blanderesepser er tilgjengelig på injeksjonsriggen, f.eks. vann/sement-forhold; v/c = 0,5 og 0,7 og 0,9 med industrisement og v/c = 0,6 og 0,8 med mikrosement.

Det kan etter nedrigging bestilles utvidet herdetid for å la injeksjonssementen få mer tid på å oppnå en tilstrekkelig fasthet før ny boring. Det gjelder ikke minst der det er påtruffet vann ved salveboring. Utvidet herdetid ved systematisk injeksjon er sjelden nødvendig fordi det i skjermoverlappen vil være en tett «propp» av tidligere injisert berg, slik at mesteparten av den ferske injeksjonsmassen antas å befinne seg foran neste salve.

Ved sporadisk injeksjon kan massen rett foran stoff fortsatt være flytende og det er bare pakkerne og det nære berget som stenger vannet inne. Dersom det på slutten av injeksjonen ikke er benyttet akselerator eller hurtigherdende sement er utvidet herdetid et alternativ.

(5) Det skal utføres kontroll og rapportering av injeksjonsarbeidene iht. NS-EN 12715 [26]; punkt 9.3.6 og kapittel 10. Injeksjonsmassen kontrolleres minst én gang pr injeksjonsomgang.

For å sikre kvalitet på blanding og materiell kontrolleres densitet, Marsh-viskositet, avbindingstid og vannutskillelse («bleeding») [76/V520, 26]. Det kontrolleres minst én gang pr. injeksjonsomgang og resultatene dokumenteres i injeksjonsrapporten.

(6) For å sikre kvalitet på injeksjonsarbeidene skal injeksjonsarbeidene dokumenteres underveis.

Injeksjonsrapport leveres uten unødig opphold etter hver injeksjonsomgang og inneholder som minimum:

- tunnelnavn, stoff/løp, profilnummer, dato, injeksjonsomgang (nr.), type injeksjon
- dybde pakkerplassering
- tidspunkter for pumpestart og stopp pumping på siste hull
- mengde pr. hull av de ulike v/c-blandingene, og totalmengde
- mengde tilsetningsstoffer pr. hull
- sluttrykk på hvert enkelt hull

- tidspunkt for start boring etter injeksjon
 - evt. utganger på/bak stuff, eller til terreng
 - kontakt/gjennomgang mellom hull
 - vannlekkasje pr. hull (og samlet fra hele skjermen) før injeksjon
 - kontrollresultater injeksjonsmasse
 - dato, klokkeslett og signatur
-

(7) Injeksjonsarbeider skal dokumenteres i ingeniørgeologisk sluttrapport, se punkt 7.10.

7.4 Geologisk kartlegging og bergmasseklassifisering

Detaljert geologisk kartlegging, bergmasseklassifisering og stabilitetsvurderinger utføres fortløpende under driving for å velge riktig bergsikring på stuff. På grunnlag av eventuelle observasjoner bak stuff og ved kontroll kan det være aktuelt å supplere sikringen.

(1) Geologisk kartlegging skal utføres i hele tunnelens lengde og i hele tunnelprofilen. Kartlegging og bergmasseklassifisering utføres før berget dekkes av sprøytebetong. Dokumentasjonen benyttes som grunnlag for å bestemme permanent bergsikring.

*Se V520 (2021), vedlegg C: Veiledning ved vurdering av bestemmelse av bergsikringsmengder
Geologisk kartlegging: Se R211 Feltundersøkelser [6/V520]: 1.4.9 Kartlegging og geologiske undersøkelser i tunnel under driving, samt Statens vegvesen rapport Nr. 193 Kartlegging under driving med Novapoint Tunnel [96/V520].*

Dokumentasjon som grunnlag for å vurdere behov for permanent sikring består av følgende:

- *Beskrivelse av bergarter og inntegning av bergartsgrenser*
- *Inntegning av sprekker, slepper og svakhetssoner (orientering og bredde) som er av betydning for stabiliteten. Eventuell laboratorieprøving av sleppemateriale*
- *Strøk- og fallmålinger for de viktigste sprekkeretningene*
- *Vannlekkasjer*
- *Bergmasseklassifisering etter Q-metoden*

Q-metoden, ref. Norges geotekniske institutt (2015): Håndbok Bruk av Q-systemet.

For vegtunneler er det til dels valgt en økt sikring sammenlignet med bergsikringen spesifisert i Q-systemet. Dette er gjort med tanke på dimensjonerende brukstid og trafikkikkerhet. Bergmasseklasser iht. Q-verdi er relatert til sikringsklasser I – VI i N500; tabell 7.1.

Dokumentasjon av utførte sikringsarbeider, sammen med geologiske registreringer presenteres samlet i ingeniørgeologisk sluttrapport (punkt 7.10)

7.5 Sikringsklasser

(1) Sikringsklasser med beskrivelse av sikringsmetode og -omfang skal bestemmes fra tabell 7.1 ved hjelp av bergmasseklasser i henhold til Q-metoden. Tabell 7.1 viser sammenhengen mellom bergmasseklasser og sikringsklasser. Sikringsangivelse i tabellen gjelder utsprengt tunneltverrsnitt for T8,5-T12,5. Bergsikring i andre tverrsnitt dimensjoneres spesielt.

Sikringsklassene er i likhet med Q-systemet retningsgivende for valg av endelig sikring. Det foretas en vurdering av anbefalt sikring i forhold til bergrommets geometri og geologi, spesielt kryssende sprekker, slepper og svakhetssoner. Om nødvendig suppleres sikringsklassen med tilpasset sikring.

Tabell 7.1: Sammenhengen mellom bergmasseklasser (Q-systemet) og sikringsklasser – permanent sikring

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi (sprengt berg)	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 100 – 10	Sikringsklasse I - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m Q = 10 – 4	Sikringsklasse II - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm - Systematisk bolting c/c 2 m
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 4 - 1	Sikringsklasse III - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm - Systematisk bolting c/c 1,75 m
E	Svært dårlig bergmasse. Q = 1 - 0,2 ----- Q = 0,2 - 0,1	Sikringsklasse IV - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m ----- - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m - Armerte sprøytebetongbuer Buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2–3 m, Buene boltes systematisk, c/c bolt = 1,5 m, boltelengde 3–4 m - Sålestøp vurderes
F	Ekstremt dårlig bergmasse. Q = 0,1 - 0,01	Sikringsklasse V - 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– 2 m Buene boltes systematisk, c/c 1,0 m, boltelengde 3–6 m Doble buer kan erstattes med gitterbuer. - 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 7.1:

- Salvelengden reduseres senest fra og med sikringsklasse IV.
- Sprøytebetong sprøytes ned til minimum kjørebanelivå.
- Minimum tykkelse på sprøytebetong i saltvannssoner og syredannende berg (alunskifer, sulfidførende gneis) skal være 100 mm.
- Med driving inn mot svakhetssoner, og andre kritiske partier, skal det i god avstand fra partiet utføres en vurdering av det videre drive- og sikringsopplegget.

Av hensyn til bestandighet og levetid utføres sprøytebetong med gjennomsnittstykkelse ikke mindre enn 80 mm, og med tilpasset akseleratortilsetning.

Se V520 (2021), punkt 7.2 Sikringsmetoder og sikringsklasser.

Armerte sprøytebetongbuer:

Se V520 (2021), punkt 7.8 Utforming og utførelse av sprøytebetongbuer

Se også V520 (2021), punkt 7.6 Driving og sikring fram mot og gjennom svakhetssoner.

Se også V520 (2021), punkt 7.7 Belastningssituasjon og bærevirkning for bergforsterkning.

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

(3) Kontroll av utført permanent sikring skal utføres før tunnelen kles med vann- og frostsikring, se punkt 2.3. Eventuell supplerende sikring utføres og dokumenteres i ingeniørgeologisk sluttrapport (punkt 7.10).

Se V520 (2021), kap 7.9 Omfang og kontroll i byggefasen etter Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering.

Se også Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, Versjon 1 ed. Norsk bergmekanikkgruppe, Norsk bergmekanikkgruppe, Oslo, 2011.

7.6 Bolter

7.6.1 Bolter til stabilitetssikring

Bolter brukt til stabilitetssikring som gitt i tabell 7.1 er en av følgende typer:

- Type 1) fullt innstøpte bolter, der boltene presses inn i mørtelen; forbolter og radielle,
- Type 2) kombinasjonsbolter, fullt innstøpt med endeforankring og ettergysningsystem, eller
- Type 3) bolter tilpasset bergtrykkproblemer.

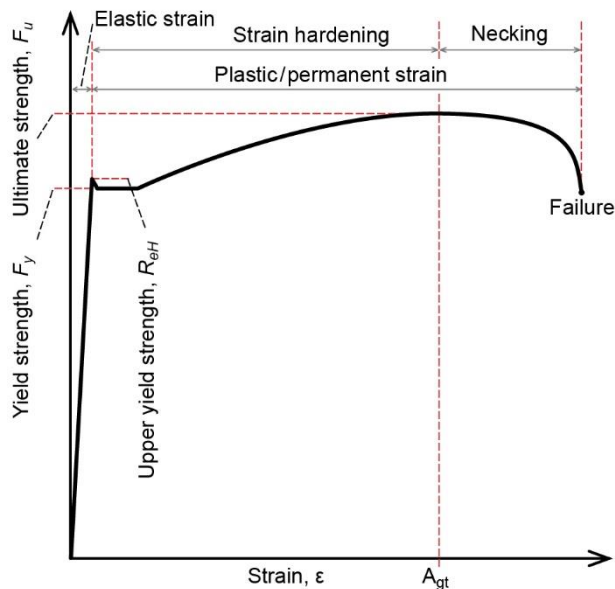
I de tilfeller der sikringen dimensjoneres spesielt, for eksempel ved sikringsklasse VI, eller ved uvanlig geometri (bergrom, kryss i tunnel), kan andre boltetyper og stag benyttes etter en nærmere vurdering.

For forankringsbolter og festedetaljer til vann- og frostsikring, se kapittel 8.

(1) Stålets mekaniske egenskaper, samt omfang av kontroll ved produksjon av stålet i boltestammen (type 1, 2 og 3), skal følge NS 3576-3: 2012 [27].

De mest aktuelle mekaniske egenskapene for boltestål er øvre flytegrense, bruddgrense og duktilitet, se figur V7.2.

Duktiliteten defineres av A_{gt} som er tøyning ved maksimum last. Tøyning over A_{gt} innebærer en reduksjon av styrken i boltene og kan gi et raskt bruddforløp.



Figur V7.2: Spennings-/tøyningsdiagram for stål (Høien, A.H., Li, C.C., Zhang, N., 2021. Pull-out and Critical Embedment Length of Grouted Rebar Rock Bolts-Mechanisms When Approaching and Reaching the Ultimate Load. Rock Mech Rock Eng.).

F_y – Flytegrense

R_{eH} – Øvre flytegrense

F_u – Bruddgrense

A_{gt} – Tøyning ved maksimum last

(2) Ferdig produsert bolt skal testes for hver 2000 produserte enhet. Dokumentasjon på kontroll skal følge boltene ved levering. Det som testes er minimum:

- Bolter type 1) mekaniske egenskaper for eventuelt redusert tverrsnitt. For radielle bolter: Mekaniske egenskaper for boltene som helhet, montert med plate, mutter, etc. Mutterens tilstrammingsmoment ved en forspenning på 50 kN.
- Bolter type 2) Mekaniske egenskaper for eventuelt redusert tverrsnitt, boltens mekaniske egenskaper for boltene som helhet, montert med plate, mutter, etc. Mutterens tilstrammingsmoment ved en forspenning på 50 kN.
- Bolter type 3) Mekaniske egenskaper for boltene som helhet, montert med plate, mutter, etc. Mutterens tilstrammingsmoment ved en forspenning på 50 kN.

Så langt det er mulig testes og rapporteres det etter relevante standarder. Rapportene bør inneholde relevante opplysninger som flytspenning og bruddspenning for boltestamme og plate, hvor boltene gikk til brudd, last/deformasjonsdiagrammer, testoppsett m.v.

(3) Bolter skal være iht. tabell 7.2:

Tabell 7.2: Bolter til bergsikring ved tunnelpåhugg, ved stuff og bak stuff (ref. sikringsklasser i tabell 7.1).

	Innstøping	Diameter	Kommentar
Forbolter	Umiddelbar	Ø 32 mm	Type 1, ved stuff og ved tunnelpåhugg
Bolter, fullt innstøpte	Umiddelbar	Ø 20 mm	Type 1, fortrinnsvis til radiell bolting bak stuff
Kombinasjonsbolter	Ettergysbar	Ø 20 mm	Type 2, til radiell bolting ved og bak stuff, m.m.
Bolter ved bergtrykksproblemer	Umiddelbar/ ettergysbar	Ø 20 mm	Type 3, til radiell bolting ved og bak stuff, m.m.

Boltene monteres med utstikkende bolteende på maks. 150 mm.

(4) Radielle bolter skal være gjenget og forsynt med mutter, halvkule og underlagsplate som gir stabilt anlegg mot berg/sprøytebetong. Avviket mellom boltens normal til platens flate kan være inntil 20°. Underlagsplater, halvkuler og muttere skal være i stål og korrosjonsbeskyttet på samme måte som boltene (se punkt 7.6.2).

(5) Underlagsplaten skal ha en tykkelse på minimum 5 mm. Det skal kunne slås en full sirkel fra midten av boltehullet i underlagsplaten med diameter minimum 150 mm innenfor platens yttergrenser.

