



TRAFIKVERKET

TRVR Tunnel 11

Trafikverkets tekniska råd Tunnel

TRV publ nr 2011:088



Titel: TRVR Tunnel 11
Publikationsnummer: 2011:088
ISBN: 978-91-7467-156-8
Utgivningsdatum: November 2011
Utgivare: Trafikverket
Kontaktperson: Ebbe Rosell
Produktion: Grafisk Form
Tryck: Trafikverket
Distributör: Trafikverket



Beslut om Trafikverkets Råd Tunnel, TRVR Tunnel

TRVR Tunnel (TRV 2011:088) är ett trafikverksdokument som innehåller Trafikverkets råd vid dimensionering och utformning av tunnlar. TRVR Tunnel är av dokumenttypen råd. TRVR Tunnel är en del av Trafikverkets Anläggningsstyrning.

TRVR Tunnel ska användas för tunnlar från och med den 1 februari 2012. Dokumentet används tillsammans med TRVK Tunnel (TRV 2011:087) som hänvisar till detta dokument samt TK Geo (TRV 2011:047).

Avsteg från dessa tekniska råd ska verifieras enligt god ingenjörsmässig sed.

Dokumentet kommer att finnas tillgängligt på Trafikverkets hemsida.

Borlänge den 12 december 2011

Mats Karlsson
cIVt

Björn Eklund
cUHa

Peter Lundman
cPRt

Innehållsförteckning

A Allmänna förutsättningar	5
A.1 Inledning.....	5
A.2 Administrativa rutiner	9
A.3 Konstruktionsredovisning	11
B. Vägtunnlar - Generell utformning	14
B.1 Allmänt.....	14
B.2 Säkerhet vid användning.....	17
B.3 Brandskydd	18
B.4 Miljö	21
B.5 Väg i tunnel	25
C. Järnvägstunnlar - Generell utformning	26
C.1 Allmänt.....	26
C.2 Säkerhet i järnvägstunnlar	29
C.3 Miljö	30
C.4 Järnväg i tunnel	32
D Verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet - allmänt	33
D.1 Grundläggande dimensioneringsregler.....	33
D.2 Säkerhetsklass och geoteknisk kategori	35
D.3 Laster.....	36
D.4 Exceptionella dimensioneringssituationer.....	39
E Bergkonstruktioner	41
E.1 Utformning	41

E.2 Verifiering genom beräkning och provning	45
F Betong- och stålkonstruktioner	47
F.1 Allmänt.....	47
F.2 Utformning	48
F.3 Verifiering genom beräkning och provning	50
G Installationer i vägtunnlar	51
G.1 Allmänt.....	51
G.2 Styrning, övervakning och kommunikation.....	52
G.3 Belysning.....	54
G.4 Kraftförsörjning	55
G.5 Ventilation.....	56
G.6 Vatten, avlopp och dränering	58
H Installationer i järnvägstunnlar	61
H.1 Allmänt.....	61
H.3 Ventilation.....	62
H.4 Vatten, avlopp och dränering	63
Bilaga 101 Litteraturförteckning	64
Bilaga 102 Beteckningar, förkortningar och definitioner	71
Bilaga 103 Vägledning till bygg-herren vid upprättande av en bygghandling.....	83
Bilaga 104 Inläckning av vatten i en bergtunnel - verifiering med observationsmetoden.....	101

A Allmänna förutsättningar

A.1 Inledning

A.1.1 Giltighetsområde

Kraven i TRVK Tunnel gäller för tunnlar för järnvägstrafik och vägtrafik. Kraven kan förutom kraven på bärförmåga inte direkt tillämpas för tunnlar för gångtrafik eller gång- och cykeltrafik. För sådana tunnlar upprättas en kravspecifikation beträffande t.ex. säkerhet vid användning, brandskydd, utformning med avseende på drift i varje projekt.

En betong- eller ståltunnel vars längd är mindre än 100 m betraktas som en bro varvid TRVK Bro tillämpas.

För bergkonstruktioner ovan mark gäller kraven i TK Geo.

A.1.2 Hänvisning till andra dokument

A.1.2.1 Allmänt

Hänvisningar till andra dokument avser de utgåvor som anges i bilaga 101. Om lag, förordning eller bindande myndighetsföreskrift ställer krav som är strängare än räden i TRVR Tunnel gäller dessa krav dock före räden i TRVR Tunnel.

A.1.2.2 Myndighetsföreskrifter

A.1.2.2.1 Bärförmåga, stadga och beständighet

"Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (BFS 2011:10)" anger bl.a. nationella val till de europeiska beräkningsstandarderna, eurokoderna. Se även TRVK Tunnel, A.1.2.3.2.

A.1.2.2.2 Säkerhet vid användning

"Boverkets föreskrifter (BFS 2007:11) och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar" reglerar tillämpningen av "Lag om säkerhet i vägtunnlar" (SFS 2006:418) och "Förordning om säkerhet i vägtunnlar" (SFS 2006:421).

"Järnvägsstyrelsens föreskrifter (JvSFS 2008:4) om tekniska specifikationer för driftskompatibilitet vad gäller säkerhet i järnvägstunnlar" (Transportstyrelsen) reglerar tillämpningen av "KOMMISSIONENS BESLUT av den 20 december 2007 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "Säkerhet i järnvägstunnlar" i det transeuropeiska järnvägssystemet för konventionella tåg och höghastighetståg (2008/163/EG)"

(Transportstyrelsen). Den senare benämns i fortsättningen ”TSD tunnelsäkerhet”.

A.1.2.3 Standarder och AMA

A.1.2.3.2 Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod

SS-EN 1998 (dimensionering med avseende på jordbävning) tillämpas vanligen inte för byggnadsverk i Sverige och behandlas inte i BFS 2011:10.

SS-EN 1996 (murverkskonstruktioner) tillämpas vanligen inte för anläggningskonstruktioner i Sverige.

I de fall en standard i serien SS-EN 1990 - SS-EN 1999 inte behandlas i BFS 2011:10 tillämpas för denna standard samma regler som för övriga standarder.

A.1.2.4 TRVR Tunnel

I TRVR Tunnel har underrubriker utan tillhörande innehåll utelämnats.

A.1.4 Teknisk lösning med särskild kravspecifikation

Vid tillämpningen av TRVK Tunnel, A.1.4 kan nedanstående utformningar och metoder anses vara beskrivna i TRVK Tunnel:

- Bergtunnlar med normal utformning förstärkta med vedertagna metoder.
- Betongkonstruktioner av platsgjuten betong eller av förtillverkade betongelement i båda fallen tillverkade av armerad betong eller av förspänd betong med vidhäftande spännarmering.
- Stålkonstruktioner som normalt förekommer i tunnlar.

A.1.5 Tillämpning av TRVK Tunnel och TRVR Tunnel i olika entreprenadformer

A.1.5.2 Utförandeentreprenad

Om byggherren upprättat den tekniska lösningen innehåller underlaget för konstruktionsföretagets uppdrag minst objektspecifika byggherreval till TRVK Tunnel samt för förståelsen av byggherrens tekniska lösning tillräckligt detaljerade illustrationer. Om upprättande av en teknisk lösning ingår i uppdraget fattar byggherren under uppdragets gång beslut om objektspecifika byggherreval till

TRVK Tunnel för den tekniska lösning konstruktionsföretaget föreslår.

Konstruktionsarbetet utförs enligt TRVK Tunnel.

Konstruktionsföretaget upprättar ett förfrågningsunderlag med arbetsritningar och relevanta beskrivningar, dock minst beskrivningar enligt TRVK Tunnel, A.3.5.2, A.3.5.3 och A.3.5.5. Krav på material, utförande och kontroll enligt AMA tillämpas för samtliga i konstruktionen ingående produktionsresultat. I förekommande fall tillämpas koder och rubriker i AMA för tunnel respektive kategori A.

Byggherren kan välja att låta entreprenören upprätta arbetsritningar och beskrivningar. Då upprättar konstruktionsföretaget ett förfrågningsunderlag som minst innehåller en redovisning av den tekniska lösningen, en hänvisning till TRVK Tunnel i sin helhet, aktuella objektspecifika byggherreval till TRVK Tunnel samt för förståelsen av den tekniska lösningen tillräckligt detaljerade illustrationer. Förfrågningsunderlaget innehåller lämpligen också en beskrivning av material, utförande och kontroll enligt TRVK Tunnel, A.3.5.2.

Entreprenören upprättar i båda fallen de beskrivningar enligt TRVK Tunnel, A.3.5 som är relevanta för objektet och som inte upprättas genom byggherrens försorg.

A.1.5.3 Totalentreprenad

Förfrågningsunderlaget innehåller minst funktionskrav samt för förståelsen av byggherrens krav tillräckligt detaljerade illustrationer.

Efter upphandling upprättar entreprenören ett förslag till teknisk lösning. Förslaget till teknisk lösning omfattar minst en kortfattad redogörelse för vilka krav på material, utförande och kontroll som kommer att tillämpas samt för förståelsen av utformning och utförande nödvändiga illustrationer. Entreprenören upprättar därefter en konstruktionsredovisning enligt TRVK Tunnel, A.3.

Krav enligt AMA, med i förekommande fall koder och rubriker för tunnel respektive kategori A, kan anses uppfylla byggherrens krav på material, utförande och kontroll.

A.1.6 Beteckningar och förkortningar

Se bilaga 102.

A.1.7 Definitioner

För definitioner se bilaga 102.

Utöver de i bilaga 102 angivna definitionerna används benämningar som återfinns i Tekniska nomenklaturcentralens (TNC) publikationer.

A.1.8 Utredningar av en bergkonstruktions förutsättningar

A.1.8.2 Förundersökning berg

Rapporten över förundersökningen benämns Förundersökningsrapport Berg.

Råd avseende förundersökningar kan erhållas i "Geohydrologiska förundersökningar i berg" (BeFo) och "Hydrogeologi för bergbyggare (Formas)".

Tolkningen av förundersökningens resultat sker i den ingenjörgeologiska prognosen.

För geotekniska utredning för andra ändamål än som underlag för dimensionering av en bergkonstruktion gäller TK Geo.

A.1.8.3 Ingenjörsgelogisk prognos

En ingenjörsgelogisk prognos upprättas och grundas på resultat från förundersökning berg. Den ingenjörsgelogiska prognosen upprättas i ett tidigt skede och vanligen av byggherren.

Värderingen av osäkerhet kan baseras på följande tre nivåer:

- Undersökningar på tunnelns nivå.
- Undersökningar på visst avstånd från tunneln.
- Inga relevanta undersökningar.

För att åskådliggöra resultatet kan delar av informationen redovisas på ritningar.

Den ingenjörsgelogiska prognosen utgör underlag för bergmekaniska utredningar och beräkningar samt dimensionering av åtgärder mot inläckning av vatten.

En ingenjörsgelogisk prognos kan även innehålla:

- Bedömning av lämpliga utförandemetoder avseende t.ex. bergschaktning samt erforderliga förstärknings- och tätningsåtgärder.
- Översiktliga bergmekaniska beräkningar och injekteringsdimensioner.

A.2 Administrativa rutiner

A.2.1 Allmänt

I en utförandeentreprenad är konstruktionsföretaget vanligen Trafikverkets kontraktspart vid upprättandet konstruktionsredovisningen och entreprenören vanligen Trafikverkets kontraktspart vid bekräftelse av överensstämmelse med krav på produkter.