(6) For bolter type 1 og 2 skal den forankrede lengden ha mekaniske egenskaper og overflate utformet innenfor de krav som er gitt i NS 3576-3:2012 [27]. For disse boltene tolereres en minimal reduksjon av tverrsnitt i gjengepartiet for å tilpasse egnet mutterdimensjon. Den ytre forankring (plate, mutter, gjenger, etc.) skal være sterkere enn bruddstyrken i partiet med det reduserte tverrsnittet.

(7) For type 3 bolter er utformingen tilpasset bruk ved store deformasjoner. De mekaniske egenskapene til boltestammen skal oppfylle krav gitt i [27]. Den ytre forankring (plate, mutter, gjenger, etc.) skal være sterkere enn den faktiske bruddstyrken i boltestammen. Deformasjon i platen ved overskridelse av boltestammens flytkapasitet tillates. Boltene skal være utformet slik at til sammen minst to tredeler av boltestammen går til flyt og utnytter sin deformasjonskapasitet.

Boltene kan enten gyses umiddelbart, om det fremdeles vil tillates deformasjon, eller ha et ettergysningsystem for gysing etter at deformasjonene har stanset. Det er viktig at ettergysningssystemet ikke påvirker boltens kapasitet (lastegenskaper). Dokumentasjon på dette leveres sammen med boltene.

(8) Boltemørtel for gysing skal være fabrikkframstilt og CE-merket etter NS-EN 1504-6 [28]. Der boltemørtelen kommer i kontakt med zink/varmforsinket stål, skal den ikke føre til gassdannende kjemisk reaksjon eller annet som reduserer heftfastheten til stålet

(9) Boltene skal være fullstendig omhyllt av gysemassen.

Anvisning fra mørtel-produsentens produktdatablad følges.

7.6.2 Korrosjonsbeskyttelse av bolter og festemateriell

(1) Korrosjonsbeskyttelse av bolter og festemateriell skal utføres med varmforsinking og pulverlakkering, med tykkelser spesifisert i tabell 7.3.

Tabell 7.3: Tykkelse på sinkbelegg og pulverlakkering for bolter (bolter til bergsikring og festebolter for vann- og frostsikring) og festedetaljer.

Sinkbelegg	
Bolter med diameter 16 mm, samt festedetaljer:	Midlere tykkelse min. 55 µm
	Lokal tykkelse min. 45 µm
Bolter med diameter ≥ 20 mm:	Midlere tykkelse min. 85 µm
	Lokal tykkelse min. 70 µm
Pulverlakkering	
Bolter med diameter 16 mm:	Midlere tykkelse min. 55 µm
	Lokal tykkelse min. 45 µm
	Enkeltmåling min. 20 µm
Bolter med diameter ≥ 20 mm, samt festedetaljer:	Midlere tykkelse min. 70 µm
	Lokal tykkelse min. 60 µm
	Enkeltmåling min. 25 µm

Korrosjonsbeskyttelse av ståldeler i tunnel er utredet i etatsprogrammet Varige konstruksjoner, se for eksempel Statens vegvesen rapport nr. 410.

(2) Varmforsinking av bolter og ståldeler skal utføres og dokumenteres i henhold til NS-EN ISO 1461 [29].

(3) Pulverlakkering av bolter og ståldeler skal utføres og dokumenteres i henhold til NS-EN 13438 [30]. Krav til prøveomfang og antall målinger av lakkykkelse skal være i henhold til NS-EN 10088 [31]. En enkeltmåling er ett målepunkt, lokal tykkelse er gjennomsnitt av minst 5 enkeltmålinger og midlere tykkelse er gjennomsnitt av de lokale tykkelsene.

Skader repareres med to-komponent epoksymaling i henhold til lakkprodusentens prosedyrer. Skader inkluderer blant annet kuttflater på avkappede bolter, hengemerker fra pulverlakkering, nålestikk i pulverlakken og nupper/askerester i sinkbelegget som penetrerer pulverlakken.

(4) I saltvannsonen i undersjøiske tunneler skal forankringsbolter og festedetaljer for vann- og frostsikring beskyttes spesielt. Dette utføres ved:

- 1) Bruk av rustfritt stål av type 1.4462 [31], eller
- 2) Boltediameter minimum 20 mm, kombinert med to lag pulverlakk (midlere tykkelse 150 µm, lokal tykkelse 120 µm, enkeltmåling 100 µm), og sinkbelegg iht. tabell 7.3.

7.7 Sprøytebetong til bergsikring

(1) Produksjon, utførelse og kontroll av sprøytebetong skal være iht. NS-EN 206+NA [32] og Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 7 (NB7) Sprøytebetong til bergsikring [33].

Fasthetsklasse, energiabsorpsjonsklasse og tykkelse for ulike sikringsklasser er i henhold til i tabell 7.1.

(2) Prøving av energiabsorpsjon for fiberarmert sprøytebetong skal utføres etter reglene i NB7 [33]. Prøvingsresultatet skal tilfredsstille spesifisert energiabsorpsjonsklasse, minimum 700 Joule for E700 og minimum 1000 Joule for E1000.

For sprøytebetong til brannsikring av vann- og frostsikringshvelv, se kapittel 8.

(3) Fiber i sprøytebetong skal være iht. NS-EN 14889-1 [34].

(4) Bestandighetsklasser skal være:

M45 der lekkasjevann er ferskvann.

M40 der lekkasjevann er saltvann, og ved vannlekkasjer i sulfid-/ sulfatførende berg og alunskifer.

For sprøytebetong til bergsikring i tunneler hvor innlekkasjevannet er saltvann gjelder eksponeringsklassene XA2 til XA3 for kjemisk angrep iht. tabell NA.1 og krav til bindemiddel iht. tabell NA.13, sulfatmotstandsklasse SuR1, i NS-EN 206+NA [32]. For sprøytebetong til bergsikring i tunneler hvor innlekkasjevannet drenerer gjennom alunskifer eller sulfidførende berg gjelder eksponeringsklasse XSA for kjemisk angrep iht. Tabell NA.1 og tabell NA.15, og krav til bindemiddel iht. Tabell NA.13, sulfatmotstandsklasse SuR2, i NS-EN 206+NA [32]. For begge tilfeller gjelder at tilslaget er uten innhold av kalkstein eller kalkfiller.

(5) For armerte sprøytebetongbuer skal det benyttes sprøytebetong uten tilsetning av fiber, og ellers fasthetsklasse og bestandighetsklasse som for sprøytebetong til bergsikring.

Veiledning til oppbygging og utførelse av armerte sprøytebetongbuer er gitt i: V520 (2021), punkt 7.6 Driving og sikring fram mot og gjennom svakhetssoner. V520 (2021), punkt 7.7 Belastningssituasjon og bærevirkning for bergforsterkning. V520 (2021), punkt 7.8 Utforming og utførelse av sprøytebetongbuer

7.8 Sikringsstøp

Sikringsstøp - betongutstøping ved og bak stuff kan benyttes ved særlig ustabile partier, for eksempel svakhetssoner med mye leire eller liten bergoverdekning.

(1) Betong til sikringsstøp skal være i fasthetsklasse B35, bestandighetsklasse M45 og kloridklasse Cl 0,1 iht. NS-EN 206+NA [32].

Behov for armering vurderes i hvert enkelt tilfelle. Tykkelse på sikringsstøp vil normalt være minimum 300 mm.

7.9 Utstyr og beredskap ved driving av undersjøiske tunneler

(1) For undersjøiske tunneler skal det utarbeides en egen prosedyre for beredskap på anlegget for å kunne håndtere rasutvikling, vanninnbrudd og for raskt å kunne foreta injeksjon.

7.10 Ingeniørgeologisk sluttrapportering

Dokumentasjon av utført sikring, sammen med geologiske registreringer i tunnel, injeksjon, m.v. presenteres samlet i ingeniørgeologisk sluttrapport.

(1) Det skal utarbeides en ingeniørgeologisk sluttrapport senest tre måneder etter at prosjektet er avsluttet. Inspeksjonsrutiner for berg og bergsikring (inkl. tunnelkart med geologi og sikring) ferdigstilles og godkjennes av driftsansvarlig før overlevering.

(2) Ingeniørgeologisk sluttrapport skal:

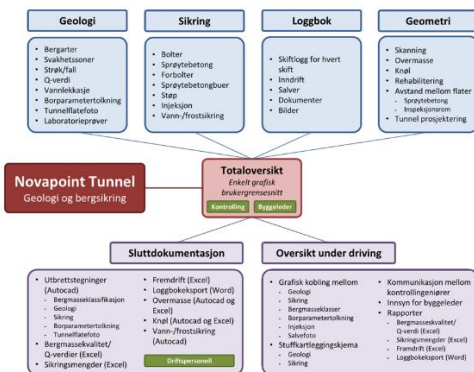
- Inneholde geologisk/ingeniørgeologisk dokumentasjon med kartlegging og beskrivelse av bergforholdene og samlet utført sikring.
- Angi inspeksjonsrutiner både når det gjelder behov, hyppighet og spesielt beskrive områder som krever spesiell oppfølging.

- Inneholde eventuelle avvik i utførte sikringsmengder og sikringsmetoder i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunnlaget, med begrunnelse.
- Inneholde 3D-modell av geologiske forhold der dette er utarbeidet.
- Underskrives av prosjektleder for utbyggingsprosjektet og den som har faglig ansvar for bergsikringsarbeidet.

Relevant bakgrunnsmateriale inkluderes og arkiveres.

Erfaringer fra tunneldrivingen beskrives, både som dokumentasjon og for erfaringsoverføring. Dokumentasjon av utført uavhengig kontroll i byggefasen er også del av geologisk sluttdokumentasjon. Som del av ingeniørgeologisk sluttrapport lages en oversikt over punkter/ strekninger som anbefales fulgt opp spesielt som del av drift- og vedlikeholdsrutinene, sammen med beskrivelse av områdene og vurdering av nødvendig hyppighet. Ved behov settes det inn ekstra inspeksjonsluker i disse områdene.

Utført sikring, sammen med geologiske registreringer i tunnel, injeksjon, m.m. presenteres på en oversiktlig måte og rapporteres både på papir og i elektronisk form. For geologisk sluttdokumentasjon kan Novapoint Tunnel Geologi og bergsikring benyttes. Dette er et komplett system for registrering, oppfølging og dokumentasjon for tunneldriving, illustrert i figur V7.1.



Figur V11.1: Oversikt over dokumentasjon i Novapoint Tunnel Geologi og bergsikring [96/V520]

Se V520 (2021), punkt 11.2.1 Geologisk sluttdokumentasjon – eksempler

Med eksempler på tegninger/geologisk sluttdokumentasjon fra Novapoint Tunnel Geologi og bergsikring.

8 VANN- OG FROSTSIKRING I TUNNEL

8.1 Generelt

(1) Vegtunneler skal sikres mot vann og is. Det skal ikke være lekkasjevann eller isdannelse i trafikkrommet, i nødutganger, i nisjer til tekniske bygg eller i ventilasjonssjakter.

Berget som byggemateriale har lang tradisjon i norsk tunnelbygging. Bergsikringsstrategien er basert på bergmasseklassifisering og dimensjonering for 100 års levetid. Frittstående vann- og frostsikringskledning dimensjoneres for 50 års levetid. Dimensjoneringskravene har medført at dagens godkjente vann- og frostsikringsløsninger er både funksjonssikre og stabile over tid.

Ny teknologi og nye materialer vil alltid være aktuelle for utvikling av nye løsninger til vann- og frostsikring. Innovasjon på fagområdet forankres i pilotprosjekter og kostnadsoptimale valg av nye og forbedrede løsninger.

(2) Lekkasje 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 dreussystemet. Over gitte frostmengder isoleres avskjermingen/hvelvet. Det sikres at vannet ledes til dreussledningen uten å bli utsatt for frost, og konstruksjonen bygges opp slik at kuldebroer unngås.

(3) Utsetting av festebolter og påfølgende montering skal utføres slik at ferdig konstruksjon ikke kommer innenfor normalprofilet (toleranse -0/+ 0,1 m).

(4) Seksjoner med vann- og frostsikring skal endettes mot tunnelvegg og andre konstruksjoner i tunnelen.

For brannsikring av vann- og frostsikringskonstruksjonen vises til punkt 5.4.

For frostsikring av dreussystem/grøfter og vegoverbygning, se kapittel 9.

8.2 Frostmengde og frostinntrengning

Frostmengde og årsmiddeltemperatur for landets kommuner er vist i N200 Vegbygging; vedlegg 1 [3].

(1) Frostisolasjonen for vann- og frostsikringshvelv skal dimensjoneres etter F_{10} (h°C). Frostmengden F_{10} (h°C) på stedet (ved tunnelåpningene) kan legges til grunn der målinger er dokumentert.

Frostdimensjonering av vann- og frostsikring tar utgangspunkt i F_{10} (h°C), lokal verdi ved tunnelåpningene. F_{10} er definert som den frostmengden som statistisk sett overskrides én gang i en 10-årsperiode.

Frostmengder, inklusive korreksjonsfaktorer, er gitt i kommunetabeller i N200 [3]. Frostmengden ved aktuelt tunnelpåhugg kan være svært forskjellig fra frostmengden oppgitt for kommunesenteret. Det er derfor av avgjørende betydning at korrekt frostmengde fastsettes lokalt ved tunnelpåhuggene. Som supplement til kommunetabellen er det vist en kartløsning med frostmengder og årsmiddeltemperatur [3].

Se V520 (2021), punkt 8.2.2 Frostinntrengning i tunnel.

(2) Tunneler med lengde inntil 500 m skal dimensjoneres for frostmengden ute på grunn av usikkerheten knyttet til frostinntrengning.

For tunneler med lengde > 500 m vurderes frostinntrengningen i hvert enkelt tilfelle. Der det kan dokumenteres lavere frostmengde innover i tunnelen på grunnlag av målinger eller en vurdering av lokale forhold, kombinert med erfaringer fra tunneler med tilsvarende tunnelgeometri, kan frostmengden i tunnelen legges til grunn, F_{10T} (h°C).

8.3 Konstruksjonstyper

(1) I tunnelklasse F skal det benyttes helhvelv av betongelementer.

(2) I tunnelklasse C skal det i innkjøringssonene benyttes løsninger som inkluderer veggelementer av betong. Veggelementene benyttes minst til og med halve lengden av overgangssone for belysning. I øvrige del av tunnelen benyttes føringskant av betong. Over føringskant og veggelementer benyttes hvelv av sprøytebetong.

(3) Som brannsikring av betongelementer og sprøytebetong, samt tunnelportaler, skal det tilsettes 2 kg/m³ monofilament polypropylenfiber med tykkelse ca. 18 mikrometer og med lengde ca. 6 mm. Fibrene skal ved produksjon være overflatebehandlet for bedre dispergering og redusert vannbehov.

Mikro pp-fiber til betong i vann- frosthvelv tilføres for å hindre/ redusere avskalling av betong ved en brann, som beskyttelse av både armering og brennbar isolasjon bak hvelvet, samt unngå skader pga. eksplosiv avskalling av betong ved en brann. Se for eksempel Statens vegvesen rapport nr. 139 [90/V520].

(4) Vannnett avskjerming skal utføres med aktuelle vann- og frostsikringskonstruksjoner som vist i tabell 8.1. Vann- og frostsikringskonstruksjonen benyttes som hovedløsning, se følgende kapitler 8.4.1 – 8.4.7 for detaljer. I soner med spesielt dårlig bergkvalitet og/eller vannproblemer benyttes membranisolert betongutstøping.

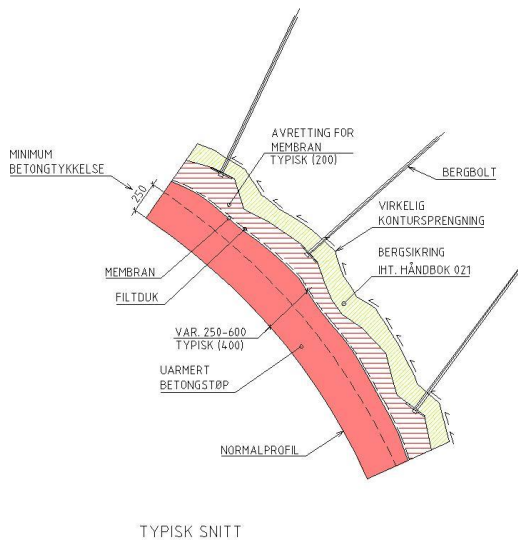
Tabell 8.1: Vann- og frostsikringsmetoder og bruksområder

Tunnelklasse	Vann-/frostsikringskonstruksjon	Vann- og frostisolasjon
A og B	Hvelv av nettarmert sprøytebetong med føringskant av betong	Frostisoleres med PE-skum ved $F_{10} \geq 8\ 000\ h^{\circ}C$, kan utføres uisolert, med membran type III, ved $F_{10} < 8\ 000\ h^{\circ}C$
C	Hvelv av nettarmert sprøytebetong med føringskant av betong	Frostisoleres med PE-skum ved $F_{10} \geq 8\ 000\ h^{\circ}C$, kan utføres uisolert, med membran type III, ved $F_{10} < 8\ 000\ h^{\circ}C$
D	Veggelementer av betong i innkjøringssonene, med sprøytebetong i heng Veggelementer av betong, med nettarmert sprøytebetong i heng	Veggelementer frostisoleres med XPS Frostisoleres med PE-skum ved $F_{10} \geq 8\ 000\ h^{\circ}C$, kan utføres uisolert, med membran type III, ved $F_{10} < 8\ 000\ h^{\circ}C$
E	Veggelementer av betong, med nettarmert sprøytebetong i heng	Veggelementer frostisoleres med XPS. Frostisoleres med PE-skum ved $F_{10} \geq 8\ 000\ h^{\circ}C$, kan utføres uisolert, med membran type III, ved $F_{10} < 8\ 000\ h^{\circ}C$
F	Helhvelv av betongelementer	Frostisolasjon av XPS bak betongelementer Vannsikring med membran type III
Alle	Kontaktstøpt vann-/frostsikringshvelv med membran, Alternativ, prosjektspesifikk løsning	Membran type II

Sprøytebetong i heng kombinert med veggelementer av betong kan benyttes i tunnelklasse F ved profilutvidelser; f.eks. havarinisjer.

For tegninger og detaljer av de ulike løsningene med betongelementer og sprøytebetonghvelv, se Statens vegvesen rapport nr. 510 [71/V520].

Kontaktstøpt vann- og frostsikringshvelv med membran er en alternativ konstruksjon til betongelementer og sprøytebetonghvelv, og er aktuell for alle frostmengder. Løsningen er beskrevet i Statens vegvesen rapport nr. 127 [91/V520] og nr. 130 [92/V520], fra etatsprogrammet «Moderne vegtunneler». Prinsippskisse er vist i figur V8.11.



Figur V8.11: Skisse av kontaktstøpt vann- og frostsikringshvelv med membran [91/V520, 92/V520]

En effektiv bygging av hvelvet forutsetter at konturen er relativt jevn. Berget stabilitets sikres på vanlig måte før det avrettes med sprøytebetong. Utenpå fiberduk og membran støpes uarmert betong med tykkelse minimum 250 mm. Fordelen med kontaktstøpt vann- og frostsikringshvelv er at det monteres uten forankringsbolter og andre korrosjonsutsatte deler. I tillegg er det ikke rom bak hvelv, som reduserer faren for frostoppygging og spredning av en eventuell brann. Løsningen vurderes spesielt i saltvannssonen i undersjøiske tunneler, der korrosjonsmiljøet er spesielt krevende.

Ved kontaktstøp monteres membran på avjevnet underlag og med fiberduk som beskyttelse, for å unngå rifter og skader i membranen. Fiberduk er polypropylen med vekt 300-1500 g/m².

8.4 Konstruksjonsdetaljer

8.4.1 Frostisolasjon

(1) Frostisolasjonsmaterialene skal som minimum oppfylle krav i tabell 8.2.

Tabell 8.2: Krav til isolasjonsmaterialer (for tykkelse 50 mm)

Materiale	Dimensjonerende varmeledningstall	Densitet	Vannabsorpsjon ved diffusjon	Bruksområde tunnel
XPS; ekstrudert polystyren	$\leq 0,039$ W/mK		< 3 vol% iht. [35]	Bak betongelementer
PE-skum; polyetylen-skum	$\leq 0,043$ W/mK	30 ± 2 kg/m ³		Kombinert vann-/ frostsikring, festet i bolter

Frostisolasjonsmaterialer som er i vanlig bruk i norske tunneler er PE-skum som kombinert vann- og frostsikring, brannsikret med nettarmeret sprøytebetong, og XPS som frostisolasjon bak betongelementer – med membran som vannsikring.

(2) Dimensjonerende varmeledningstall, λ , for XPS skal fastsettes i henhold til NS-EN ISO 10456 [36] og test med bruksområde tilsvarende «Horisontalt i grunnen utendørs, drenert». λ -verdi for fuktig materiale benyttes til praktisk dimensjonering. Korttids trykkfasthet for XPS skal være ≥ 200 kPa.

(3) PE-skum skal ha minste tykkelse 45 mm. PE-platene skal være kryssbundet, med minimum 4 lag, og ha dreusspor for vannavrenning.

(4) Minimumstykkelser for frostisolasjon ved ulike frostmengder skal være i henhold til tabell 8.3.

Tabell 8.3: Minimum tykkelser for frostisolasjon av XPS og PE-skum ved ulike frostmengder

Frostmengde, F_{10T} (h°C)	XPS (mm) minimum tykkelse	PE-skum (mm) minimum tykkelse
< 8 000	-	-
8 000 – 10 000	50	45
10 000 – 15 000	50	50
15 000 – 20 000	50	60
20 000 – 25 000	60	70
25 000 – 30 000	60	80
> 30 000	70	90

8.4.2 Membraner

(1) Det skal benyttes en heldekkende membran med varmsveiste skjøter.

(2) Bruksområder for membran er vist i tabell 8.1. Membraner skal være av type GBR-P (polymeric geosynthetic barrier) iht. NS-EN 13491 Geosyntetiske membraner [37], og oppfylle krav til egenskaper gitt i tabell 8.4.

Tabell 8.4: Minimumskrav til membraner. Testmetoder iht. NS-EN 13491 [37], GBR-P, uarmert eller armert.

Egenskap *	Type I	Type II	Type III	Merknader
Tykkelse	≥ 1,0 mm	≥ 2,0 mm	≥ 1,5 mm	
Strekkestyrke	≥ 18 N/mm ²	≥ 18 N/mm ²	> 25 N/mm ²	
Elongasjon	> 200 %	> 200 %	> 200 %	Armert
Punkteringsmotstand	> 1,0 kN	> 2,0 kN	> 3,0 kN	Armert
Rivestyrke	> 90 N	≥ 120 N	≥ 200 N	
Kuldemykhet	- 25 °C	- 25 °C	- 25 °C	
Brannpåvirkning	E	E	E	Klasse E iht. NS-EN 13501-1

* Iht. NS-EN 13491 (2018): tabell 4.3. I tillegg testes følgende egenskaper: Permeabilitet, *Thermal expansion*, *Weathering*, Mikroorganismer, Oksidering, og hvis brukt på portal eller betongtunnel: Rotmotstand. Testverdier dokumenteres.

(3) Dersom membran av PVC blir liggende mot/i kontakt med annen type plast (for eksempel XPS) skal det monteres en migrasjonssperre (fiberduk).

(4) Membraner til betongutstøpning (type II) skal seksjoneres og være utstyrt med varslingsmekanisme som viser skader og rifter, for eksempel membran med et signalsjikt. For betongutstøpning under vanntrykk skal type membran, krav til tykkelse mv. vurderes spesielt.

(5) Alle gjennomføringer skal være vanntette. Tetthet dokumenteres for 1 m vanntrykk i 24 timer for aktuelle gjennomføringer. Pakninger skal være av bestandig materiale med levetid som konstruksjonen for øvrig. Metode og utførelse skal være dokumentert.

(6) Sveiset skjøtt skal oppfylle følgende:

Skjærbrudd (NS-EN 12317-2 [38]): > 500 N/50 mm.

Skrellbrudd (NS-EN 12316-2 [39]): > 100 N/50 mm.

(7) Skjøter mellom membran i tunnel og membran på portal skal være vanntette. Dette kan oppnås ved at membran i tunnel videreføres over tunnelportal.

For produksikring arkiveres en prøve for eventuell testing mot stikkprøver av senere leveranser. Testene utføres av uavhengige laboratorier.

8.4.3 Forankringsbolter og festedetaljer for vann- og frostsikring

(1) Forankringsbolter og tilpassede festedetaljer skal være enten i rustfritt stål, eller korrosjonsbeskyttet stål;

- Rustfritt stål i henhold til NS-EN 10088 [31], i kvalitet 1.4401 eller 1.4404.

- Korrosjonsbeskyttet stål, med type og omfang av kontroll ved produksjon av stålet i boltestammen iht. NS 3576-3 [27]. Korrosjonsbeskyttelse utføres med varmforsinking og pulverlakkering, med tykkelser spesifisert i tabell 7.3.

For korrosjonsbeskyttelse, se punkt 7.6 Bolter.

(2) Forankringsbolter skal ha sikker forankring i berg. Innboringslengde i berg og forankringslengde skal være i henhold til opptredende laster og øvrige forutsetninger. Se punkt 8.4.4 og 8.4.5.

Gysing av forankringsbolter anbefales generelt. Erfaringer viser eksempler på at bolter til innfesting av sprøytebetonghvelv er rustet og brekker i festet mot berget.

8.4.4 Betongelementer

(1) Veggelementer skal gis en høyde som tilsvarer 3,5 m over kjørebanelen.

(2) Minste boltediameter for forankringsbolter skal være 25 mm. Boltediameter for forankringsbolter til takelementer av betong dimensjoneres spesielt.

For brannsikring av betongelementer med monofilament polypropylenfiber (mikro pp-fiber), se punkt 8.3.

(3) Produksjon skal være i henhold til følgende:

- Blandeanlegg for produksjon av betongelementer overvåket og sertifisert av et kontrollorgan i henhold til NS-EN 206+NA [32].
- Produksjon av elementene dokumenteres. Utstøping i henhold til krav gitt til utførelsesklasse 2 i NS-EN 13670+NA [40].
- Betong med fasthetsklasse B45 og bestandighetsklasse MF40 iht. [32].
- Toleranse for tykkelse av elementer er -0 / +10 mm
- Det benyttes armeringsstoler av betong i minimum samme betongkvalitet som elementene.
- Det benyttes formolje som ikke gir misfarging eller skjolder.
- Nødvendige herdetiltak gjennomføres for å unngå opprissing i tidlig fase.
- Herdemembran benyttes ikke på forskalede flater når avforming utføres etter at betongen er herdnet.