I totalentreprenader, utförandeentreprenader med av entreprenören upprättade arbetsritningar och beskrivningar och vid alternativa utföranden i utförandeentreprenader är entreprenören vanligen Trafikverkets kontraktspart i alla skeden.

A.2.3 Bekräftelse av överensstämmelse med krav på produkter

A.2.3.1 Certifiering

Organ som godtagits av Trafikverket framgår av den förteckning som är publicerad på Trafikverkets hemsida.

A.2.3.2 Provning och besiktning

Organ som godtagits av Trafikverket framgår av den förteckning som är publicerad på Trafikverkets hemsida.

A.2.4 Godtagande av konstruktionsredovisning

A.2.4.1 Allmänt

Med tillfällig konstruktion avses t.ex. en spont, spårbrygga, ställning, lanseringsanordning eller tillfällig bro.

A.2.4.3 Avvikelsegradering

Avvikelse som upptäcks vid en kontroll av konstruktionsredovisning graderas av Trafikverket i

- grad 1, mindre allvarlig,
- grad 2, allvarlig eller
- grad 3, mycket allvarlig.

Trafikverket värderar avvikelser som i olika grad hade kunnat resultera eller resulterade i

- brister beträffande bärförmåga, stadga eller beständighet
- brister beträffande säkerhet vid användning,
- felaktiga uppgifter om tillåten trafiklast,
- kostnader för korrigerande åtgärder eller
- att administrativa krav inte uppfylls.

Graderingen av avvikelser baseras på vilka konsekvenser dessa hade kunnat få eller fick i form av kostnader, förseningar, åtgärder, bristande funktion eller bristande beständighet. Till grad 1 hänförs avvikelser vars konsekvenser hade kunnat vara eller var inga eller ringa. Till grad 3 hänförs avvikelser vars konsekvenser hade kunnat vara eller var omfattande.

Avvikelse som kan avhjälpas genom justering av beräkningar utan att ritningar eller beskrivningar behöver revideras hänförs till grad 1.

I TRVR Bro, bilaga 103 ges exempel på hur Trafikverket värderar avvikelser i en konstruktionsredovisning.

A.2.4.5 Kontroll

A.2.4.5.2 Handlingar

Ritningar kan inte kontrolleras innan tillhörande beräkningar är insända för kontroll.

A.2.4.5.8 Korrigering av fel och brister

Utöver vad som anges i TRVK Tunnel, A.2.4.5.8 korrigeras fel och brister i konstruktionsredovisningen och i byggnadsverket enligt i kontraktet gällande regler för åtgärdande av fel och brister.

A.3 Konstruktionsredovisning

A.3.1 Allmänt

För en betong- eller stålkonstruktion gäller råd enligt TRVR Bro, A.3 med de ändringar och tillägg som anges i A.3.

A.3.3 Utredningar och beräkningar

A.3.3.3 Skydd mot inläckning av vatten

A.3.3.3.1 Allmänt

I en bergtunnel utgörs skyddet mot frysning och inläckning av vatten vanligtvis av att berget injekteras i kombination med en vatten- och frostsäkring eller ett tätskikt innanför en lining.

I en betong- eller ståltunnel utgörs skyddet mot inläckning av vatten vanligtvis av att tätskikt, konstruktionsmaterial med mycket högt motstånd mot vatteninträngning och tätande anordningar i fogar, och kombinationer av dessa.

A.3.4 Arbetsritningar

A.3.4.2 Översiktsritning

Uppställnings-, förtecknings- och samordningsritningar är exempel på översiktsritningar.

A.3.4.3 Detaljritning

A.3.4.3.1 Allmänt

En detaljritning för en elinstallation kan hänvisa till E-nummer.

Banverkets typritningar för jordning, se BVH 583.40, kan användas som stöd vid upprättandet av jordningsritningar.

A.3.4.3.2 Bärande huvudsystem av berg

Intilliggande konstruktioner eller anläggningar som kan påverka utförandet redovisas. Innan tunneldrivningen påbörjas baseras ritningarna på ingenjörgeologiska prognoser.

På ritningarna kan tunneln indelas i avsnitt där likartade förstärknings- och tätningsåtgärder kan tillämpas.

A.3.4.3.5 Övrig inredning, vägkonstruktion och bankropp

Uppbyggnaden visas lämpligen med ett antal typsektioner, eventuellt kompletterade med tabeller.

A.3.5 Beskrivningar

A.3.5.3 Plan för tilläggskontroll

Planer för tilläggskontrollen upprättas vanligen av konstruktören eller bergprojektören.

A.3.5.5 Drift- och underhållsplan

En drift- och underhållsplan baseras på konstruktionens särart samt återkommande kontroller av konstruktionens tillstånd, trafikförhållanden och inspektionsresultat från ett urval av inspektionspunkter som kan ge en representativ bild av tillståndet. Dessutom kontrolleras eventuella hjälpsystems funktion.

Driftsåtgärder omfattar bland annat uppgifter som måste utföras regelbundet, t.ex. rengöring, rensning av avlopp, kontinuerlig bemanning, service på hjälpsystem, utförande av tillståndskontroller och åtgärder förorsakade av resultatet av tillståndskontroller. Driftsåtgärder arbetas in i underhållsplanen. Då utbyte av delar kan förutses bli aktuellt ingår detta också i driftsåtgärderna.

I drift och underhåll ingår bland annat

- utvärdering av noteringar från tillståndskontroller,
- kontroll av noteringar mot konstruktionsunderlaget,
- att vidta åtgärder om registreringarna är oacceptabla eller inte stämmer överens med konstruktionsunderlaget,
- att revidera eller komplettera relationshandlingar om dessa inte stämmer överens med i verkligheten,
- uppdatering av databas för tunnel,
- revidering eller komplettering av drift- och underhållsplan samt
- utbyte av delar.

En drift- och underhållsplan innehåller minst

- aktiviteter för tillståndskontroller,
- tidpunkter för tillståndskontroller samt rekommenderade kontrollintervall,
- en beskrivning av metoder som ska användas vid tillståndskontroller samt
- en beskrivning av utbyte av konstruktionsdelar.

Drift- och underhållsplaner är handlingar som beskriver hur anläggningen ska drivas, skötas och underhållas med hänsyn till kraven på beständighet, driftsäkerhet, energihushållning, påverkan på hälsa och miljö, trafiksäkerhet etc.

B. Vägtunnlar - Generell utformning

B.1 Allmänt

Förutsättningarna för utformningen har stor inverkan på tunnelns utformning och de totala kostnaderna för tunneln. Förutsättningarna specificeras därför lämpligen i ett tidigt skede i projektet. Stöd för det arbetet finns i bilaga 103.

En vägtunnel utformas på ett estetiskt tilltalande sätt och med hänsyn till fri sikt, ljus, ytans kvalitet och kulör, så att trafikanten upplever färden genom tunneln på ett positivt sätt. Effektbelysning kan behövas för att poängtera detaljer i tunnel t.ex. portar.

En tunnel utformas lämpligen med släta och lättvättade väggar i ljus färgton samt markeringar på väggarna som orienterar trafikanten.

Högtrycksspolning förutsätts ha spoltrycket 15 MPa, vattenmängden per spolmunstycke 25 l/min och ett avstånd mellan spolmunstycket och inklädnadens yta lika med 0,5 m.

Utrymme reserveras lämpligen för en framtida utbyggnad av installationssystem.

B.1.1 Teknisk livslängd och beständighet

I ett beslutsunderlag för val av installationer med snabb teknikutveckling ingår lämpligen en LCC-analys.

B.1.2 Utformning med hänsyn till exceptionella dimensioneringssituationer

B.1.2.3 Skyddsfillning på tunnel i fritt vatten

En skyddsfillnings uppgift är att skydda mot påverkan av t.ex. erosion, påkörning av båt, ankare, och andra yttre faktorer. En fyllning kan också behövas av stabilitetsskal.

B.1.3 Utformning med avseende på drift och underhåll

B.1.3.1 Allmänt

För utrymmen där personal vistas ofta tillämpas krav för arbetsplatser och byggnader vid utformning med avseende på personalens arbetsmiljö och utrymningsmöjligheter. För utrymmen där personal endast vistas tillfälligt, t.ex. inspektionsutrymmen och utrymmen för förläggning av kablar, kan TRVK Bro, B.1.7.3.2 tillämpas.

B.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll

Vid installationsutrymmen som endast nås från trafikutrymmet ordnas lämpligen en angöringsficka som utformas för de fordon som kommer att användas.

Rör, rännor, dräner med distansrör, avsättnings- eller uppsamlingsmagasin och infiltrationsanläggningar är exempel på installationer som behöver vara åtkomliga på detta sätt. Uppställningsplatser för fordon behövs också i anslutning till tunnelns lågpunkter samt på andra platser där spolning eller slamsugning av t.ex. rensbrunnar kan förväntas

Fjärrinspektion kan ske med t.ex. en kamera. Val av fjärrinspektion motiveras lämpligen genom en LCC-analys som även beaktar kostnader i samband med avstängning av trafik.

För att möjliggöra inspektion anordnas minst 0,5 m fritt utrymme mellan en anläggningsdel och en annan begränsning.

Om det bärande huvudsystemet utgörs av berg och utrymme enligt ovan inte kan anordnas eller om en handnära inspektion av andra skäl inte är möjlig, t.ex. ovanför ett innertak, utformas en konstruktion så att fjärrinspektion kan utföras och inklädnaden utformas lätt demonterbar.

En inspektion av en mot det bärande huvudsystemet gjuten inklädnad eller en tät anslutande vatten- och frostsäkring kan anses ge tillräcklig information om tillståndet hos bakomliggande bärande huvudsystem.

B.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

B.1.4.1 Tunnelns funktion och säkerhet

Kraven i TRVK Tunnel är bestämda med hänsyn till tunnelns funktion och säkerhet och avser inläckning vid lokala inläckningsställen. Med ett inläckningsställe avses ett lokalt och sammanhängande område där vatten läcker in efter att en eventuell inklädnad anbringats.

En droppfrekvens på 1 droppe per minut kan överslagsmässigt anses motsvara flödet 3 ml/h och frekvensen 150 droppar per minut kan anses motsvara flödet 450 ml/h.

B.1.4.2 Omgivningspåverkan

Tillåten inläckning med hänsyn till risk för skadlig omgivningspåverkan bestäms utifrån miljödom baserad på hydrogeologisk utredning, riskbedömning och eventuell stabilitetsutredning.

Tillåten inläckning med hänsyn till skadlig omgivningspåverkan kan t.ex. beskrivas som totalinflöde till tunneln eller inläckning per en angiven delsträcka i tunneln.

B.1.5 Utformning med hänsyn till frysning

En tunnel utformas normalt så att isbildning vid en dimensionerande köldmängd enligt TRVK Tunnel, D.3.2.9 inte uppstår vid ett tätningskikt ingående i vatten- och frostsäkring.

För att förhindra att den nedre delen av en vatten- och frostsäkring på en tunnelvägg fryser igen innan vattenflödet från de övre delarna har avstannat kan isoleringen ökas vid den nedre delen så att en frysning sker senare där.

B.1.6 Infästning av inklädnader

Ett skruvförband för en inklädnads infästning kan säkras med t.ex. körnslag, läsmuttrar eller dubbla muttrar.