(4) Montering:

- Konstruksjonen som helhet skal ligge innenfor toleranser gitt i tabell 8.5. I tillegg gjelder toleranse for fugebredde og fugesprang. Elementstørrelse tilpasses horisontal og vertikal kurvatur.

Tabell 8.5: Toleranser for avvik i plassering

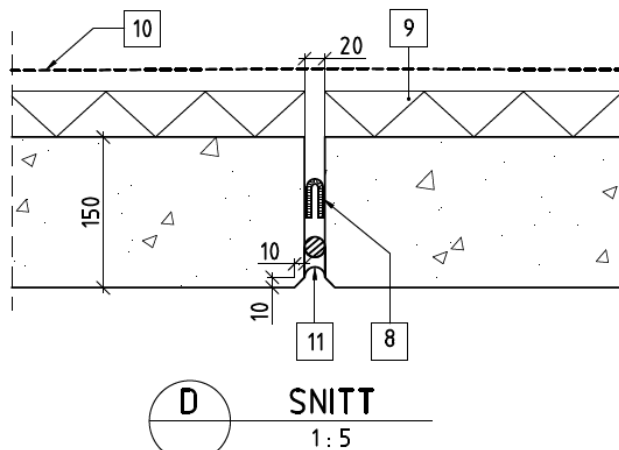
Type avvik	Tillatt avvik (mm)
Plassering horisontalt i forhold til en referanselinje (Tillatt avvik er resultatet av totalt avvik for begge sider, slik at avstanden mellom elementene i taket ikke overstiger 25 mm)	± 25
Plassering vertikalt i forhold til en referanselinje	± 25
Fugebredde	+15, -12
Fugesprang begge sider	± 10

- Forankringsbolter skal være fullt innstøpte. Bolter skal ha forankringslengde minimum 1,0 m i stabilitetssikret berg.
- Alle bolter for takelementer skal gjennomgå prøvebelastning med to ganger takelementets egenvekt og erstattes ved eventuelt brudd i forankringen. Prøvingen skal gjøres før membran monteres.
- Skjøting av takbolter med skjøtehylse skal følge et eget kontrollopplegg som dokumenterer riktig montering av alle bolter.
- Muttere og gjengede sammenføyning av takbolter skal sikres mot å løsne med egnet låsemiddel. Skjøtehyller skal være utformet med en stoppemekanisme som hindrer gjennomskruing.
- Nominell fugebredde skal være 20 mm.

- Alle fuger skal være tette.
- Fugetetting med forsegling skal tilfredsstillende følgende krav:
 - Bestandig i forhold til normal drift og vedlikehold (høytrykksspyling)
 - 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.

Fuger mellom betongelementer tettes. Dette gjøres for å hindre at en brann kommer til brennbar isolasjon bak hvelvet, samt for å hindre frostoppbygging bak hvelv.

Prinsippskisse av fuge og brannsikring av fuge er vist i figur V8.8, fra Statens vegvesen rapport nr. 510 [71/V520].



Figur V8.8 Skisse av fuge mellom betongelementer. Fugen er tettet med mineralull (8) og fugeforsegling med fugemasse inkl. bakfyllingslist (11). [71/V520]

8.4.4.1 Lettbetongelementer

(1) Lettbetongelementer, som alternativ til betongelementer, skal benyttes som helhvelv i tunneler. Lettbetonghvelv benyttes uten frostisolasjonsmaterialer i tillegg.

(2) Termisk dimensjonering av lettbetonghvelv skal følge tabell 8.6.

Tabell 8.6 Data for termisk dimensjonering av lettbetongelementer

Frostmengde, F_{10T} ($h^{\circ}C$)	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	$\leq 0,6$

(3) Materialer for lettbetongelementer skal være i samsvar med NS-EN 206+NA [32]. Fasthetsklasse LB 12, med densitet ca. $1300 - 1400\ kg/m^3$, men ikke over $1450\ kg/m^3$.

(4) Hvelvet skal monteres med membran, og punktlekkasjer ($\geq 0,3\ l/min.$) avskjermes og føres ned til sålen med isolasjon der frostmengden er $F_{10T} \geq 10\ 000\ h^{\circ}C$.

8.4.5 Nettarmert sprøytebetong

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

Hvelv av nettarmert sprøytebetong monteres uisolert med bruk av membran eller frostisolert med bruk av PE-skum. Se tabell 8.1.

Hvelv av nettarmert sprøytebetong utgjør brannsikring av hvelv av PE-skum som vann- og frostsikring, eller av membranhvelv montert som vannsikring i tunneler med lav frostmengde.

Oversikt over typer av utførelse, med bolteavstand og dimensjoner på armeringsnett er vist i tabell.

Tabell V8.1 Bolteavstand og armeringsnett for hvelv av nettarmert sprøytebetong

	Bolteavstand m	Armeringsnett	Øvrige merknader
Membranhvelv	1,2x1,2	K 131	Metode for heft til betong
PE med overlapp	1,2x1,2	K 131	
PE kant i kant	1,375x1,375	K 189	Plateskjøt vannavskjermes

(1) PE-skum til hvelv av PE-skum/nettarmert sprøytebetong skal ha vanntette horisontale og vertikale plateskjøter. Der PE-skumplater monteres uten overlapp, vannavskjermes skjøten spesielt.

PE-platene har som regel bredde 2,75 m. Platene kan skjøtes med overlapp, eller platene monteres kant mot kant med vannavskjerming av skjøten. Metodene kombineres i f.eks. tverrsnittsendringer eller utvidelser i den enkelte tunnel.

Kant-skjøten vannavskjermes med en overlappende ensidig påsveiset PE-membran ('PE-skjørt') på baksiden. Anbefalte dimensjoner på PE-skjørt:

- Tykkelse 6-8 mm
- Kryssbundet, densitet $\geq 30 \text{ kg/m}^3$,
- Bredde min. 500 mm, overlapp med PE-skum-platen 100-150 mm.

Vanntetthet av horisontale og vertikale skjøter sikres før sprøyting på PE-platene. For å oppnå tetthet av vertikale skjøter kan det benyttes skjøteplugger med dokumentert virkning, plassert med største senteravstand 300 mm.

(2) Membran til hvelv av membran/nettarmert sprøytebetong skal som minimum oppfylle krav til type III i henhold til tabell 8.4. Hvelv av membran oppstrammes og alle boltegjennomføringer vanntettes før påføring av sprøytebetong. Metode som sikrer vedheft til sprøytebetong dokumenteres.

Membranhvelv med sprøytebetong er aktuell løsning for bruk i områder med lave frostmengder ($F_{10} < 8\ 000 \text{ h}^\circ\text{C}$). Oppstramming av hvelvet er viktig for å minske bevegelse ved påsprøyting av betong. For å sikre heft til sprøytebetongen har membran i hvelvet ulike typer av løsninger. Eksempler på slike er integrerte løsninger (flosset overflate eller påsveiset nett), og separat montert tynn fiberduk.

(3) Minste boltediameter for forankringsbolter skal være 16 mm.

(4) Sveiste armeringsnett skal være i samsvar med NS 3576-4 [41].

(5) Sprøytebetong skal ha fasthetsklasse B35 og bestandighetsklasse M45. Det skal brukes alkalifri akselerator.

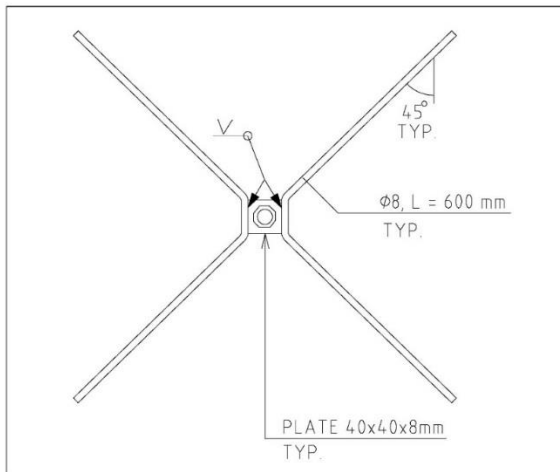
For brannsikring av sprøytebetong med monofilament polypropylenfiber (mikro pp-fiber), se punkt 8.3.

(6) Ved utførelse skal følgende oppfylles:

- Forankringsbolter fullt innstøpte. Forankringslengde minimum 0,5 m i stabilitetssikret berg.
- Bolter lengre enn 1 m i åpent rom avstives med vinkeljern og wireklemmer.
- Overlapp ved skjøting av armeringsnett er minimum 150 mm (en rute) i begge retninger.
- Avstanden mellom nett og isolasjonsmateriale eller membran minimum 20 mm, som regel benyttes nominell overdekning 25 mm med toleranse $\pm 5 \text{ mm}$. Ved dimensjonering tas hensyn til toleranse på plassering av armering i tverrsnittet.
- Nettarmeringen festes med egnete armeringsplugger for å unngå vibrasjoner under sprøyting og for å sikre overdekningen til armeringen. Armeringspluggene monteres med maksimal avstand 600 x 600 mm.

- Kraftoverføring mellom hvelv av sprøytebetong og bergbolt sikres ved å benytte kraftoverføringsdel i stål, som sprøytes inn med sprøytebetong. Delene, inklusive festemidler, korrosjonsbeskyttes i henhold til krav i punkt 7.6.
- Tykkelse på sprøytebetong minimum 80 mm. Toleranse for sprøytebetongtykkelse er for enkeltpunkt + 30 mm / - 10 mm. Det benyttes tykkelsesanvisere («spioner») for å sikre at riktig tykkelse oppnås.
- Dilatasjonsfuger etableres for hver 30-40 m. Det tas hensyn til fastpunkter. Dilatasjonsfugene fylles med brannsikker fugemasse.
- Nysprøytet betong beskyttes mot uttørking iht. reglene i Norsk Betongforenings publikasjon nr. 7 [32].

- *Kraftoverføring mellom hvelv av sprøytebetong og bergbolt (kalt «blekksprut» eller «kråkeføtter»), se figur V8.9.*

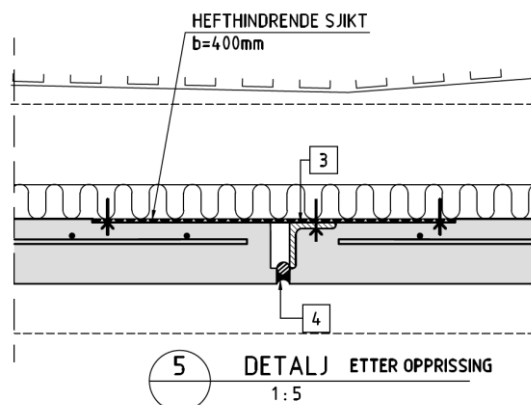


Figur V8.9: Stålskive med påsveiset armering ('blekksprut'). Total lengde diagonalt er ca. 600 mm (ca. 300 mm målt fra midten).

- Minste sprøytebetongtykkelse ved bruk av PE-skum montert kant-i-kant blir 85 mm pga. tilstrekkelig overdekning av armering K-189
- Dilatasjonsfuger

For dilatasjonsfuger monteres egnet plastprofil e.l. som rissanviser med dimensjon minimum 70 mm, for å styre opprissingen. Armering kappes og fjernes i avstand lik overdekningen til hver side for forventet riss. Fugen forsegles med brannsikker fugemasse. Fuging avvantes så lenge som praktisk mulig med hensyn til svinnbevegelse i hvelvet etter utsprøyting. Dilatasjonsfuger med åpning mindre enn 5 mm samt spalte mellom sprøytbetonghvelv og veggelement/føringskant forsegles ikke. For tunneler med veggelementer tilpasses dilatasjonsfugene best mulig til elementfugene på hver side av tverrsnittet.

Prinsippkisse av dilatasjonsfuge i hvelv av sprøytebetong, og brannsikring av fuge er vist i figur V8.10, fra Statens vegvesen rapport nr. 510 [71/V520].



Figur V8.10: Skisse av dilatasjonsfuge i sprøytebetonghvelv, utført med rissanviser, L-profil (3) og elastisk fugemasse (4). [71/V520]

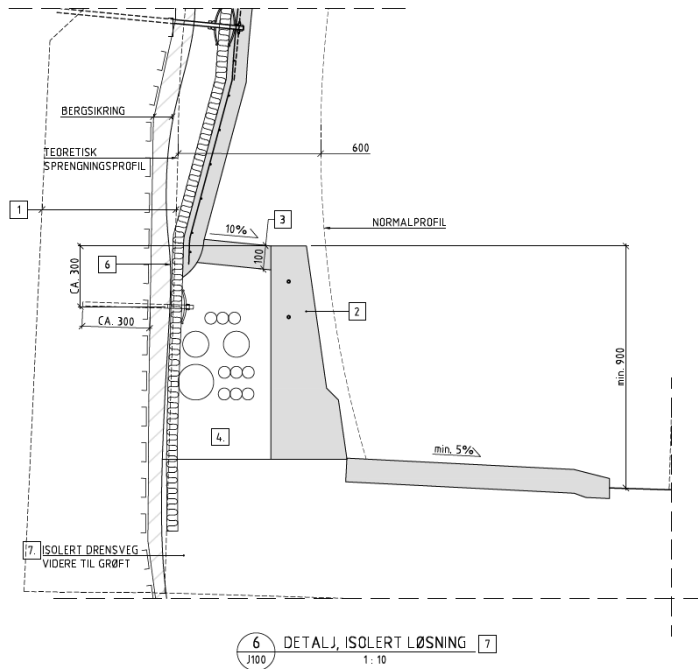
8.4.6 Føringskant av betong

(1) I føringskant av betong skal det benyttes frostbestandig betong, bestandighetsklasse MF45.