B.2 Säkerhet vid användning

B.2.1 Allmänt

Säkerhetsutrustningens omfattning etc. bestäms med hjälp av "Boverkets föreskrifter (BFS 2007:11) och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar", TRVK Tunnel B.2.1 och av tunnelklass.

BFS 2007:11 gäller då tunnelns längd är större än 500 m. Enligt TRVK Tunnel tillämpas vissa av kraven i denna även för kortare tunnlar.

Saknas tillgång till kommunalt vattenledningsnät löses försörjningen av vatten för släckning på annat sätt, t.ex. genom möjlighet att fylla räddningstjänstens tankbilar i närområdet.

Farligt gods kan utan restriktioner transporteras i tunnlar utförda enligt TRVK Tunnel, om inte konsekvenserna av olyckslastfallen brand och explosion är särskilt stora, t.ex. en tunnel under vatten eller direkt under byggnader. För sådana tunnlar bestäms restriktioner och skyddsåtgärder efter en utredning.

Om köbildning i tunneln, t.ex. på grund av trafiksituationen utanför tunnelns utfart, kan förväntas vara vanligt installeras lämpligen ett trafikstyrningssystem som medverkar till att köer snabbt kan avvecklas vid en olycka.

B.2.3 Räddningsstationer eller nödsåk

Räddningsstationer placeras normalt i anslutning till utrymningsvägen eller i ett nödsåk i eller på tunnelväggen.

B.2.4 Vägutformning och vägutrustning

Behov för drift- och underhåll, nöduppställning och nödgångbana till larmställe eller till utrymningsväg och tillgänglighet för olycksbekämpning kan ge ytterligare breddbehov i tunnelklass TB och TA.

En nöduppställningsplats placeras i första hand till en lågpunkt eller en uppförbacke med goda siktförhållanden.

En raklinje ges lämpligen ett tvärfall mellan 1,5 % och 2,5 %.

En bro över vägen kan användas som höjdbegränsningsportal.

Vid en höjdbegränsningsportal anordnas lämpligen ett utrymme för tillfällig uppställning av för höga fordon. Om möjligt anordnas en alternativ väg bort från området vid höjdbegränsningsportalen för höga fordon.

B.3 Brandskydd

B.3.1 Allmänt

Den sammanlagda tiden för utrymning och räddningsinsats beror på tunnellängd, antal körfält, ÅDT, insatstider etc.

B.3.2 Brandmotstånd

Kraven på brandpåverkan hos installationer nödvändiga för säker utrymning och räddningsinsats kan uppfyllas genom rätt materialval eller redundans.

Utredning av behov och lämpliga åtgärder för att undvika skadlig spjälkning baseras lämpligen på "Rapport 16 - Betong och brand - Rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner" (Svenska Betongföreningen).

B.3.4 Utrustning för branddetektion

I sidoutrymnen sker branddetektering lämpligen med hjälp av rök- eller värmedetektorer. Exempel på lämpligt utförande ges i "Regler för automatisk brandanläggning" (Svenska brandskyddsföreningen).

Branddetektorer förläggs lämpligen tillsammans med elutrustning.

B.3.5 Utrustning för brandbekämpning

Exempel på utrustning är handbrandsläckare, inomhusbrandposter och brandpostnät.

Ett fast brandbekämpningssystem installeras om detta enligt en riskanalys medför uppenbart ökad personsäkerhet i tunneln eller om det är en förutsättning för bärförmågan vid brand. En säkerhetsutrustning som är avsedd att användas av trafikanterna eller räddningstjänsten placeras i anslutning till utrymningsvägarna.

B.3.6 Skydd mot spridning av brand och brandgas

B.3.6.3 System för brandgaskontroll

B.3.6.3.1 Allmänt

Ett räddningsrum kan sättas under övertryck för att hindra att brandgas läcker in.

Vid mynningarna kan brandgaser hindras från att tränga in i det tunnelrör som utgör utrymningsväg och säker plats genom att fläktar reverseras.

B.3.6.3.2 Längsventilation

Längsventilation eller semitransversal ventilation används normalt som system för brandgaskontroll. Om en tunnels längd är större än 3 km ordnas utsug av brandgaser med lämpliga mellanrum.

Brandventilationshastighet är den medellufthastighet, mätt över tunneltvärsnittet, som krävs för att hålla kvar rökfronten i brandens närhet.

B.3.6.3.3 Tvärventilation

En tvärventilation går vanligen inte att använda för brandgaskontroll vid större brandeffekter än 15 MW.

Ett kanalsystem kan behövas för att krav på styrning av luftströmmar ska kunna uppfyllas.

B.3.7 Underlättande av utrymning

B.3.7.1 Allmänt

Underlättande av utrymning åstadkoms vanligen genom att minimera den sammanlagda tid som behövs för trafikanternas förflyttning till en säker flyktplats.

B.3.7.2 Gränsvärden för kritiska förhållanden

Följande gränsvärden för kritiska förhållanden kan normalt tillämpas:

Siktbarhet: En brandgasnivå på lägst $1,6 + (0,1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden, eller en siktsträcka på minst 10 m i okänd miljö och minst 5 m i känd miljö (bostäder och kontor).

Värmestrålning: En maximal strålningsintensitet på 2,5 kW/m² eller en kortvarig strålningsintensitet på högst 10 kW/m², samt en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m² utöver energin från en strålning på 1 kW/m².

Temperatur: Högst 80 °C lufttemperatur.

B.3.7.3 Utrymningstid

Tiden tills trafikanterna påbörjar utrymning beror på många olika faktorer som brandens intensitet, detekteringssystem, beslutstid, larmhantering och rutiner för trafikledningscentral, tid för säkring av utrymningsväg samt snabbhet och tydlighet i varningssystem.

Enligt "Utrymningsdimensionering" (Boverket) kan en blandning av gånghastigheter mellan 0,6-1,3 m/s förväntas beroende på lutning, persontäthet, belysning och skyltning mm.

B.3.7.6 Framkomlighet

Breddkravet motiveras av framkomligheten för rullstolar.

Trappor kan undvikas genom att ramper anordnas.

Ett vilplan ges lämpligen minst 2 m längd och en lutning av högst 2 %.

Dörrtyper som ger en säkerhet vid utrymning motsvarande en slagdörr som öppnas i utrymningsriktningen kan användas.

Den kraft som behövs för att öppna en dörr i en utrymningsväg bör inte överstiga 130 N anbringad på de normala öppningsanordningarna.

För en nödgångväg gäller kraven för lutningar för vägar, se VGU.

B.3.8 Underlättande av räddningsinsats

Förutsättningar avseende t.ex. insatsmöjligheter, utnyttjande av utrymningsvägar som angreppsvägar, tillgång till vatten för brandsläckning, kommunikationsutrustning samt omhändertagande av farliga vätskor bestäms av byggherren efter samråd med räddningstjänsten.

B.4 Miljö

B.4.1 Allmänt

Kraven i TRVK Tunnel baseras på Miljö kvalitetsnormer (MKN) enligt Miljöbalken (SFS 1998:808). Enligt Miljöbalken får tillstånd inte beviljas för en verksamhet som innebär att en MKN överskrids. För luftkvalitet gäller MKN i tunnelns omgivning.

Det allmänna kravet i TRVK Tunnel kan t.ex. uppfyllas genom att:

- Utformningar optimeras så att material som inte är förnyelsebara eller som kräver mycket energi vid framställningen inte används i onödigt stor omfattning.
- Användningen av miljöfarliga produkter och material minimeras.
- Miljöpåverkan under utförandet, t.ex. buller och vibrationer, beaktas vid val av metoder.
- Belysning optimeras med avseende på energiförbrukning.
- Ventilation optimeras med avseende på både energiförbrukning och luftkvalitet.
- Utformningen av en vägtunnels tak- och väggytor optimeras med avseende på belysningsbehov och drift i form av t.ex. tvättning.
- Trafikstyrning för att minimera miljöpåverkan dels från fordon och dels från ventilationssystemets effektuttag.

B.4.2 Kemikalier

B.4.2.1 Allmänt

Kraven och Trafikverkets kemikaliehanteringssystem där ansökan och granskning sker återfinns på www.trafikverket.se eller på www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Kemikaliehantering/.

Definition av märkningspliktig kemisk produkt framgår av "Krav i "Kemiska produkter – granskningskriterier och krav för Trafikverket" (Trafikverket) och "Kemiska produkter – granskning av märkningspliktiga kemiska produkter" (Trafikverket).

B.4.2.3 Sprängmedel

Miljöpåverkan vid sprängning består av att beståndsdelar som inte har reagerat sprider sig i omgivningen. Detta kan ske genom spill vid hantering av sprängämne eller som spridning vid detonationen.

B.4.3 Buller och vibrationer

När buller och vibrationer förekommer samtidigt beaktas den sammanlagda effekten.

”Externt industribuller, allmänna råd” (Naturvårdsverket) kan anses gälla för samtliga bullerkällor sammantaget. Om andra bullerkällor finns eller planeras beaktas det.

Begränsning av stomtransmitterat ljud är särskilt angeläget i tätorter och speciellt under kvällar och nätter.

B.4.4 Luft

B.4.4.1 Allmänt

En tunnel kan ventileras med

- självventilation,
- längsventilation med fläktar,
- tvärventilation med fläktar eller
- semitransversell ventilation med fläktar.

Exempel på riskgrupper är personer med lungsjukdomar och hjärt- och kärlsjukdomar. Barn och gamla är exempel på känsliga grupper.

En tunnel som är kortare än 400 m kan vanligen utformas med självventilation. Om mekanisk ventilation behövs i tunnlar kortare än 400 m avgörs bl.a. av trafikintensitet, risk för köbildning och tunnelns lutning.

B.4.4.2 Emissioner

Emissionsberäkningarna ingår i ventilationsdimensioneringen.

Emissionsfaktorer kan hämtas från emissionsmodellen HBEFA. Se ”Handbok för vägtrafikens luftföroreningar” (Trafikverket).

Fordonen är i HBEFA uppdelade på tunga fordon, personbilar, lätta lastbilar och tvåhjulringar. Fordonen är dessutom uppdelade på olika bränslen och motortyper för att få en god anpassning till aktuella förhållanden.

Vägarna klassificeras av tätort eller landsbygd, vägtyp, hastighetsgräns samt trafikflödesklass (free flow, heavyflow, congested, stop & go). Även emissionsfaktorer för kallstart och avdunstning finns angivna.

Emissionsfaktorer i gram per fordonskilometer för kväveoxider och avgaspartiklar anges i "Handbok för vägtrafikens luftföroreningar" (Trafikverket). Den totala kväveoxidhalten i tunneln används lämpligen används då denna är mer inert i tunnelmiljön än halten kvävedioxid som varierar beroende på bl.a. ozonhalten i tunneln.

Emissionsfaktorer för slitagepartiklar framtagna av VTI och ITM återfinns i "Handbok för vägtrafikens luftföroreningar" (Trafikverket). Mängden inandningsbara partiklar, PM₁₀, motsvarar summan av slitage- och avgaspartiklar.

Den totala emissionen i gram per timme för ett visst vägvagnsnitt erhålls genom att multiplicera emissionsfaktorn med antalet fordon per timme för avsnittet och längden på avsnittet.

I analysen inkluderas bakgrunds nivåer för föroreningar vid mynningar.