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

Føringskant av betong tilpasses til tunnelen; normalprofil og øvrige installasjoner, og utføres ikke nødvendigvis som standardisert vegrekkverk eller brurekkverk. Et eksempel er vist i figur V8.12.

Føringskanten utformes med armering og rissanviser. Fordybling er ikke nødvendig. Kanten tilpasses til trekkerør etc. Se også [71/V520].



Figur V8.12: Skisse som viser eksempel på føringskant av betong [71/V520]

Se også punkt 8.6.3.

8.5 Dokumentasjon av konstruksjoner

Kravene til dokumentasjon gjelder for vann- og frostsikringskonstruksjonene i tabell 8.1, eventuelt modifikasjoner av disse, samt nyutviklede vann- og frostsikringskonstruksjoner.

Dimensjonerende brukstid er 50 år, se kapittel 1.

(1) I dokumentasjonen skal inngå:

- Materialvalg, opphengs- og innfestingsmetoder for konstruksjonen.
- Teoretiske beregninger og dokumentasjoner i henhold til gitte krav, laster og dimensjoneringsregler (punkt 8.6).
- Isolasjonsevne.
- Vanntetthet mot innlekkasje av vann i trafikkrommet.
- Branntekniske egenskaper.
- Bestandighet i forhold til miljølaste.
- Utskiftning av delementer.
- HMS-vurdering i forhold til produksjon og montering.

- Eventuell erfaring med tilsvarende løsninger under samme forhold og påkjenninger.
- Miljøforhold knyttet til utskiftning, avfallshåndtering etc.

8.6 Laster og dimensjonering

8.6.1 Generelt

(1) Vann- og frostsikringskonstruksjonen skal oppfylle krav gitt i følgende dimensjoneringsregler og de aktuelle konstruksjonsstandardene.

(2) Laster og grensetilstander mv. skal defineres i samsvar med NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [12] og NS-EN 1991 Laster på konstruksjoner [42]. I hvert tilfelle vurderes om det kan opptre andre laster eller om høyere karakteristiske verdier for angitte laster benyttes.

(3) Der det er nødvendig med dokumentasjon ved testing i tillegg til beregninger skal tester utføres ved uavhengig laboratorium.

(4) Følgende laster skal vurderes:

- Permanente laster
 - Egenlast
 - Egenlast ved produksjon, transport og montasje
 - Innhengt last; laster fra kabelstiger, skilt og annet utstyr som henges opp i konstruksjonen. Bestemmes i hvert enkelt tilfelle
 - Jordtrykk
- Variable laster
 - Trykk/sug-laster fra trafikk
 - Generell variabel last
 - Temperaturendringer, basert på temperaturdata [43]. Effekter av temperaturgradient over tykkelsen av konstruksjonen vurderes.
 - Laster i midlertidige faser (produksjon, transport og montasje)
- Deformasjonslaster
 - Svinn og kryp, beregnes i henhold til NS-EN 1992-1-1 [43].
 - Setninger
- Ulykkeslaster
 - Fall-last
 - Påkjøringslast

(5) Karakteristiske verdier av egenlast og laster i midlertidige faser som produksjon, transport og montasje skal bestemmes i henhold til NS-EN 1991-1 [42].

Dimensjonerende lastvirkninger

Kombinasjonsfaktorer

Tabell V8.1: Kombinasjonsfaktorer etter NS-EN 1990 [12]; tabell NA.A2.1

Variabel last	Karakteristisk	Ofte forekommende	Tilnærmet permanent
	ψ_0	ψ_1	$\psi_2^{1)}$
Trykk/sug fra trafikk	0,7	0,7	0,2/0,5
Generell variabel last	0,7	0,6	0/0,5
Temperatur	0,7	0,6	0/0,5

1) Ved rissviddeberegning for Tilnærmet permanent benyttes verdien 0,5 for dominerende variabel last.

Bruddgrensetilstanden

- Lastkombinasjoner for vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner er gitt i tabell V8.2.

Tabell V8.2: Dimensjonerende verdier for laster – STR (sett B), etter NS-EN 1990 [12] tabell NA.A2.4(B)

Tilfelle	Sett	Permanente laster		Dominerende variabel last	Øvrige variable laster
		Ugunstig	Gunstig		
STR	(Ligning 6.10.a)	$\sum \gamma_{G,sup} G_{k,sup}$	$\sum \gamma_{G,inf} G_{k,inf}$	$\gamma_Q Q_k$	$\sum \gamma_Q \psi_0 Q_k$
	(Ligning 6.10.b)	$\xi \sum \gamma_{G,sup} G_{k,sup}$	$\sum \gamma_{G,inf} G_{k,inf}$		

sup/inf = øvre/nedre karakteristiske verdi.

$\gamma_{G,sup} = 1,35$ for permanente laster generelt

1,0 for irreversible deformasjonslaster (differansesetning, svinn og kryp)

$\gamma_{G,inf} = 1,0$ for permanente laster generelt

0,0 for irreversible deformasjonslaster (differansesetning, svinn og kryp)

$\xi = 0,89$

Permanente laster av samme opprinnelse (for eksempel egenvekt) som virker ugunstig ganges med $\gamma_{G,sup}$ og laster som virker gunstig ganges med $\gamma_{G,inf}$.

$\gamma_a = 0,0$ hvis gunstig

$\gamma_a = 1,5$ for trykk/sug fra trafikk

$\gamma_a = 1,5$ for generell variabel last

$\gamma_a = 1,2$ for temperaturlast

For geotekniske laster gjelder mest ugunstige av øvre/nedre karakteristiske verdier for materialdata. Materialfaktor for jord = 1,0. I tillegg kontrolleres sett C etter NS-EN 1990 [12] tabell NA.A2.4(C). For sett C benyttes materialfaktor for jord > 1,0.

- Tabell V8.3: Lastkombinasjoner for ulykkesituasjoner etter NS-EN 1990 [12] tabell NA.A2.5.

Kombinasjon	Permanente laster		Dominerende ulykkeslast	Øvrige variable laster
	Gunstig	Ugunstig		
Ulykkesituasjon	$\Sigma G_{k,sup}$	$\Sigma G_{k,inf}$	Ad	$\Sigma \psi_2 Q_k$

sup/inf = øvre/nedre karakteristiske verdi. Variable laster tas med bare dersom de virker ugunstig.
For ulykkesituasjon regnes $\psi_2 = 0,0$ for trykk/sug fra trafikk.

- Utmatting: For nye materialer der erfaringsgrunnlaget er lite for bruk i konstruksjoner for vann- og frostsikring i tunneler dokumenteres kapasiteten også ved forsøk.

Bruksgrensetilstanden

Tabell V8.4: Lastkombinasjoner for bruksgrensetilstanden etter NS-EN 1990 [12] tabell NA.A2.6

Kombinasjon	Permanente laster		Variable laster Q_k	
Karakteristisk	Ugunstig	Gunstig	Dominerende	Øvrige laster
Karakteristisk	$\Sigma G_{k,sup}$	$\Sigma G_{k,inf}$	Q_k	$\Sigma \psi_0 Q_k$
Ofte forekommende	$\Sigma G_{k,sup}$	$\Sigma G_{k,inf}$	$\psi_1 Q_k$	$\Sigma \psi_2 Q_k$
Tilnærmet permanent	$\Sigma G_{k,sup}$	$\Sigma G_{k,inf}$	$\psi_2 Q_k$	$\Sigma \psi_2 Q_k$

sup/inf = øvre/nedre karakteristiske verdi.
Variable laster tas med bare dersom de virker ugunstig.
For lastkombinasjon tilnærmet permanent for kontroll av rissvidder gjelder $\psi_2 = 0,5$ (dominerende) og $\psi_2 = 0,2/0,0$ (øvrige variable laster).

8.6.2 Variable laster

Trykk/sug-laster fra trafikk

(1) Konstruksjonen skal dimensjoneres for ugunstigste tilfelle av trykk/sug-last som virker over hele tverrsnittet eller over den ene halvdel av tverrsnittet. Lastene regnes uniforme over 50 m av tunnelengden.

Karakteristiske verdier for trykk/sug-laster fra trafikk:

$$q = \mu \cdot \left(\frac{V_b}{3,6} + V_1 \right)^2 \cdot \frac{1}{1,6}$$

q = Trykk/sug [N/m²]

μ = Formfaktor, $\mu = -0,8$ (sug), $\mu = 0,4$ (trykk)

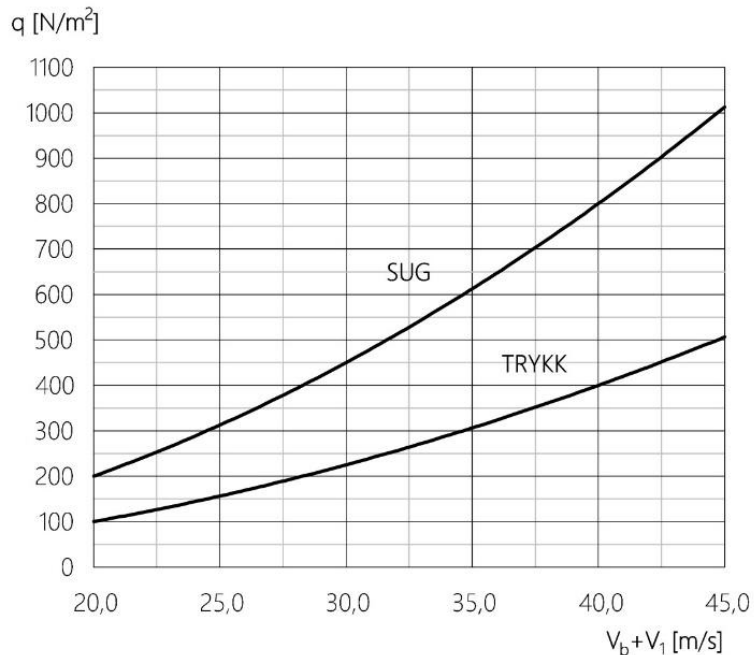
V_b = Dimensjonerende kjøretøyhastighet, [km/t], settes til 20 km/t over skiltet hastighet. Hvis en vurdering av tunnelgeometri og lokale forhold tilsier at tunge kjøretøyer kan overskride skiltet hastighet med mer enn 20 km/t, økes dimensjonerende hastighet tilsvarende.

V_1 = Maksimalverdi for lufthastighet i tunnelen mot kjøreretningen, [m/s], som er summen av naturlig og mekanisk ventilasjon. Summen av naturlig og mekanisk ventilasjon regnes som et tillegg til dimensjonerende kjøretøyhastighet, [m/s] og settes ikke mindre enn $V_1 = 2,0$ m/s.

(2) Variasjon av trykk/sug som funksjon av total lufthastighet er vist i figur 8.1. Minimum verdi for karakteristiske trykk/sug-laster skal være:

Trykk: 200 N/m²

Sug: 400 N/m².



Figur 8.1: Variasjon av trykk/sug med total lufthastighet

Generell variabel last

(1) Generell variabel last sikrer tilstrekkelig kapasitet i konstruksjonen for å ivareta usikkerheter i variable laster. Karakteristiske verdier skal være iht. tabell 8.7.

Tabell 8.7: Karakteristiske verdier for generell variabel last

Konstruksjonstype	Generell variabel last [kPa]
Hvelv av sprøytebetong	q_g
Hvelv og veggelementer av betong	3,0

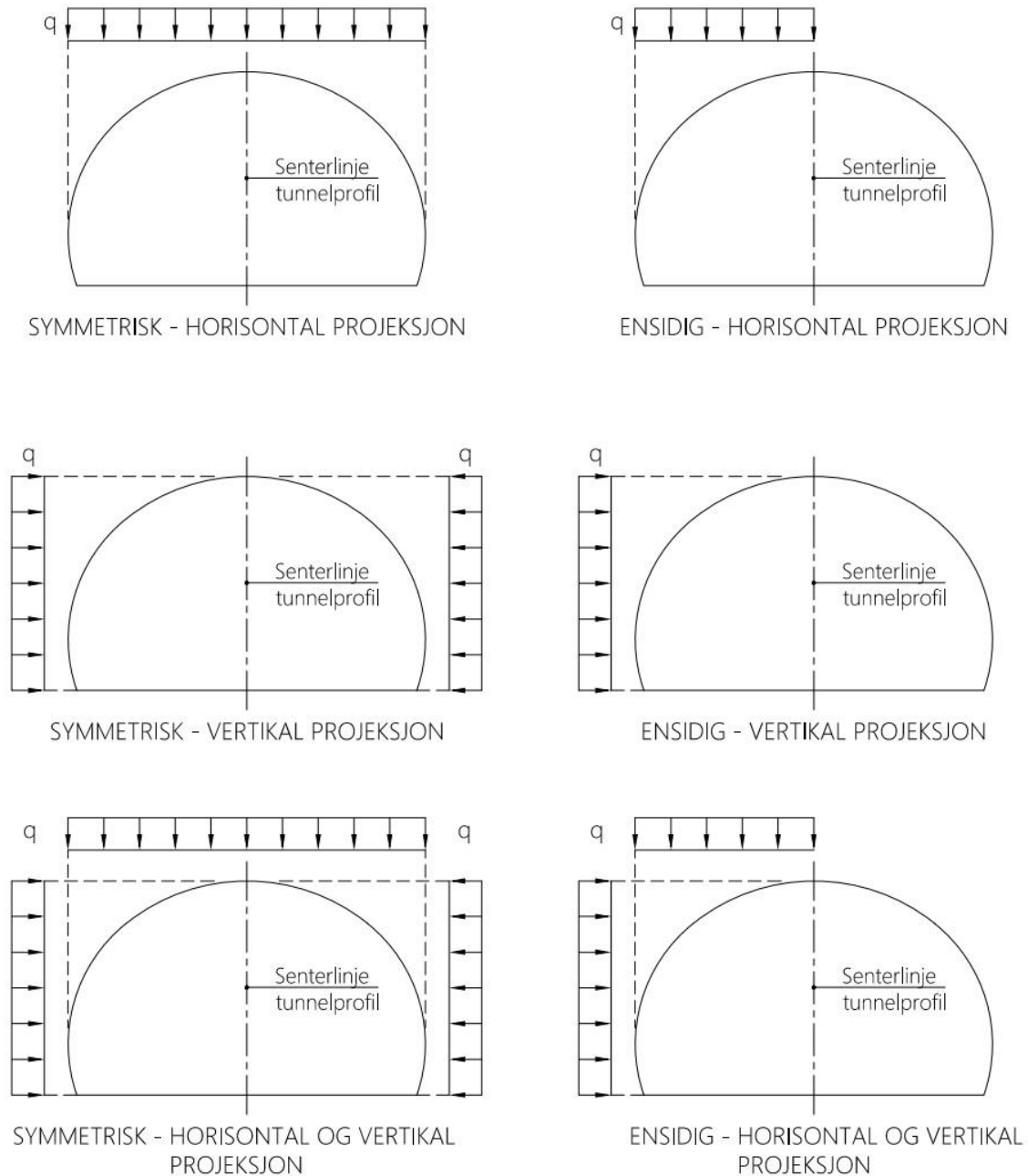
q_g avhenger av areal A_b definert som areal av konstruksjonen som belaster den enkelte innfesting til berg:

$$q_g = 0,0 \text{ kPa for } A_b \leq 1,5 \text{ m}^2$$

$$q_g = 1,5 \text{ kPa for } A_b \geq 4,0 \text{ m}^2.$$

For mellomliggende verdier interpoleres det lineært. Ved varierende areal A_b for forskjellige bergbolter for samme konstruksjon, benyttes ugunstigste verdi.

Generell variabel last regnes som jevnt fordelt på ugunstigste av horisontal og/eller vertikal projeksjon av konstruksjonen. Lasten påføres symmetrisk eller kun på den ene halvdel av tverrsnittet.



Figur V8.-: Generell variabel last – lasttilfeller

8.6.3 Ulykkeslast

Påkjøringslast

(1) Konsekvensene for de enkelte deler av konstruksjonen som kan bli utsatt for påkjørsel og for hele konstruksjonen dokumenteres. Dokumentasjonen skal inneholde:

- En helhetsvurdering av konsekvenser og konstruksjonens virkemåte i ulykkesituasjonen. Her inngår også en vurdering av konsekvenser når deler av konstruksjonen bryter sammen.
- Konstruksjonselementer er sikret mot påkjøringslast på en slik måte at de ikke faller ned i trafikkkrommet ved påkjørsel i tunnelen. Dette gjelder også tilstøtende deler.
- Konstruksjonen virker som rekkverk.

(2) 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. De deler som skades ved påkjørsel skal kunne skiftes ut enkeltvis uten demontering av hele konstruksjonen.

(3) Veggelementer og føringskanter av betong skal:

- dimensjoneres for en jevnt fordelt ulykkeslast med karakteristisk verdi $q_u = 5 \text{ kN/m}^2$. Lasten regnes som horisontallast på vertikalprojeksjonen av konstruksjonen opp til 3,5 m over kjørebanelnivå og over inntil en elementlengde i tunnelens lengderetning.
- være sikret slik at de ikke skyves inn ved påkjørsel. Dette kan utføres med bakfylling eller annen egnet konstruktiv utforming.

Fall-last

(1) Karakteristisk verdi for fall-last skal være: $p_f = 5,0 \text{ kN}$.

Lasten påføres som en statisk last over en flate på 100 mm x 100 mm med vilkårlig plassering. Kapasiteten mot fall-last kan også dokumenteres ved prøving.

9 DRENERING, VEGFUNDAMENT OG VEGDEKKE

9.1 Drenssystemer i tunnel

(1) Drenssystemer skal ta hånd om grunnvann og overvann fra forskjæring og portalområde, lekkasjevann, vaskevann, overvann, og eventuelle lekkasjer fra tungbiltrafikk. For drenssystemer, se også N200 [3]. I tillegg bygges vannforsyning for slokkevann (jf. tunnelsikkerhetsforskriften) der dette er et avklart alternativ, se punkt 5.3. I tunneler med lavbrekk bygges pumpestasjon og pumpeledninger.

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.

Som hovedregel legges drenssystemet etter at tunnelen er ferdig drevet for å unngå tilslamming. Der det er aktuelt med legging av drenssystemet parallelt med driving, dimensjoneres eventuell uforutsett økning i lekkasjemengden og fare for tilslamming. Tiltak er å legge en midlertidig ledning for drifts- og lekkasjevann i tillegg.

Drenssystemet dimensjoneres ut fra trafikkmengde, tunnellengde, tunnel med lavbrekk/undersjøisk, rensekrav satt av forurensningsmyndighet m.m.

(2) Nødvendig kapasitet og utforming for sluk og oppsamlingssystem for vann, samt risiko for lekkasje av brannfarlige og giftige væsker skal avklares i plan- og prosjekteringsfasen, se forskrift om helse og sikkerhet i eksplosjonsfarlige atmosfærer iht. § 6 og § 9.

9.2 Drenering

9.2.1 Generelt

Drenering i tunnel omhandler oppsamling og drenering av vann/væsker via drenssystemer. For utslipp og eventuell rensing av drensvann, se kapittel 3 Ytre miljø.

(1) Vannlekkasjer i tunnel skal føres frostsikkert ut av tunnelen via drenssystemet. Lekkasjer i vegger og heng samles opp ved at det monteres en avskjerming (se kapittel 8) som fører vannet ned til grøft. Vannlekkasjer fra tunnelsålen føres til grøft gjennom drenerende pukk- eller kultmaterialer, se N200 [3].

9.2.2 Vannmengder, ledningsdimensjoner og kummer

(1) Drenssystem skal dimensjoneres iht.:

- Forventet lekkasje og mulige endringer i lekkasjer over tid
- Nedslagsfelt og nedbørsmengder i dagsoner
- Fallforhold, 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.

(2) Minimum innvendig diameter for drensrør skal følge tabell 9.1.

Tabell 9.1: Minimum innvendig diameter for drensrør

Drensrør type	Hovedgrøft	Hjelpegrøft
Drensrør av plast	150 mm	100 mm
Drensrør av betong	200 mm	150 mm

(3) Det skal benyttes en egen overvannsledning, 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 overvannsledning anbefales bygget ved lange strekninger med lite fall og med fare for tilslamming i drensledningen. Alternativt kan dimensjonen på drensledningen økes for å begrense lengden med egen overvannsledning.

(4) Drenssystemet i undersjøiske tunneler skal overdimensjoneres med 50 % eller mer i forhold til dimensjonerende kapasitet i ikke-undersjøiske tunneler, fordi drenssystemet er utsatt for gjengroing. Der fallet er under 10 ‰ økes kapasiteten med 100 %.

9.2.3 Sandfang

(1) På ledning for oppsamlingssystem skal det monteres sandfang med største avstand 80 m. Sandfangene plasseres fortrinnsvis midt mellom inspeksjonskummene på drensledningen. Sandfangene skal ha tett bunn og være i ubrennbart materiale. Høyden fra bunn til underkant utløpsrør er gitt i N200 [3].

(2) Sandfangene skal utstyres med dykker, utført i ubrennbart materiale, inkludert monteringsutstyr. Dette fordi at eventuell lekkasje av antente brannfarlige væsker ikke spres til andre deler av tunnelrommet. Varmegjennomslag i sandfangskum fra brannsikre dykker og til overvannsledning skal hensyntas for å unngå svikt i overvannsledningens funksjon.

(3) Faren for brannspredning fra kum skal ivaretas ved valg av løsning. Innløpsrør unngås for å redusere brannspredning.

9.2.4 Sluk

(1) I tunneler med kantstein skal det monteres sluk for å lede overvannet og vaskevannet til sandfangene. Slukets utforming/lengde skal vurderes spesielt for å kunne fange opp væsker i tunneler med langsgående fall. Det 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. Se N200 [3].

(2) Sluk i lavbrekk skal dimensjoneres spesielt.

9.3 Grøfter

9.3.1 Utforming og plassering

Teoretisk sprengningsprofil for grøftebunnen (se kapittel 4; figur 4.1) definerer underkant av ledningsfundamentet. Underkant av ledningsfundamentet legges så dypt at drensledningene effektivt kan samle opp vann fra sålen. Om sålerensk og etablering av planum, se N200 [3].

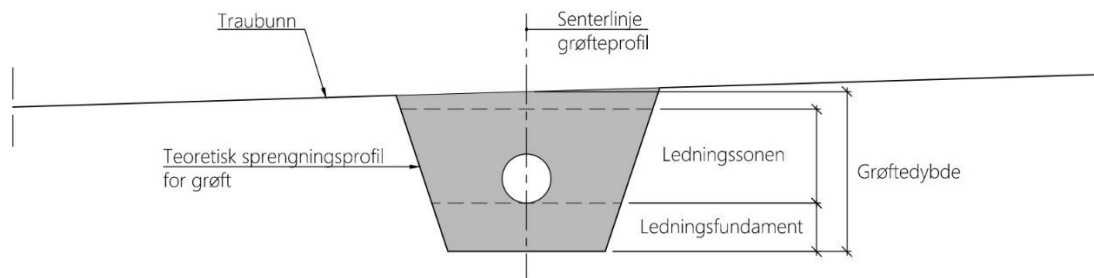
Grøften plasseres i tilstrekkelig avstand fra tunnelveggen slik at fundamentering for vann- og frostsikringskonstruksjoner og sikringsstøp kan utføres utenfor grøft i sålenivå. I tilfeller med store lekkasjer kan det være hensiktsmessig å anlegge grøfter på hver side i tunnelen.

(1) I nedkant av lekkasjesoner skal det etableres en avskjæringsgrøft for at vannet i sålen ikke kan spre seg til tørre partier. Ved frostmengde $F_{10T} > 6\ 000\ \text{h}^\circ\text{C}$ [3] etableres hjelpedrensgrøfter i hele lengden for å sikre at innlekkasjer som avskjermes med vann- og frostsikringskonstruksjonen ikke renner over sålen mot hovedgrøften.

9.3.2 Fundament, omfylling og frostsikring for ledninger

(1) 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 velges. Se figur 9.1.



Figur 9.1: Prinsippskisse, grøftedybde

(2) Dersom frostmengden i tunnelen (F_{10T} [3]) er større enn 6 000 h°C frostsikres drengssystemet med isolasjon eller tilstrekkelig dyp grøft. Minimum avstand fra topp ferdig veg til underkant ledningsfundament skal være i henhold til tabell 9.2.

Tabell 9.2: Minimum avstand fra topp ferdig veg til underkant ledningsfundament uten frostisolasjon

Frostmengde i tunnel, F_{10T} (h°C)	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 frostisolerer

(3) Ved bruk av isolert vegfundament skal frostsikringen ivaretas ved at isolasjonen i vegfundamentet føres over grøft og frem til kontakt med konstruksjon for vann- og frostsikring av vegg og hvelv, og slik at kuldebroer unngås.

(4) Til frostsikring av grøfter skal det benyttes materialer som ivaretar frostmengde på stedet. For frostmengder, se N200; vedlegg 1 [3], se også punkt 8.2. I de tilfeller isolasjonslag av XPS benyttes til isolasjon av grøft, benyttes isolasjonsplater med korttids trykkfasthet på minimum 500 kN/m², se for øvrig N200 [3].

Til frostsikring av grøfter benyttes skumglassgranulat, lettklinker, eller isolasjonsplater (N200).

I de tilfeller isolasjonsplater benyttes til frostsikring av grøfter, benyttes ekstrudert polystyren (XPS) med tykkelse minimum 50 mm, for å begrense fuktopptak i platene. For utførelse, se N200.

9.4 Pumpestasjoner og pumpeledninger

(1) Pumper skal være tørroppstilte. Størrelse og antall pumpestasjoner bestemmes ut fra stedlige forhold, totalt energiforbruk, drift og vedlikehold, sikkerhets- og beredskapsnivå. Materialkvaliteter tilpasses vannkvalitet, saltinnhold, krav til levetid mv.

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

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

Se også Teknologirapport nr. 2402 [93/V520] Trinnpumping i undersjøiske tunneler.

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

(3) Lekkasjevann skal pumpes trinnvis ut av tunnelen. Det 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 og standard pumpeutstyr.