När en trafikprognos saknas kan

- dimensionerande timme för trafiksituation för emissionsberäkning sätts till 12 % av ÅDT under öppningsåret för landsbygdsvägar och genomfarter i tätorter och till 9-10 % för övriga vägtyper i tätortsmiljö. Detta motsvarar den 30:e mest belastade timmen. Se VGU, del Dimensioneringsgrunder
- lastbilsandelen väljas enligt VGU om inte objektspecifik information finns.

Vägslitaget storlek är beroende av typ av vägbeläggning och andelen dubbdäck.

För haltberäkningen används ett verifierat ventilationsberäkningsprogram exempelvis IDA tunnel. Enklare beräkningar, t.ex. för att se om en noggrannare utredning krävs, kan för korta tunnlar med lite trafik göras med "Ventilation av vägtunnlar" (Nordiska Vägtekniska Förbundet).

Av Världshälsoorganisationen (WHO) rekommenderade högsta halter av kolmonoxid enligt tabell B.4-1 kan tillämpas för bedömning av luftkvalitet vid ovanliga kösituationer som t.ex. vid olyckor.

Tabell B.4-1 Rekommenderad högsta halt kolmonoxid i tunneln, tidsmedelvärde enligt WHO

Kolmonoxid koncentration mg/m ³	Uppmätt tid (minuter)
100	15
60	30
30	60

B.4.4.3 Luftkvalitet i omgivningen

Kraven på luftkvalitet i omgivningen anges i Luftkvalitetsförordning (SFS 2010:477). Vägledande information om spridningsberäkningar

ges i "Handbok 2006:2 Luftguiden" (Naturvårdsverket) och i "Handbok för vägtrafikens luftföroreningar" (Trafikverket).

En överlagsmässig dimensionering av ett ventilationstorns höjd kan fås ur "Skorstenshöjd - beräkningsmetod" (Naturvårdsverket). För råd för en noggrannare analys se "Handbok 2006:2 Luftguiden" (Naturvårdsverket) och i "Handbok för vägtrafikens luftföroreningar" (Trafikverket). En uppskattning av tunnelluftens spridning till omgivningen från tunnelmynningen kan utföras med hjälp av "Ventilation av vägtunnlar" (Nordiska Vägtekniska Förbundet).

Ventilationen utformas så att förorenad luft inte går tillbaka till ett luftintag på tunneln eller på ett annat byggnadsverk.

Ett ventilationstorn kan behövas för att kraven på luftkvalitet i ett område nära ett utsläpp från en tunnel ska kunna uppfyllas.

Utsläpp från ventilationstorn och tunnelmynningar kan simuleras som punktkällor.

B.4.5 Vatten

Den tillåtna mängden inläckande vatten baseras på risken för skada på omgivningen, se TRVK Tunnel, B.1.4.2. Tillstånd till bortledning av grundvatten regleras av Miljöbalken (SFS 1998:808), kapitel 11.

Vägledande information om planering och åtgärder finns i "MKB-GEO, Mark- och vattenaspekter i miljökonsekvensbeskrivningar för vägar" (Vägverket). Denna publikation behandlar dock inte de risker och åtgärder som kan vara förknippade med vissa speciella byggmetoder.

B.5 Väg i tunnel

B.5.1 Allmänt

Kraven och råden för en väg som är förlagd i en tunnel är i vissa fall avgörande för tunnelns utformning.

Utöver det som anges i TRVK Tunnel, B.5 och TRVR Tunnel, B.5 gäller krav och råd för vägar enligt bl.a. VGU och TRVK Väg.

B.5.2 Utformning av väg i tunnel

Referenshastigheten väljs enligt VGU. Anläggningskostnaderna för en tunnel är så höga att en sänkt referenshastighet kan vara lämplig i en tunnel.

Typsektioner väljs enligt VGU. Typsektioner väljs i samordning med val av trafikövervakningssystem, trafikinformationssystem och trafikstyrningssystem.

Linjeföring väljs enligt VGU. Långa lutningar innebär både i nedförs- och uppförsbacke låga hastigheter för tunga fordon och kraftiga dynamiska, kortvariga kapacitetsnedsättningar. Beträffande tillåtna lutningar se även TRVK Tunnel, B.2.1.

För belysning och visuell ledning gäller krav enligt VGU.

B.5.3 Vägkonstruktion i tunnel

B.5.3.2 Skydd mot frosthalka och skador på grund av frysning

En isolering på ett underlag som inte är tjälfarligt behöver inte spetsas ut.

C. Järnvägstunnlar - Generell utformning

C.1 Allmänt

Förutsättningarna för utformningen har stor inverkan på tunnelns utformning och de totala kostnaderna för tunneln. Förutsättningarna specificeras därför lämpligen i ett tidigt skede i projektet. Stöd för det arbetet finns i bilaga 103.

Högtrycksspolning förutsätts ha spoltrycket 15 MPa, vattenmängden per spolmunstycke 25 l/min och ett avstånd mellan spolmunstycket och inklädnadens yta lika med 0,5 m.

Utrymme reserveras lämpligen för en framtida utbyggnad av installationssystem.

Användning av typsektioner enligt bilaga 103.5 gör att utrymmesbehoven uppfylls för normala fall.

C.1.1 Teknisk livslängd och beständighet

I ett beslutsunderlag för val av installationer med snabb teknikutveckling ingår lämpligen en LCC-analys.

C.1.2 Utformning med hänsyn till exceptionella dimensionerings- situationer

C.1.2.3 Skyddsfillning på tunnel i fritt vatten

En skyddsfillnings uppgift är att skydda mot påverkan av t.ex. erosion, påkörning av båt, ankare, och andra yttre faktorer. En motsvarande fyllning kan också behövas av stabilitetsskäl.

C.1.3 Utformning med avseende på drift och underhåll

C.1.3.1 Allmänt

För utrymmen där personal vistas ofta tillämpas krav för arbetsplatser och byggnader vid utformning med avseende på personalens arbetsmiljö och utrymningsmöjligheter. För utrymmen där personal endast vistas tillfälligt, t.ex. inspektionsutrymmen och

utrymmen för förläggning av kablar, kan TRVK Bro, B.1.7.3.2 tillämpas.

C.1.3.2 Åtkomlighet för drift och underhåll

Rör, rännor, dräner med distansrör, avsättnings- eller uppsamlingsmagasin och infiltrationsanläggningar är exempel på installationer som behöver vara åtkomliga på detta sätt.

Uppställningsplatser för fordon behövs också i anslutning till tunnelns lågpunkter samt på andra platser där spolning eller slamsugning av t.ex. rensbrunnar kan förväntas

C.1.3.2 Åtkomlighet för inspektioner samt drift och underhåll

Fjärrinspektion kan ske med t.ex. en kamera. Val av fjärrinspektion motiveras lämpligen genom en LCC-analys som även beaktar kostnader i samband med avstängning av trafik.

För att möjliggöra inspektion anordnas minst 0,5 m fritt utrymme mellan en anläggningsdel och en annan begränsning.

Om det bärande huvudsystemet utgörs av berg och utrymme enligt ovan inte kan anordnas eller om en handnära inspektion av andra skäl inte är möjlig, t.ex. ovanför ett innertak, utformas en konstruktion så att fjärrinspektion kan utföras och inklädnaden utformas lätt demonterbar.

En inspektion av en mot det bärande huvudsystemet gjuten inklädnad eller en tätt anslutande vatten- och frostsäkring kan anses ge tillräcklig information om tillståndet hos bakomliggande bärande huvudsystem.

C.1.3.3 Längdmarkeringsskyltar

Längdmarkeringsskyltarna placeras ca 1,5 m över RÖK. Skyltarna utformas så att de är läsbara på 5 m avstånd.

C.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

C.1.4.1 Tunnelns funktion och säkerhet

Kraven i TRVK Tunnel är bestämda med hänsyn till tunnelns funktion och säkerhet och avser inläckning vid lokala inläckningsställen. Med ett inläckningsställe avses ett lokalt och sammanhängande område där vatten läcker in efter att eventuell inklädnad anbringats.

En droppfrekvens på 1 droppe per minut kan överslagsmässigt anses motsvara flödet 3 ml/h och frekvensen 150 droppar per minut kan anses motsvara flödet 450 ml/h.

Banverket typritningar 1208785 - 12087 88 för vatten- och frostsäkring (dräner) kan användas.

C.1.4.2 Omgivningspåverkan

Tillåten inläckning med hänsyn till risk för skadlig omgivningspåverkan bestäms utifrån miljödömd baserad på hydrogeologisk utredning, riskbedömning och eventuell stabilitetsutredning.

Tillåten inläckning med hänsyn till skadlig omgivningspåverkan kan t.ex. beskrivas som totalinflöde till tunneln eller inläckning per en angiven delsträcka i tunneln.

C.1.5 Utformning med hänsyn till frysning

En tunnel utformas normalt så att isbildning vid en dimensionerande köldmängd enligt D.3.2.9 inte uppstår vid ett tätningsskikt ingående i vatten- och frostsäkring.

För att förhindra att den nedre delen av en vatten- och frostsäkring på en tunnelvägg fryser igen innan vattenflödet från de övre delarna har avstannat kan isoleringen ökas vid den nedre delen så att en eventuell frysning sker senare där.

C.1.6 Infästning av inklädnader

Ett skruvförband för en inklädnads infästning kan säkras med t.ex. kärnslag, läsmuttrar eller dubbla muttrar.

C.2 Säkerhet i järnvägstunnlar

C.2.2 Grundkrav

C.2.2.2 Kompletterande grundkrav avseende brandskydd

C.2.2.2.2 Brandmotstånd

Kraven på brandpåverkan hos installationer nödvändiga för säker utrymning och räddningsinsats kan uppfyllas genom rätt materialval eller redundans.

Utredning av behov och lämpliga åtgärder för att undvika skadlig spjälkning baseras lämpligen på "Rapport 16 - Betong och brand - Rekommendationer för att förhindra spjälkning särskilt i anläggningskonstruktioner" (Svenska Betongföreningen).

C.2.3 Tillägsstandard

Enligt Trafikverkets övergripande krav på tunnlar gäller att:

- För en tunnel med längd mindre än 300 meter krävs ingen verifiering av personsäkerheten om tunnelutformningen uppfyller grundkraven enligt TRVK Tunnel C.2.2.
- För tunnlar med längd större än eller lika med 1000 meter krävs att verifiering av personsäkerheten görs med säkerhetsanalyser.
- För längder mellan 300 och 1000 meter avgörs i varje enskilt fall om verifiering av personsäkerheten med säkerhetsanalyser ska utföras.

Säkerhetsanalysen upprättas enligt BVH 585.30.

För järnvägstunnlar som är 300 m eller längre kan byggherren ange ytterligare krav utöver grundkraven. Sådana krav baseras på säkerhetsanalysen.

C.3 Miljö

C.3.1 Allmänt

Kraven i TRVK Tunnel baseras på Miljökvalitetsnormer (MKN) enligt Miljöbalken (SFS 1998:808). Enligt Miljöbalken får tillstånd inte beviljas för en verksamhet som innebär att en MKN överskrids. För luftkvalitet gäller MKN i tunnelns omgivning.