Ved trinnpumping ledes drensvannet inn i den nedenforliggende trinnpumpestasjonen, slik at ikke alt vannet ledes helt til bunnen av tunnelen. Det betyr at drens-systemet seksjoneres for hver trinnpumpestasjon. Dette kan gjøres ved at drensledningen, eller transportledningen der slik benyttes, føres inn på slam-kammer i trinnpumpestasjonen. For å få med lekkasjevannet fra sålen som renner utenom drensledningen, kan det ved hver stasjon etableres en terskel eller en avskjæringsgrøft der vannet ledes inn på drensledningen og videre til slamkammer.

(4) Det skal legges til rette for at vannet kan pumpes ut i begge retninger.

(5) I undersjøiske tunneler/tunneler med lavbrekk, skal det plasseres en enkel pumpestasjon med tilhørende kummer og sluk innenfor hver av tunnelportalene, for å fange opp og pumpe ut overvann.

En enkel pumpestasjon like innenfor portalen tar hånd om overvann fra forskjæring og omliggende terreng, og med kapasitet for å håndtere overvannet fordi avrenningen kan være betydelig i nedbørsperioder. Denne pumpestasjonen er uavhengig av det øvrige pumpesystemet.

9.5 Vegfundament og vegdekke

Dimensjonering av vegoverbygning og eventuell frostsikring i tunnel følger N200 [3].

(1) Teoretisk sprengningsprofil (sammenfallende med planum / traubunn) skal legges på et nivå som gir plass til valgt vegoverbygning, og ha fall mot grøft på minst 3 %.

(2) Ved valg av materialer i overbygningen gjøres en teknisk/økonomisk vurdering der alle forhold som påvirkes av nivå for planum trekkes inn. Følgende skal inngå i tillegg til selve vegfundamentet:

- Kostnader for sprengning og utlasting.
- Behov for tiltak mot telehiv og iskjøving.
- Konsekvenser for grøftedybder og de installasjoner som inngår i drens-systemet.
- Konsekvenser for trekkerørtraseer, rørkryss, størrelse på trekkekummer mv.
- Fundamenteringsnivå for valgt konstruksjon for vann- og frostsikring.

Valg av løsning bestemmer tykkelsen av samlet vegoverbygning og dermed nivå for teoretisk sprengningsprofil.

(3) Ut fra krav til fri høyde i tunnel 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.

10 TEKNISKE ANLEGG

10.1 Generelt

10.1.1 Generelle elektrotekniske krav

For elektrisk utstyr, maskiner og elektriske anlegg, se N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i – og langs offentlig veg [8].

Dimensjonerende brukstid vurderes for de enkelte utstyrskomponenter, basert på betraktninger omkring brukstidskostnader.

(1) Etter tunnelen er ferdig utrustet skal det minimum være to ledige trekkerør med dimensjon 110 mm og tre ledige trekkerør med dimensjon 40 mm, for fremtidig bruk.

(2) Det skal dokumenteres at alt teknisk utstyr er i samsvar med kravene gitt i N500. For elektrisk utstyr, maskiner og anlegg vises til N601 [8].

10.1.2 Korrosjonsbeskyttelse av teknisk utrustning

Miljøet i tunneler er korrosivt. 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.

Materialkrav til utstyr, festebolter, festemateriell er gitt i N601 [8] og NEK600 [44].

Unntak fra dette kan være:

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

10.1.3 Tekniske bygg

(1) Tekniske bygg tilhørende tunneler skal bygges med et antall tekniske rom etter behov, og det tas hensyn til eventuelle fremtidige utskiftninger og utvidelser.

(2) Tekniske bygg i tunnel skal bygges i betong, ut fra brannsikkerhet. Hvert av rommene i teknisk bygg skal være egne brannceller.

(3) Alle tekniske rom skal utstyres med brannslukker av type CO₂.

(4) Tekniske rom skal ha en høyde på 3 m, og bygges med følgende minimum areal (innvendige mål):

- Rom for nettstasjon: 5 x 5 m
- Rom for fordelinger: 5 x 5 m
- Rom for nødstrøm/UPS/automasjon: 4 x 5 m
- Rom for batteri: 3 x 5 m
- Rom for radio og Nødnett: 3 x 5 m
- Rom for mobil/basestasjon: 3 x 5 m

(5) Dører til tekniske rom skal oppfylle følgende:

- Brannmotstand EI 60 [16].
- Dør ut i det «fri» for alle rom, med dører som slår ut av rommene.
- Minimum fri bredde og fri høyde for dør til nettstasjon (bxh) 1610 x 2700 mm.
- Minimum fri bredde og fri høyde for dører til øvrige tekniske rom (bxh) 1200 x 2400 mm

(6) Rom for fordelinger skal ha datagulv, med tilstrekkelig styrke for aktuell last, og monteres slik at tavler understøttes i bredde og dybde som gjør det mulig å løfte opp seksjoner inn til fordelingene. Datagulv i rom for nettstasjoner skal ikke monteres. Datagulv i de øvrige rom vurderes.

10.2 Strømforsyning

Sikker strømforsyning vurderes på bakgrunn av en risikoanalyse og oppetidsberegninger. I utgangspunktet sikres strømforsyningen ved uavhengig forsyning fra begge tunnelmunninger. For nødstrømforsyning, se punkt 5.3. Se også N601 [8] og NEK 600 [44].

10.3 Belysning

10.3.1 Generelt

(1) Vegtunneler med lengde over 100 m skal belyses. Se punkt 10.3.2.

Tunneler som er tilrettelagt for gang-/sykkeltrafikk (N100 [1]), skal belyses dersom lengden er over 25 m.

(2) Belysningen av rømningstunneler og nødutganger skal utføres iht. NS-EN 1838 [45].

(3) LED-armaturer skal utføres iht. krav i «*Technical Specification, NMF01 LED luminaires – requirements*», <https://nmfv.dk/road-and-tunnel-lighting>. [46]

Se også V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning [47].

Tunneler med ÅDT < 4000 kan ha trafikkstyrt belysning.

10.3.2 Belysningens kvalitet

(1) Det skal foretas lysberegninger før installasjon av et belysningsanlegg.

(2) Flimring med frekvens mellom 4 Hz og 11 Hz og med varighet over 20 sekunder skal unngås.

10.3.2.1 Kjørebaneluminans

Lengden på innkjøringssonen fra tunnelportalen og innover i tunnelen er lik målepunktet for adaptasjonsluminansen, se V124; tabell 9.1 [47].

(1) Det skal ikke regnes med adaptasjonsluminans høyere enn 8 000 cd/m².

(2) Adaptasjonsluminansen for belysning i innkjørings- og overgangssonene skal kontinuerlig måles ved bruk av luminansmåler.

(3) Luminanskravene iht. tabell 10.1 gjelder i hele belysningsanleggets dimensjonerte brukstid. I lysberegningene legges det derfor inn en vedlikeholdsfaktor som kompenserer for armaturens lystilbakegang som følge av elding og tilsmussing.

Armaturvedlikeholdsfaktoren (f_{LM}) som inngår i lysberegning, skal fastsettes etter en vurdering beskrevet i V124 [47]; kapittel 8.2 og den skal ikke settes høyere enn 0,85.

(4) Kjørebaneluminans skal være i henhold til tabell 10.1. For lysberegning legges C2-dekke til grunn.

Tabell 10.1: Midlere kjørebaneluminans, gitt for ÅDT (10), opprettholdte driftsverdier. Innkjøringssonens første halvdel om dagen er angitt som prosent av adaptasjonsluminansen, og indre sone er angitt i cd/m²

ÅDT (10)	< 4 000		4 000 – 12 000		> 12 000	
Sone \ Fartsgrense	60 km/t	80 km/t	60 km/t	80 km/t	60 km/t	110 km/t
Innkjøringssonen dag	2,00 %	3,00 %	3,00 %	5,00 %	5,00 %	7,00 %
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 soner 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
Alle soner kl. 00-05	0,50 cd/m ²	0,50 cd/m ²	0,50 cd/m ²	0,50 cd/m ²	1,00 cd/m ²	1,00 cd/m ²

Kommentarer til tabell 10.1:

- En fullstendig oversikt over luminanser for alle fartsgrenser og ÅDT er gitt i V124; tabell 9.4.
- 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 på dagtid skal ikke være lavere enn 1,00 cd/m².
- Luminansnivå i innkjøringssonen skal ikke være under 50 cd/m².
- For tunneler skiltet med 110 km/t gjelder kolonnen for luminans ved 110 km/t uavhengig av ÅDT
- Overgangssonen avsluttes/kuttes der hvor luminansreduksjonskurven angir et luminansnivå som er tre ganger så høyt som indre soners midlere luminans.

10.3.2.2 Kjørebanens luminansjevnhet

(1) Total luminansjevnhet (U_0) skal være: $U_0 = \frac{L_{min}}{L_{mid}} \geq 0,40$, og

Langsgående luminansjevnhet (U_l) skal være: $U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}} \geq 0,60$

10.3.2.3 Blendingsbegrensning

(1) I tunneler skal synsnedsettende blending TI (Threshold Increment) være maksimum 6 %.

10.3.3 Belysning av tunnelveggene

(1) Tunnelveggene skal belyses i 2 m høyde.

Gjennomsnittlig luminans på denne delen av veggen beregnes som prosent av gjennomsnittlig luminans på nærmeste kjørefelt; for vegg av betongelementer minimum 60 %, for vegger med sprøytebetong minimum 30 %.

10.3.4 Belysning av nisjer og dører til rømningsveier

(1) Havarinisjer og snunisjer skal belyses særskilt slik at de visuelt skiller seg ut fra tunnelen for øvrig. Dette gjennomføres ved å montere ekstra, veggmonterte lysarmaturer i ca. 3,5 m høyde i nisjene.

(2) Belysningsstyrken i nisjer skal minimum ha samme nivå som på nærmeste kjørefelt. Lysfarge er den samme som tunnelbelysningen for øvrig.

(3) For markering av dører til rømningsveier benyttes sammenhengende grønn lysstripe rundt dørene. Lysstripen rundt dørene skal alltid lyse.

10.3.5 Sikkerhetsbelysning

(1) Tunnelbelysningen skal arrangeres slik at utvalgte lysarmaturer (sikkerhetsbelysning) fortsetter å lyse i minimum 1 time + utrykningstid etter at normal strømforsyning har falt ut. Sikkerhetsbelysningen arrangeres slik at avstanden mellom armaturene blir ca. 50 – 70 m.

Sikkerhetsbelysningen skal forsynes av UPS.

10.4 Ventilasjon

10.4.1 Generelt

(1) Ventilasjonsanlegg skal installeres i tunneler med lengde over 1000 m når ÅDT er > 1000.

Ventilasjonsanlegget dimensjoneres for brann og for beregnet forurensningsnivå 10 år etter åpningsåret (ÅDT (10)).

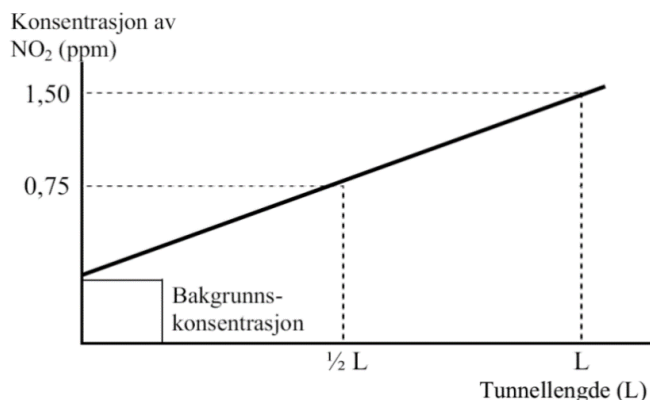
Se V520 (2021), punkt 10.2 Ventilasjon;

- Beregning av nødvendig friskluft behov og kontroll av luftkvalitet.
 - Beregning av nødvendig skyvekraft ved langslufting.
 - Styling av ventilasjonsanlegg.
 - Sjaktventilasjon.
-

(2) Luftkvaliteten skal overvåkes med måleutstyr for CO og måleutstyr for NO₂ (eller NO).

10.4.2 Krav til luftkvalitet i tunneler

(1) Ved langslufting øker forurensningsgraden i tunnelens lengderetning. Ved dimensjonering av nødvendig friskluftbehov skal det tas hensyn til bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂ ved tunnelåpningen, se figur 10.1.



Figur 10.1: Dimensjonerende NO₂-konsentrasjon i tunneler

(2) Dimensjonerende luftkvalitetsnivå i tunneler som er tilrettelagt for gående og syklende (N100 [1]), skal være: CO: 25 ppm og NO: 2 ppm.

(3) Dimensjonerende konsentrasjoner av gasser og svevestøv skal være i henhold til tabell 10.2.

Tabell 10.2: Dimensjonerende konsentrasjoner av NO₂, NO, CO og siktforurensning i tunneler

	Dimensjonerende konsentrasjoner	Forutsetninger
NO _x	C _{NO_x} = 10 ppm	Ved 10 % tungtrafikk
NO ₂	C _{NO₂} = 1,5 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 utløses alarm på VTS, og ventilasjonsanlegget reguleres automatisk til maksimal kapasitet. Tunnelen stenges for trafikk hvis konsentrasjonen i midtpunktet ikke faller under 0,75 ppm i løpet av 15 min.
NO	C _{NO} = 8,5 ppm	Verdien er basert på en antatt NO-andel på 85 % av NO _x
CO	C _{CO} = 50 ppm	Dersom CO-konsentrasjonen overstiger 50 ppm stenges tunnelen for trafikk. Grunnen er at denne konsentrasjonen bare oppstår ved brann, stillestående kø eller ved alvorlig feil i ventilasjonsanlegget
Sikt	C _{PM10} = 1 000 µg/m ³	Vekt av svevestøv (PM ₁₀)
	C _{PM2,5} = 500 µg/m ³	Vekt av eksospartikler (PM _{2,5})

10.4.3 Mekanisk ventilasjon

Nødvendig ventilasjonskapasitet (lufthastighet) oppnås ved bruk av impulsventilatorer.