Det allmänna kravet i TRVK Tunnel kan t.ex. uppfyllas genom att:

- Utformningar optimeras så att material som inte är förnyelsebara eller som kräver mycket energi vid framställningen inte används i onödigt stor omfattning.
- Användningen av miljöfarliga produkter och material minimeras.
- Miljöpåverkan under utförandet, t.ex. buller och vibrationer, beaktas vid val av metoder.
- Belysning optimeras med avseende på energiförbrukning.
- Ventilation optimeras med avseende på både energiförbrukning och luftkvalitet.
- Utformningen av en vägtunnels tak- och väggytor optimeras med avseende på belysningsbehov och drift i form av t.ex. tvättning.
- Trafikstyrning för att minimera miljöpåverkan dels från fordon och dels från ventilationssystemets effektuttag.

För betongkonstruktioner kan ovanstående t.ex. innebära att den höga hållfasthet som följer av kraven på låga vattencementtal utnyttjas till att utforma slankare konstruktioner.

C.3.2 Kemikalier

C.3.2.1 Allmänt

Kraven och Trafikverkets kemikaliehanteringssystem där ansökan och granskning sker återfinns på www.trafikverket.se eller på www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Kemikaliehantering/.

Definition av märkningspliktig kemisk produkt framgår av "Krav i "Kemiska produkter – granskningskriterier och krav för Trafikverket" (Trafikverket) och "Kemiska produkter – granskning av märkningspliktiga kemiska produkter" (Trafikverket).

C.3.2.3 Sprängmedel

Miljöpåverkan vid sprängning består av att beståndsdelar som inte har reagerat sprider sig i omgivningen. Detta kan ske genom spill vid hantering av sprängämne eller som spridning vid detonationen.

C.3.3 Buller och vibrationer

När buller och vibrationer förekommer samtidigt beaktas den sammanlagda effekten.

”Externt industribuller, allmänna råd” (Naturvårdsverket) kan anses gälla för samtliga bullerkällor sammantaget. Om andra bullerkällor finns eller planeras beaktas det.

Begränsning av stomtransmitterat ljud är särskilt angeläget i tätorter och speciellt under kvällar och nätter.

C.3.4 Luft

Krav på luftkvalitet avser både personal och tågpassagerare samt, i förekommande fall, tredje man.

Vanligen fås i en järnvägstunnel utan stationsutrymmen eller liknande tillräckligt god luftkvalitet enbart med hjälp av s.k. självventilation.

C.3.5 Vatten

Den tillåtna mängden inläckande vatten baseras på risken för skada på omgivningen, se TRVK Tunnel, B.1.4.2. Tillstånd att leda bort grundvatten regleras av i Miljöbalken (SFS 1998:808), kapitel 11.

Vägledande information om planering och åtgärder finns i ”MKB-GEO, Mark- och vattenaspekter i miljökonsekvensbeskrivningar för vägar” (Vägverket). Denna publikation behandlar dock inte de risker och åtgärder som kan vara förknippade med vissa speciella byggmetoder.

C.4 Järnväg i tunnel

Nedan listas ett antal krav- och rådsdokument som styr järnvägsanläggningens utformning och som kan vara avgörande för tunnelns utformning. Observera att denna lista inte ska ses som heltäckande.

BVS 510	Jordning och skärmning i Trafikverkets järnvägsanläggningar
BVS 517.1000	Teknikhus. Övergripande minimikrav för projektering och byggande av teknikhus
BVS 543.11810	Elkraftanläggningar. Elutrustningar i tunnlar.
BVS 545.40401	Telesystem. Radiotäckning i tunnlar
BVS 560.1101	EMC-krav på elektroteknisk utrustning i Banverkets anläggningar
BVH 585.31	Typsektioner för banan med hänvisningar till BVH 581.16
BVH 585.35	Aerodynamik i järnvägstunnlar
BVF 586.10	Skarvfritt spår. Regler för byggande och underhåll
BVH 586.40	Spärgeometrihandboken
BVF 586.41	Tillåten hastighet mht spårets geometriska form.
BVF 586.65	Skyddsräler. Regler för anordnande och konstruktiv utformning.
BVF 592.11	Detektorer. Hantering av larm från stationära detektorer för övervakning av järnvägsfordon
BVS 1525.7	Kabelkanalisation
BVH 1525.7	Kabelkanalisation

D Verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet - allmänt

D.1 Grundläggande dimensioneringsregler

D.1.1 Allmänt

Exempel på metoder för dimensionering av en bergtunnels bärande huvudsystem är

- sannolikhetsbaserade metoder
- traditionell känslighetsanalys
- metoder angivna i BVH 1585.36 "Projektering av bergtunnlar, Dimensionering av det bärande huvudsystemet" (Banverket), kapitel 5
- observationsmetoder som baseras på SS-EN 1997-1, 2.7
- partialkoefficientmetoder baserade på SS-EN 1990.

Laster som uppstår vid tillverkning, transport och montering kan utgöra en väsentlig del av den dimensionerade lasteffekten på förtillverkade konstruktionsdelar. För dimensionering i sådana lastsituationer tillämpas SS-EN 1991-1-6.

D.1.2 Bärande huvudsystem

Bergbult och sprutbetong bakom en betonginklädnad är exempel på anläggningsdelar som inte är åtkomliga för inspektion.

D.1.3 Inredning och installationer

Laster, spänningscykeltal och kollektivparameter för installationer utreds och redovisas. Lastuppgifter kan ofta erhållas från leverantören.

D.1.7 Dimensionering genom provning

Utvärderingsmodellerna i SS-EN1990, kapitel 5 och bilaga D uppfyller de krav som ställs i TRVK Tunnel.

D.2 Säkerhetsklass och geoteknisk kategori

Det bärande huvudsystemet i ett sidoutrymme i en betongtunnel under vatten är ett exempel på konstruktioner som hänförs till säkerhetsklass 3.

För en tunnel med berg som bärande huvudsystem väljs GK3 om bergtäckningen är mindre än halva tunnelns spännvidd eller vid sektioner med mycket dålig bergkvalitet, exempelvis $Q < 1$ vid zonbredd större än 2,0 meter eller när omgivningsförhållandena är sådana att de väsentligt förstör konsekvenserna av brott eller deformationer i det bärande huvudsystemet.

D.3 Laster

D.3.1 Allmänt

I TRVK Tunnel, D.3 anges dels tilläggskrav till lasterna i SS-EN 1990 – SS-EN 1999 och dels krav på tillämpning av laster som inte ingår i SS-EN 1990 – SS-EN 1999.

TRVK Tunnel innehåller inte en fullständig förteckning av de laster som enligt SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska användas vid dimensioneringen. Följande laster i SS-EN 1990 – SS-EN 1999 är vanligt förekommande vid dimensionering av tunnlar:

- Laster under byggnadstiden eller vid underhållsåtgärder enligt SS-EN 1991-1-6 och SS-EN 1992-2.
- Egenvikt för konstruktionsmaterial, beläggning, tätskikt, ballast, överfyllnad m.m. enligt SS-EN 1991-1-1.
- Jordtryck och vattentryck enligt SS-EN 1997-1. För dessa laster gäller dock också de tillägg till SS-EN 1997-1 som anges i TRVK Bro och TK Geo.
- Krympning i betongkonstruktioner enligt SS-EN 1992-2.
- Spännkraft i förspända betongkonstruktioner enligt SS-EN 1992-2.
- Trafiklaster enligt SS-EN 1991-2.
- Lagerfriktion enligt SS-EN 1993-2, bilaga A.
- Last av övergångskonstruktion enligt SS-EN 1993-2, bilaga B.
- Olyckslaster enligt SS-EN 1991-1-7.

Mot tunnlar anläggningsdelar i det fria är även följande laster vanligt förekommande:

- Snölast enligt SS-EN 1991-1-3.
- Vindlast enligt SS-EN 1991-1-4.
- Temperaturlast enligt SS-EN 1991-1-5.

Ett exempel på en speciell lastförutsättning är om det förutsätts att en betongtunnels ena sida ska kunna schaktas fram.

Tillämpning av SS-EN 1997-1, 2.4.7.3.4.1(1)P och 2.4.7.3.4.4 gäller t.ex. vid grundläggning av betong- eller ståltunnlar, men är inte relevant för det bärande huvudsystemet i en bergtunnel.

Enligt SS-EN 1990, 1.5.3.7 är laster som överförs till bärverket från mark, fyllnadsmassor eller grundvatten geotekniska laster. Följande laster är exempel på geotekniska laster:

- Last orsakad av bergmaterialets egentyngd, vattentryck eller yttre last.
- Laster orsakade av bergets inspänningsförhållande.
- Jordtryck, inklusive vattentryck, orsakat av jordens egentyngd, yttre last eller en konstruktions rörelse.
- Laster orsakade av rörelser i jordmaterialet, t.ex. påhängslaster.
- Stödförskjutning.

D.3.2 Laster i varaktiga dimensioneringssituationer

D.3.2.2 Last av omgivande jord och berg

D.3.2.2.1 Allmänt

För jord som inte används till motfyllning kan tungheten bestämmas enligt TK Geo.

För en tunnel med olika marknivåer på ömse sidor kan jordtrycksfördelningen bestämmas enligt elasticitetsteoretisk analys.

D.3.2.2.2 Bergtunnel

Tungheten för bergarterna granit och gnejs kan om inte annat visas vara riktigare sättas till 27 kN/m³.

Det är vanligen tillräckligt att uppskatta det primära spänningsfältet inom två gränsvärden.

D.3.2.3 Vattentryck

För en konstruktion som är känslig för en variation i vattnets tunghet beaktas aktuell salthalt och dennas variation vid bestämning av tungheten.

D.3.2.4 Stödförskjutningar

Vid tillämpning av TRVK Bro, B.3.1.4 motsvarar

- en bros längdriktning en tunnels tvärriktning och
- en bros tvärriktning en tunnels längdriktning.

D.3.2.8 Luftryck

D.3.2.8.1 Luftryck av passerande vägfordon

Skyltar är exempel på utkragande konstruktioner.

D.3.2.9 Temperaturpåverkan

De dimensionerande temperaturerna används dels för att verifiera säkerhet mot frysning och dels för att beräkna tvångskrafter vid dimensionering av bärförmåga. De i TRVK Tunnel angivna värdena gäller för luften i en tunnel

Temperaturer i en tunnels konstruktionsdelar bestäms genom en beräkning utgående från de termiska egenskaperna hos konstruktionsdelarna och omgivande jord och berg samt omgivningens temperatur. Vägledande uppgifter kan hämtas ur VVMB 301 "Beräkning av tjällyftning" (Vägverket) samt ur "Termiska egenskaper i jord och berg" (SGI).

I en bergtunnel behöver vanligen laster orsakade av temperaturändring bara beaktas vid mycket dålig bergkvalitet.

D.3.2.15 Last av lossnande bergblock i bergtunnel

En ytförstärkning eller en inklädnad som är dimensionerad för en större permanent last än 6 kN kan anses uppfylla kravet.

D.4 Exceptionella dimensioneringssituationer

D.4.2 Påkörning med fordon

Ett innertak av betong beläget över ett trafikutrymme är ett exempel på en inredning vars kollaps kan leda till personskador eller utgöra hinder för utrymning och räddningsinsats.

En konstruktionsdel ingående i ett bärande huvudsystem dimensioneras för en påkörningskraft även om en skyddsanordning är installerad mellan trafiken och konstruktionsdelen.

D.4.4 Brand

I TRVK Tunnel, figur D.4-1

- överensstämmer brandgastemperaturen enligt kurva I i princip med hydrocarbonkurvan enligt SS-EN 1363-2k
- kurva II överensstämmer i princip med den s.k. standardbrandkurvan enligt SS-EN 1363-1
- kurva III är den s.k. RWS-kurvan.

TRVK Tunnel, figur D.4-2 återger den s.k. Eureka-kurvan.

D.4.5 Explosion

Den beräkningsmodell och den beräkningsgång som finns i "Explosionslaster vid betongtunnlar" (Vägverket, Region Stockholm) kan användas. Explosionslast enligt TRVK Tunnel och dimensionering enligt SS-EN 1992-2 tillämpas dock.

D.4.6 Overksam förankring

I TRVK Tunnel avses t.ex. förankringar för inredning eller installation i säkerhetsklass 3 (se D.2). Med förankring menas t.ex. infästningar i berg eller betong samt hängstag.

D.4.9 Övriga exceptionella dimensioneringssituationer

Byggherren kan ange att de i TRVK Tunnel, D.4 angivna exceptionella dimensioneringssituationerna kompletteras. Detta kan t.ex. bestå av att andra lastvärden ska tillämpas, att angivna exceptionella händelser ska betraktas som varaktiga dimensioneringssituationer eller att andra exceptionella händelser ska beaktas. Exempel på sådana andra händelser är:

- En oförutsedd belastning i form av trafiklast eller utfyllnad på markytan ovanför eller intill en tunnel.
- Draggande eller fallande ankare, sjunkande fartyg, påsegling.
- Extrema vattennivåer eller översvämning på grund av ett ledningsbrott.

E Bergkonstruktioner

E.1 Utformning

E.1.1 Allmänt

Minsta avstånd mellan tunnelrör bestäms med hänsyn till bergmassans egenskaper, tunneldrivning, tunneldimensioner, sidoutrymmen, utrymningsvägar, andra närliggande byggnadsverk m.m..

Vid bestämning av utrymmesbehov för vatten- och frostsäkring tas hänsyn till att eventuella framtida kompletteringar påverkar det fria utrymmet.

Driftförstärkningar utformas så långt det är möjligt så att förstärkningskonstruktionen ingår i det permanenta bärande huvudsystemet.

Vägledning avseende tätningsskikt och tätfogar kan fås i "Vegtunneler" (Statens Vegvesen).

E.1.2 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

Inläckning som sätter ned en tunnels funktion och säkerhet motverkas i första hand genom injektering och i andra hand genom bortledning av inläckande vatten eller genom skyddskonstruktioner.

Skadlig omgivningspåverkan motverkas i första hand genom injektering och i andra hand av en vattentät konstruktion eller genom att vatten bortleds och sedan infiltreras. Bortledning och infiltration av vatten är metoder som höjer driftskostnaderna och ett beslutsunderlag för val av en sådan metod innehåller lämpligen en LCC-analys.

Vägledning för utformning av injektering i berg kan fås i "Cementinjektering i hårt berg (BeFo)" och "Hydrogeologi för bergbyggare (Formas)".

Vid utformningen av injektering beaktas SS-EN 12715.

E.1.3 Bergbult

E.1.3.2 Beständighet

E.1.3.2.1 Allmänt

I E.1.3.2 angivna rostskyddssystem får för ospända bergbultar av stål eller förspända bergbultar av stål med hållfasthet mindre än 800

MPa antas ge en teknisk livslängd av 120 år. Bergbultar med 120 års teknisk livslängd används lämpligen också där kravet är 80 års teknisk livslängd.

Rörbultar och friktionsbultar används normalt inte som permanenta förstärkningselement.

Rostskydd kan utgöras av ytbehandling eller täckande betongskikt.

De i E.1.3 angivna rostskyddssystem som består av varmförzinkning kombinerat med ett ytskydd av värmehärdad epoxi förutsätter följande:

- Att ett zinkskikts tjocklek uppfyller krav enligt SS-EN ISO 1461:2009, tabell 3.
- Att utvändiga gängor och muttrar uppfyller krav på varmförzinkning enligt SS-EN ISO 10684.
- Att epoxibeläggningen, för användning i korrosivitetsklass C5-M och korrosivitetsklass Im3 uppfyller krav på
 - slaghållfasthet, min 0,69 kg·m enligt ASTM D2794-93 vid provning på stålplåt med tjockleken 1 mm,
 - vidhäftning, klass 0 enligt SS-EN ISO 2409 vid ritsavstånd 2 mm
 - elasticitet, min 12 mm enligt SS-EN ISO 1519.

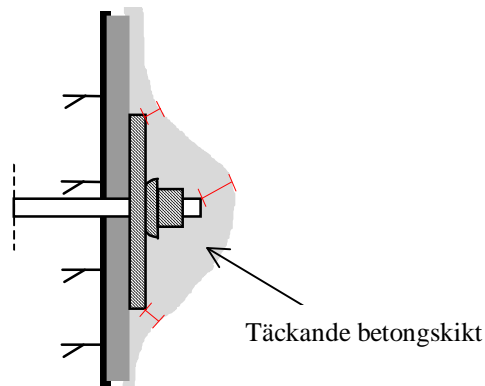
I en konstruktion belägen i vägmiljö eller i marin miljö kombineras stålfiberarmering inte med stångarmering på ett sådant sätt att fibrerna kommer i kontakt med stängerna. Risk för galvanisk korrosion kan då föreligga. Detta gäller dock inte för bergbult.

E.1.3.2.2 Rostskydd i trafikutrymme, sidoutrymme och utrymningsväg

Kraven på täckande betongskikt avser alla ståldetaljer i den samverkande förstärkningen, dvs. bricka, halvkula, mutter och bultände, se Figur E.1-1.

På en selektiv bult utan förankringsbricka och mutter avgörs kravet på korrosionsskydd av estetiska aspekter.

Lämpliga rostskyddssystem för luftexponerade bultar framgår av Tabell E.1-1, se även råd i punktlistan under avsnitt E.1.3.2.1.



Figur E.1-1 Täckande betongskikt vid ståldetaljer i samverkande förstärkning

Tabell E.1-1 Rostskyddssystem för luftexponerade bergbultar

Korrosivitetssklass enligt TRVK Tunnel, tabell FA-1 Och FA-2	C3	Varmförzinkning eller ett rostskyddssystem enligt SS-EN ISO 12944-5, system A3.13-EP(Zn)/AY.
	C4	Ett rostskyddssystem enligt SS-EN ISO 12944-5, system A4.15-EP(Zn)/EP/PUR eller system A7.11-EP/PUR.
	C5-M	Varmförzinkning kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi med skiktjocklek $\geq 80 \mu\text{m}$ eller ett rostskyddssystem enligt SS-EN ISO 12944-5, system A5M.06-EP(Zn)/EP/PUR.

E.1.3.2.3 Rostskydd i berg

I tabell E.1-2 ges exempel på rostskyddssystem som får antas uppfylla kraven för 120 års teknisk livslängd.

Tabell E.1-2 Rostskyddssystem för ingjutna bergbultar

Korrosivitetklass enligt TRVK Tunnel, tabell FA-3	Im1	I övrig miljö om en systematisk förinjektering är utförd eller vid berg som är så tätt att särskilda tätningsåtgärder inte behövs	Obehandlat stål samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt AMA,EBE.1171.
	Im3	I övrig miljö	Varmförzinkat stål samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt AMA,EBE.1171.
	Im3	I marin miljö eller i en miljö med för stål aggressivt vatten.	Varmförzinkat stål kombinerat med ytskydd av värmehärdad epoxi med skiktjocklek $\geq 80 \mu\text{m}$ samt ingjutning med cementbruk som uppfyller krav enligt AMA,EBE.1171.

E.1.4 Sprutbetong

Ur beständighetssynpunkt kan stålfiberarmerad sprutbetong i andra miljöer än vägmiljö utföras utan täckande sprutbetongskikt. Motiv för att i andra fall täcka över stålfiberarmerad sprutbetong kan vara att utstickande fibrer kan medföra att ytan rostfärgas och att drifts- och underhållsarbeten försvåras samt att utstickande stålfibrer kan orsaka personskador i t.ex. utrymningsvägar.

Fibertyp och fiberlängd har stor inverkan på betongens seghet och spricksäkerhet. Stålfibrernas längd anpassas därför till tjockleken på sprutbetonglagren.

E.2 Verifiering genom beräkning och provning

E.2.1 Förutsättningar

E.2.1.1 Allmänt

Ytförstärkning i tak utförs vanligen med sprutbetong.

E.2.1.2 Materialvärden

Karakteristiskt materialvärden för naturligt lagrad jord och övrig fyllning bestäms normalt som ett medelvärde.

Karakteristiska materialvärden för bergmassa kan bestämmas genom ett försiktigt valt medelvärde, högt eller lågt beroende på belastningssituation, och med ledning av dokumenterad och systematiserad erfarenhet. Mer än en metod eller ett system kan behöva tillämpas med hänsyn till deras olika tillämpningsområden och begränsningar.

För hydrauliska egenskaper och deras variationer ges vägledning för analys och tolkning av data i "Hydrogeologi för bergbyggare (Formas)".

E.2.1.4 Toleranser

Toleranser anges lämpligen minst för:

- Tunnelns bergtäckning.
- Avvikelse från teoretisk bergsektion.
- Borrhålsavvikelse.
- Förstärkningskonstruktion.
- Avstånd till närliggande byggnadsverk eller annan belastning.

Olika toleranser kan gälla beroende på arten av påverkan, t.ex. vibrationer eller grundvattensänkning.

E.2.2 Bärförmåga

Metoder för verifiering av bärförmåga anges i D.1.1.

Bergförstärkning kan dimensioneras genom tillämpning och sammanvägning av resultaten från olika dimensioneringsmetoder, till exempel analytiska, empiriska och numeriska metoder.

För svåra och komplexa förstärkningssituationer utförs lämpligen känslighetsanalyser med avseende på kritiska beräkningsparametrar, till exempel bergmassans deformations- och hållfasthetsegenskaper och primära spänningar.

E.2.3 Skydd mot inläckning av vatten och säkerhet mot frysning

För verifiering av skyddet mot inläckning av vatten hos bergtunnlar utan betonglining kan metoder baserade på observationsmetoden enligt SS-EN 1997-1 användas. Tillämpning av observationsmetoden på verifiering av skyddet mot inläckning av vatten hos bergtunnlar beskrivs i bilaga 104.

F Betong- och stålkonstruktioner

F.1 Allmänt

En tunnel i betong eller stål kan utföras över eller under grundvattenytan, s.k. "cut and cover", såväl platsgjutna som förtillverkade, eller under en fri vattenyta genom sammanfogning av nedsänkta element, s.k. sänktunnel. En tunnelvägg kan utföras som en platsgjuten betongvägg, slitsmur eller sekantpålevägg.

F.2 Utformning

F.2.1 Allmänt

En tunnelmonolit kan med vertikala gjutfogar delas upp i gjutetapper så att risken för sprickbildning på grund av värmeutveckling och avsvälning reduceras. För en betongkonstruktion som samverkar med berg är lämpligt avstånd mellan vertikala dilatationsfogar 6 - 8 m. För en betongkonstruktion som inte samverkar med berget är ett lämpligt avstånd mellan vertikala dilatationsfogar 8 - 12 m.