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

(2) Motorlager og viftehjul skal dimensjoneres for en brukstid på minst 25 år uten behov for lagerskift eller avbalansering på grunn av slitasje eller korrosjon.

(3) Ventilatorene skal ha sikker strømforsyning ved aktuelle temperaturer.

Krav til kabler er gitt i N601 [8].

10.4.4 Brannventilasjon

10.4.4.1 Generelt

(1) Ventilasjonsanlegget skal være reversibelt med symmetriske vifter og skal dimensjoneres for å kunne styre røyken i ønsket retning, basert på dimensjonerende brannbelastning. Minimum brannventilasjon i tunneler med stigning under 2 % skal være i henhold til tabell 10.3.

Tabell 10.3: Dimensjonering av brannventilasjon i tunneler med stigning $\leq 2\%$

Tunnelklasse	Tunnellengde	Dimensjonerende branneffekt	Eksponerings- kurve (punkt 5.4)	Tid (minutter)	Minimum lufthastighet
A	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
B	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
C	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
D	< 2,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
	> 2,0 km	100 MW	HC	60	4,5 m/s
E	> 1,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
F	< 2,0 km	50 MW	HC	60	3,0 m/s
	> 2,0 km	100 MW	HC	60	4,5 m/s

(2) Ved stigning over 2 % skal nødvendig lufthastighet beregnes.

(3) Ventilasjonskapasiteten i fallretning i tilfelle brann skal verifiseres gjennom beregninger, da dette har betydning i beredskapssammenheng.

10.4.4.2 Ventilasjonsstyring og valg av ventilasjonsretning

Tunneler med enveistrafikk og eventuelt tilhørende ramper ventileres i samme retning som trafikken både i en driftssituasjon og ved brann. I tunneler som har to løp og enveistrafikk styres ventilasjonsanlegget ved brann slik at røyken ikke trekkes inn i det løpet som brukes til rømning.

(1) Ventilasjonsstyring og ventilasjonsretning i ettløps tunneler med toveis trafikk skal avklares med lokal brannmyndighet.

I ettløps tunneler med toveis trafikk kan fast ventilasjonsretning velges i driftsfasen, eller den kan variere tilpasset dominerende trafikkstrøm og/eller naturlig trekk forårsaket av klimatiske forhold. Ventilasjonsstyring som tillater varierende ventilasjonsretning i driftsfasen, avklares med lokal brannmyndighet med utgangspunkt i hva som er mest hensiktsmessig i forhold til evakuering, redning og slukking.

I tunneler med toveis trafikk kan brannventilasjon, ved melding om brann, iverksettes på følgende måte:

1. Ventilasjonsretning fortsetter i samme retning som ventilasjonen hadde da brannen oppstod. Dette innebærer at ventilasjonsretning og lufthastighet instrumenteres slik at opplysninger om ventilasjonsretning og lufthastighet er tilgjengelig for de som er ansvarlig for å regulere ventilasjonsanlegget.
2. Skadestedsledelsen avgjør om og når brannventilasjonen endres, både retning og styrke. Slik regulering kan gjøres fra nødstyrepånel ved tunnelen eller fra VTS.

I en tidlig fase holdes lufthastigheten under 2,0 m/s for å legge til rette for selvredning og redusere faren for spredning av brannen. Fra beredskapsplanen for tunnelen fremgår det om tidlig fase gjelder tidsrommet til brannvesenet har fått oversikt over situasjonen i tunnelen eller brannvesenet er klar til innsats.

Erfaring fra store tunnelbranner viser at ventilasjonsretning og lufthastighet er kritiske faktorer ved evakuering og redning. Det anbefales lav lufthastighet i evakueringsfasen fordi:

- trafikanter får bedre mulighet til selvredning til fots uten å bli innhentet av røykfronten
- trafikanter som kjører innover mot brannen, kan få tilstrekkelig tid å snu og kjøre ut før de møter røykproppen
- lav lufthastighet reduserer risikoen for brannspredning til flere kjøretøy og kan gi lavere branneffekt og mindre røykproduksjon

- *lav lufthastighet betyr at en kortere tunnelstrekning fylles med røyk før brannvesenet kommer fram. Dette gir redusert tid til utlufting hvis brannvesenet velger å skifte ventilasjonsretningen for å evakuere personer som er innestengt på røykfylt side.*

Ventilasjonsretning og nødvendig lufthastighet ved brannslukking vurderes av brannvesenet i hvert enkelt tilfelle. I tunneler med stigning gir naturlig oppdrift i varm røyk best arbeidsforhold på brannstedet når tunnelen ventileres oppover. Ved stigning over 2 % legges det som hovedregel til rette for røykventilasjon oppover og innsats fra nedre portal. Hvis bratte tunneler ventileres nedover, vil en del røyk vil trekke oppover under tunneltaket. Etter hvert som denne røyken blir avkjølt og blandes med frisk luft, blir sikten redusert og kan gi dårlige arbeidsforhold inn mot brannen. Ved valg av innsatsretning tas det også hensyn til at skyvkraften fra impulsventilatorer reduseres i varm luft. Ventilasjonskapasiteten nedover vil derfor avta ved økende brannintensitet.

10.4.4.3 *Brannklasse for impulsventilatorer*

I NS-EN 12101-3 [48] 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 vurderes for hver enkelt tunnel, ut fra dimensjonerende branneffekt, se tabell 10.3.

Montering av flere standard impulsventilatorer kan 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.

11 SIKKERHETSDOKUMENTASJON

11.1 Generelt

Minimumskrav til sikkerhetsdokumentasjon som gjelder både for nye og eksisterende vegtunneler er beskrevet i tunnelsikkerhetsforskriftene; vedlegg I og II.

Krav som gjelder ingeniørgeologisk sluttrapport er gitt i kapittel 7.

11.2 Godkjenning av vegtunneler før byggestart og før åpning/brukstillatelse

Vegdirektoratet er myndighetsorgan for å etterspørre sikkerhetsdokumentasjon ved godkjenning av vegtunneler før byggestart og godkjenning før åpning; brukstillatelse. Sjekkliste for sikkerhetsdokumentasjon er tilgjengelig på www.vegvesen.no, og i Vegdirektoratet sitt sikkerhetsforvaltningsverktøy. Sjekkliste for sikkerhetsdokumentasjon opprettes og vedlikeholdes av Vegdirektoratet.

11.3 Periodisk inspeksjon av vegtunneler i drift

Periodisk inspeksjon av vegtunneler er beskrevet i tunnelsikkerhetsforskriftene; §9. Gjennomgang av sikkerhetsdokumentasjon er en del av periodisk inspeksjon. Det benyttes sjekkliste for periodisk inspeksjon for dokumentgjennomgang (punkt 11.2). Den oppdaterte sjekklisen for periodisk inspeksjon er tilgjengelig på www.vegvesen.no og i Vegdirektoratet sitt sikkerhetsforvaltningsverktøy.

11.4 Arkivering av sikkerhetsdokumentasjon

I henhold til arkivlova §6 har offentlige organer som forvalter en tunnel ansvar for å ha et arkiv, og plikter å arkivere sikkerhetsdokumentasjon og annen FDV-dokumentasjon trygt.

11.5 Tilgang til sikkerhetsdokumentasjon ved saksbehandling

(1) Vegdirektoratet skal ha tilgang til sikkerhetsdokumentasjon for saksbehandling av godkjenning av nye tunneler og periodisk inspeksjon av eksisterende tunneler. Sikkerhetsdokumentasjon gjøres tilgjengelig i Vegdirektoratet sitt sikkerhetsforvaltningsverktøy.

11.6 Journalføring av saksdokumentasjon

Saksdokumentasjon som tilhører sikkerhetsgodkjenning før byggestart og før åpning/brukstillatelse, og saksdokumentasjon som tilhører periodisk inspeksjon journalføres i Vegdirektoratet sitt sikkerhetsforvaltningsverktøy. Journalføring utføres iht. offentleglova.

REFERANSER

1. Vegnormal N100 Veg- og gateutforming. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2019.
2. Vegnormal N101 Rekkverk og vegens sideområder (*ny tittel Trafikksikkert sideterreng og vegsikringsutstyr, 2021?*). Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2013
3. Vegnormal N200 Vegbygging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2018.
4. Vegnormal N300 Trafikkskilt, del 1–5. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2012.
5. Vegnormal N302 Vegoppmerking. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2015.
6. Vegnormal N303 Trafikksignalanlegg. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2012.
7. Vegnormal N400 Bruprosjektering. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2015.
8. Vegnormal N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i – og langs offentlig veg. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2021.
9. Veiledning V220 Geoteknikk i vegbygging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2018.
10. Veiledning V770 Modellgrunnlag. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2015.
11. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7) Geoteknisk prosjektering, del 1 Allmenne regler.
12. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
13. Retningslinjer for behandling av støy i arealplanlegging. Planlegging og behandling etter plan- og bygningsloven. Rundskriv T-1442. Klima- og miljødepartementet.
14. Retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging. Planlegging og behandling etter plan- og bygningsloven. Rundskriv T-1520. Klima- og miljødepartementet, 2012.
15. NS-EN 16276:2013 Rømningslys i vegtunneler.
16. Veiledning om tekniske krav til byggverk. Kapittel 11 Sikkerhet ved brann (REI 120-M og EI 60). Direktoratet for byggkvalitet 2012.
17. Rijkswaterstaat (The Directorate-General of Public Works and Water Management, The Netherlands) RWS-kurven.
18. ISO 834-3:2012 Fire resistance test – Elements of building construction – Part 3: Commentary on test method and guide to the application of the outputs from the fire-resistance test.
19. NS-EN 1363-2:1999 Prøving av brannmotstand - Del 2: Alternative prosedyrer og tilleggs-prosedyrer.
20. NS-EN ISO 1182:2010 Prøving av produkters egenskaper ved brannpåvirkning. Prøving av ubrennbarhet.
21. ISO 9705:2016 Reaction to fire tests. Room corner test for wall and ceiling lining products.
22. NS-EN ISO 11925-2:2010 Prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning. Antennelighet av byggeprodukter ved direkte påvirkning av flamme.
23. NS-EN 13501:2009 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler.
24. Veiledning V321 Variable trafikkskilt. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2013..
25. NS-EN 197-1:2011 Sement. Del 1: Sammensetning, krav og samsvarskriterier for ordinære sementtyper.
26. NS-EN 12715:2000 Utførelser av spesielle geotekniske arbeider – Injeksjon.
27. NS 3576-3:2012 Armeringsstål. Mål og egenskaper. Del 3: Kamstål B500NC.
28. NS-EN 1504-6 Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner. Del 6: Forankring av armeringsstang.
29. NS-EN ISO 1461:2009 Varmforsinkede belegg på fabrikkerte jern- og stålprodukter. Spesifikasjoner og prøvingsmetoder.
30. NS-EN 13438:2013 Maling og lakk. Organisk pulverbelegg for galvaniserte og sherardiserte stålprodukter for konstruksjonsformål.
31. NS-EN 10088:2005 Rustfrie stål. Del 1: Liste over rustfrie stålsorter.
32. NS-EN 206:2013+NA:2014 Betong. Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar.
33. Norsk Betongforenings publikasjon nr. 7 Sprøytebetong til bergsikring
34. NS-EN 14889-1 Fibere for betong. Del 1: Stålfibere, definisjoner, krav og samsvar.
35. NS-EN 12088: 2013 Varmeisoleringsprodukter til bruk i bygninger. Bestemmelse av langtids vannabsorpsjon ved diffusjon.
36. NS-EN ISO 10456:2007+NA2010 Byggematerialer og –produkter. Prosedyrer for bestemmelse av deklarete og praktiske termiske verdier.
37. NS-EN 13491:2018 Geosyntetiske membraner. Krav til egenskaper ved bygging av tunneler og tilhørende undergrunnskonstruksjoner.
38. NS-EN 12317-2:2000 Tetningsmaterialer på rull. Bestemmelse av skjærstyrke i skjøt.
39. NS-EN 12316-2:2000 Tetningsmaterialer på rull. Bestemmelse av spaltestyrke i skjøt.
40. NS-EN 13670:2009+NA2010 Utførelse av betongkonstruksjoner.

41. NS 3576-4 Armeringsstål. Mål og egenskaper. Del 4: Sveiste armeringsnett.
42. NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008 Laster på konstruksjoner. Del 1-1 Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger.
43. NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1 Allmenne regler og regler for bygninger.
44. NEK 600:2021 El og ekom i vegtrafikksystem.
45. NS-EN 1838:2013 Anvendt belysning – Nødbelysning.
46. <https://nmfv.dk/road-and-tunnel-lighting>. «*Technical Specification, NMF01 LED luminaires – requirements*»
47. Veiledning V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2013.
48. NS-EN 12101-3:2002 Brannventilasjonssystemer. Del 3: Spesifikasjon for mekaniske brannventilasjonsanlegg.