Om en horisontell gjutfog utförs mellan vägg och tunneltak beaktas krympningsskillnaden mellan delarna. Alternativt gjuts väggar och tak vid samma tillfälle med ett gjutuppehåll vid övergången mellan delarna.

F.2.2 Skydd mot inläckning av vatten och säkerhet mot frysning

En betong- eller ståltunnel förses vanligen med tätskikt på väggarnas och takets utsida.

Ett skydd mot frostpåverkan kan utföras som en dränerad omgivande fyllning med frostpassivt material eller som en separat isolering.

F.2.4 Beständighet

F.2.4.1 Betongkonstruktion

F.2.4.1.2 Skyddsimpregnering

För att undvika färgskillnader mellan behandlade och obehandlade ytor utförs en skyddsimpregnering inte bara på delar av en sammanhängande yta.

F.2.4.2 Stålkonstruktion

För en konstruktionsdel av stål som täcks med betong eller sprutbetong tillämpas tätskikt enligt exponeringsklasser för betongkonstruktioner.

Ett rostskyddssystem för en stålkonstruktion kan vid ytbehandling med hänsyn till atmosfärens korrosivitet utformas enligt AMA, GBD.1.

Vid användning av rostfritt stål kan EN 1.4462 (SS 14 23 77) enligt SS EN 10 088 eller motsvarande stål användas i korrosivitetsklass C5 M. I korrosivitetsklasserna C3 och C4 kan även stål EN 1.4436 (SS 14 23 43) enligt SS-EN 10 088 eller motsvarande stål användas.

En stålkonstruktion som ingår i ett bärande huvudsystem i marin miljö förses lämpligen med ett katodiskt skydd.

F.3 Verifiering genom beräkning och provning

F.3.1 Deformationer i undergrunden

Tillåtna deformationer i en vägtunnel bestäms med hänsyn till krav på vägbanans jämnhet och utformningen av fogar mellan monoliterna.

Tillåtna deformationer i en järnvägstunnel bestäms med hänsyn till krav på spårläge.

F.3.2 Säkerhet mot frysning

Tillkommande laster då omgivande jord eller berg fryser kan utgöras av istryck eller av förhöjda jordtryck.

G **Installationer i vägtunnlar**

G.1 **Allmänt**

System- och komponentval optimeras med hjälp av LCC-analyser.

Exempel på mekanisk påverkan är högtryckstvättning, tvättning med borste och vibrationer från trafik. Se B.1.

G.2 Styrning, övervakning och kommunikation

G.2.2 Styr- och övervakningssystem

G.2.2.1 Allmänt

Exempel på händelser som lämpligen ska kunna registreras är larm, öppnande av dörrar, pumpstarter, drift av fläktar och utlösta dvärgbrytare.

I en längre tunnel behövs samverkan mellan styrutrustningar i olika driftutrymmen. De funktioner som är gemensamma för fler än ett driftutrymme dubbleras och placeras i skilda utrymmen. Detta ger redundans och förhindrar att ett fel i ett driftutrymme slår ut funktioner i hela tunneln.

G.2.2.2 TV-övervakning

Ett TV-övervakningssystem som innehåller många kameror är lämpligen händelsestyrt så att bildöverföring till övervakningscentralen normalt endast sker vid incidenter, olyckor eller onormala driftförhållanden.

TV-kameror kan förses med bildanalysutrustning för detektering av incidenter, stillastående fordon, bränder etc.

Övervakning kan ske med infraröd-utrustning (IR) för sikt genom rök, dis, m.m

Användning av kameror för övervakning kan kräva länsstyrelsens tillstånd.

G.2.2.3 Givare och detektorer

För övervakning av en tunnels ventilation kan givare för mätning av kvävedioxid, kolmonoxid, luftflöde, trafikflöde och hastighet behövas.

Mätning av trafikens flöde och hastighet och av antal fordon av olika fordonslag kan krävas för trafikstyrningssystemets funktion eller för statistikändamål.

Registrering kan ske med t.ex. detektorslingor, detektering via TV-övervakning och bildanalys.

G.2.3 Larmanläggning och hjälptelefoner

G.2.3.1 Larmanläggning

Driftlarm indelas med avseende på krav på åtgärd och insatstid enligt följande:

- Larm som kräver omedelbar åtgärd.
- Larm som åtgärdas vid nästa ordinarie arbetspass för drift och underhåll.
- Larm som åtgärdas vid nästa planerade underhållsinsats, t.ex. vid tunnelavstängning.

G.2.3.2 Hjälptelefoner

En hjälptelefon utformas enligt prEN 1823 i tillämpliga delar.

G.2.3.3 Utrymningslarm

Följande typer av utrustningar kan användas:

- variabla informationsskyltar
- högtalare
- information i bilradio via radioinbrytning
- tändning av t.ex. blinkande ljus vid utrymningsdörrar

Fläktbuller kan medföra att normala akustiska larm inte kan användas.

G.2.4 Avstängningsanordningar

Styrsystemet för avstängning samordnas med infartssignaler och eventuella körfältssignaler.

G.3 Belysning

G.3.2 Belysning i trafikutrymme

G.3.2.1 Allmänbelysning

En ljus väggbeklädnad ger en högre luminans hos tunnelväggarna.

G.3.2.2 Reservbelysning i trafikutrymme

Reservbelysningen utgör ofta det lägsta steget i allmänbelysningen.

G.3.2.5 Nödutgångsbelysning

Vid beräkning TI för huvudtunnelns belysning beaktas armaturerna som används för att belysa nödutgång.

G.4 Kraftförsörjning

G.4.1 Allmänt

Reservkraft kan erhållas på flera sätt:

- kraftmatning från två oberoende eldistributionsnät
- kraftmatning från ordinarie eldistributionsnät kombinerat med en eller flera lokalt placerade generatorer, t.ex. dieselaggregat
- kraftmatning från ordinarie eldistributionsnät kombinerat med batterianläggning.

Val av reservkraftsystem görs med utgångspunkt från tunnelns trafikmängd, lokalisering, elkraftsbehov samt elkraftdistributionens pålitlighet.

Vissa funktioner kräver normalt avbrottsfri strömförsörjning, t.ex. funktion nr 1, 2, 3, 4, 5 och 6 enligt listan i TRVK Tunnel. Elcentraler och kopplingsskåp placeras lämpligen i för dessa speciella driftutrymmen.

En reservkraftanläggning med generatorer förses med utrustning för infasning mot elnätet för att möjliggöra en regelbunden funktionsprovning med belastning.

G.4.2 Utformning

Med förläggning skyddad mot brand avses en kabel som är avskild från brand i lägst brandteknisk klass EI60. En kabelkulvert i en vägbana uppfyller vanligen detta krav.

G.5 Ventilation

G.5.1 Allmänt

Vid utformning av ett ventilationssystem beaktas minst

- krav på luftkvalitet i tunnel,
- krav på utsläpp till omgivningen,
- krav på buller och vibrationer och
- krav på skydd mot brandgas- och brandspridning.

En längre tunnel med risk för köbildning kan behöva avluftning eller alternativt avluftning med lufttillsättning genom ventilationstorn utmed tunnelsträckningen.

Exempel på mekanisk påverkan är högtryckstvättning, tvättning med borste och vibrationer från trafik. Se B.1.

G.5.2 Utformning

G.5.2.1 Huvudfläktar

Huvudfläktarnas uppgift är att tillföra luft utifrån eller föra bort förorenad tunnelluft. Huvudfläktar indelas i avluftsfläktar och tilluftsfläktar.

En direktdriven axialfläkt används normalt som huvudfläkt.

Flödesreglering kan utformas på olika sätt:

- ställbara skovlar för steglös reglering
- ställbara skovlar för stegvis reglering
- varvtalsreglering med frekvensomformare
- tvåhastighetsmotorer

G.5.2.2 Impulsfläktar

Impulsfläktarnas uppgift är att ge ett tillräckligt luftflöde i trafikutrymmet när trafikens kolvverkan inte räcker till och att styra brandgaser i händelse av brand i trafikutrymmet. Luftflödet i trafikutrymmet kan varieras och styras dels genom att antalet impulsfläktar som är i drift varieras och dels genom att impulsfläktarna reverseras.

En direktdriven axialfläkt används normalt som impulsfläkt.

Impulsfläktar installeras normalt vid tunneltaket. Fläktarnas infästning i stativen utformas enhetligt för underlättande av underhåll, utbyte och reservdelshållning.

Fläktarna kan vid trånga inbyggnader förses med ställbara luftriktare för injustering av optimal verkan.

G.5.2.3 Uteluftintag

Lufthastigheten i ett schakt för uteluftintag bestäms med hänsyn till ljudkrav, vibrationskrav och andra faktorer som påverkar driften.

G.5.2.4 Avluftutsläpp

Utsläpp av avluft kan ske via en tunnelmynning eller via ett ventilationstorn.

Lufthastigheten i schakt för avluftutsläpp bestäms med hänsyn till ljudkrav, vibrationskrav och andra faktorer som påverkar driften.

G.5.2.5 Stoftavskiljare

För reduktion av stoftmängden i tunnelns luft för siktförbättring i tunneln samt för rening av tunnelns avluft för att skydda av omgivningen används lämpligen en anläggning med elektrostatfilter. En sådan anläggning omfattar grovavskiljare för grövre partiklar, elektrostatfilter med renspolningsutrustning och slamtankar samt vid behov fläktar.

En grovavskiljare kan användas för rening av tunnelluft för att skydda ett avluftsutsläpps omgivning.

Filterutrustningen installeras i anslutning till huvudfläktarna eller i ett separat utrymme.

G.6 Vatten, avlopp och dränering

G.6.1 Allmänt

För dimensionering av en vatten- och avloppsanläggnings hydrauliska egenskaper tillämpas "Hydraulisk dimensionering" (Vägverket) samt TRVK VÄG, kapitel 5. Dimensionerande för avvattningssystem i tunnlar är ofta flöden för spolvatten eller vatten från brandbekämpning.

Frostskydd av ledningar dimensioneras enligt "Rörbok - yttre rörledningar", avsnitt 4.1 (Svensk Byggtjänst).

Skydd mot frysning kan uppnås genom förläggning på frostfritt djup, förläggning i frostskyddat utrymme eller genom isolering. Vid dimensionering av isolering beaktas tillgänglig värme på isoleringens varma sida. Dimensionering med avseende på risken för frysning utförs enligt "Rörbok - yttre rörledningar", avsnitt 4.1 (Svensk Byggtjänst).

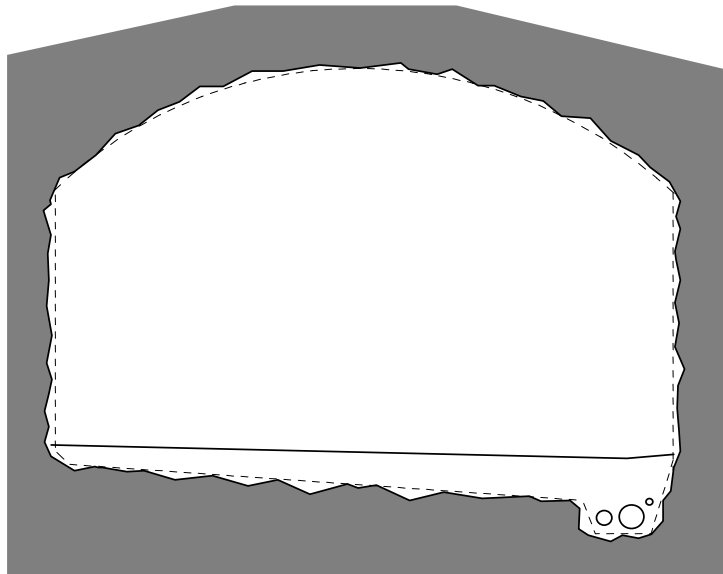
G.6.4 Dränering

G.6.4.2 Tunnel i berg

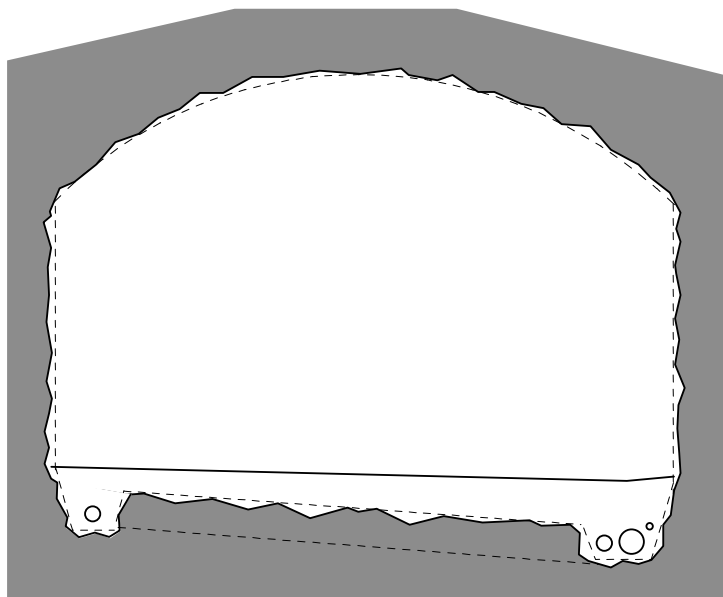
Dräneringen placeras normalt i en ledningsgrav längs ena tunnelväggen tillsammans med uppsamlingsledningen och andra ledningar.

Normalt är det tillräckligt med dränering på ena sidan av tunneln, se figur G.6-1. Vid stora inläckande vattenmängder eller där tunnelns tak och väggar förses med inklädnad kan hjälpdränering behövas, se figur G.6-2.

Vattnet leds med självfall ut ur tunneln eller till pumpstationer placerade i tunnelns lågpunkter.



Figur G.6-1 Dränering av tunnel i berg, relativt torra förhållanden, teoretisk sektion



Figur G.6-2 Dränering av tunnel i berg, relativt stor vatteninläckning eller inklädnad, teoretisk sektion

G.6.5 Avvattning

G.6.5.1 Allmänt

Avrinning anordnas mot den sida av en tunnel som inte har dörrar till utrymningsvägar. Om avrinningen ändå anordnas mot den sida som har dörrar till utrymningsvägar installeras dubbla brunnar, eventuellt

med rännor, uppströms ingången så att risken för att brinnande vätska passerar denna reduceras.

Lutningar och tvärfall väljs så att rinnvägarnas längd minimeras.

G.6.5.2 Avvattning av tunnlar avsedda att upplåtas för transporter av farligt gods

Kravet på att en brand inte ska kunna spridas in i utgående ledning anses uppfyllt om en brunn är försedd med ett vattenlås.

För att klara kravet på avrinningstid med två brunnar används lämpligen en dagvattenränna.

Kravet avser dimensionering av avvattningssystemet. De vätskemängder som står kvar vid mindre ojämnheter i vägytan, trafiklinjefärg etc. anses i detta sammanhang försumbara.

G.6.6 Avsättningsmagasin

Dagvatten leds till ett avsättningsmagasin där föroreningar avsätts innan vattnet leds till avloppsledning eller recipient.

H Installationer i järnvägstunnlar

H.1 Allmänt

Ett urval av andra publikationer med krav och råd avseende installationer och utrustningar ingående i järnvägssystemet (spåranläggning, elkraftförsörjning, trafikstyrning och trafikledning, kommunikationssystem och kanalisation) framgår av C.4.

H.3 Ventilation

H.3.1 Allmänt

Vanligen kan en järnvägstunnel utan stationsutrymmen eller liknande ventileras genom s.k. självventilation.

Vid utformning av ett eventuellt ventilationssystem beaktas minst

- krav på luftkvalitet i tunnel,
- krav på utsläpp till omgivningen,
- krav på buller och vibrationer och
- krav på skydd mot brandgas- och brandspridning.

För ett stationsutrymme beläget i eller i anslutning till en tunnel tas vid utredningen av ventilationsbehovet även hänsyn till de speciella geometriska förhållanden som detta innebär.

H.4 Vatten, avlopp och dränering

H.4.1 Allmänt

För dimensionering av en vatten- och avloppsanläggnings hydrauliska egenskaper tillämpas "Hydraulisk dimensionering" (Vägverket) samt TRVK VÄG, kapitel 5.

Frostskydd av ledningar dimensioneras enligt "Rörbok - yttre rörledningar", avsnitt 4.1 (Svensk Byggtjänst).

Skydd mot frysning kan uppnås genom förläggning på frostfritt djup, förläggning i frostskyddat utrymme eller genom isolering. Vid dimensionering av isolering beaktas tillgänglig värme på isoleringens varma sida. Dimensionering med avseende på risken för frysning utförs enligt "Rörbok - yttre rörledningar", avsnitt 4.1 (Svensk Byggtjänst).

H.4.2 Vattenförsörjning

Vattenförsörjningen kan t.ex. anordnas för att tillgodose behov för rengöring eller släckning.

H.4.4 Dränering

Beroende på behovet av dränering placeras dräneringen vid bara den ena sidoväggen eller vid båda sidoväggarna. Dräneringen utformas med hänsyn till schaktbottnens utformning och den mängd vatten som förväntas läcka in. En rensbrunn brukar normalt ha en diameter på 200 - 300 mm. Vattnet leds med självfall ut ur tunneln eller till pumpstationer placerade i tunnelns lågpunkter.

H.4.5 Magasin

Erforderlig magasinvolym kan baseras på aktuella vagnstorlekar.

Bilaga 101 Litteraturförteckning

101.1 Författningar

101.1.1 Allmänt

Författningar utgörs av lagar, förordningar och myndighetsföreskrifter. För författningar hänvisas alltid till grundförfattningen. Vid utförandet gäller dock även alltid alla författningar med andra författningsnummer än grundförfattningen som är ändringsförfattningar till den angivna grundförfattningen.

Anbud ska baseras på grundförfattningen och de ändringsförfattningar som utgivits vid förfrågningsunderlagets datum.

101.1.1 Grundförfattningar

	Författningsnummer
Boverkets Byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR	BFS 2011:6
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar	BFS 2007:11
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)	BFS 2011:10
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar	BFS 2007:11
Föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, (RID-S)	MSBSF 2011:2
Förordning om säkerhet i vägtunnlar	SFS 2006:421
Järnvägsstyrelsens föreskrifter om tekniska specifikationer för driftkompatibilitet vad gäller säkerhet i järnvägstunnlar (TSD säkerhet i järnvägstunnlar)	JvSFS 2008
Lag om säkerhet i vägtunnlar	SFS 2006:418

Luftkvalitetsförordningen	SFS2010:477
---------------------------	-------------

Miljöbalken	SFS 1998:808
-------------	--------------

101.2 Publikationer

101.2.1 Trafikverket

	Publ.nr. /År
Handbok för vägtrafikens luftföroreningar	2009
TRVK Bro	TRVK Bro 11 2011:085
TRVK Tunnel	TRVK Tunnel 11 2011:087
TRVR Tunnel	TRVR Tunnel 11 2011:088
TRVK Väg	TRVK Väg 11 2011:072
Kemiska produkter - granskningskriterier och krav för Trafikverket	TDOK 2010:310
Kemiska produkter - granskning av märkningspliktiga kemiska produkter	TDOK 2010:311

101.2.2 Vägverket

	Publ.nr./ År
Explosionslaster vid betongtunnlar, Anvisningar för projektering av Ringen och Yttre Tvärleden, ANV 0187	1997
MKB-GEO. Mark- och vattenaspekter i miljökonsekvensbeskrivningar för vägar	1996:72
Vägar och gators utformning, VGU	2004:80

Bestämning av jords hållfasthets- och deformationsegenskaper	2008:78
--	---------

VVMB 301 Beräkning av tjällyftning	2001:101
------------------------------------	----------

VVMB 310 Hydraulisk dimensionering	2008:61
------------------------------------	---------

101.2.3 Banverket

	Publ. nr. (senast uppdaterad)
Aerodynamik i järnvägstunnlar	BVH 585.35 (2008)
Axellaster	BVF 586.60 (1996)
Bro- och plattformsritningar	BVH 583.40 (2008)
Detektorer. Hantering av larm från stationära detektorer för övervakning av järnvägsfordon	BVF 592.11 (2009)
Elkraftanläggningar. Elutrustningar i tunnlar.	BVS 543.11810 (2011)
EMC-krav på elektroteknisk utrustning i Banverkets anläggningar	BVS 560.1101 (2011)
Fritt utrymme utmed banan	BVF 586.20 (1998)
Jordning och skärmning i Trafikverkets järnvägsanläggningar	BVS 510 (2011)
Kabelkanalisation	BVS 1525.7 (2010)
Kabelkanalisation	BVH 1525.7 (2010)

Personsäkerhet i järnvägstunnlar Handbok för analys och värdering av personsäkerhet i järnvägstunnlar	BVH 585.30, (2007)
Projektering av bergtunnlar, Dimensionering av det bärande huvudsystemet	BVH 1585.36 (2009)
Skarvfritt spår. Regler för byggande och underhåll	BVF 586.10 (2007)
Skyddsräler. Regler för anordnande och konstruktiv utformning.	BVF 586.65 (1995)
Spårgeometrihandboken	BVH 586.40 (1996)
Telesystem. Radiotäckning i tunnlar	BVS 545.40401 (2003)
Teknikhus. Övergripande minimikrav för projektering och byggande av teknikhus	BVS 517.1000 (2004)
Tillåten hastighet mht spårets geometriska form.	BVF 586.4 (1996)
Typsektioner för banan med hänvisningar till BVH 581.16	BVH 585.31 (2002)

101.2.4 Övriga

BeFo	Publ. nr./År
Eurokod 7 - Hur påverkas dimensionering av bergkonstruktioner	2006
Geohydrologiska förundersökningar i berg	86:1/86 1986
Cementinjektering i hårt berg	2005
Boverket	
Utrymningsdimensionering	2006

Formas	
Hydrogeologi för bergbyggare	T2:2009
Nordiska vägtekniska förbundet	
Ventilation av vägtunnlar	1993
Naturvårdsverket	
Luftguiden. Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft	2011:1
Externt industribuller - allmänna råd	RR 1978:5
Skorstenshöjd - beräkningsmetod. (Allmänna råd)	AR 90:3
Statens geotekniska institut	
Termiska egenskaper i jord och berg	1991
Statens vegvesen	
Vegtunneler, handbok 021	2010
Svensk Byggtjänst	
Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten för anläggningsarbeten	Anges i FU
Allmän material- och arbetsbeskrivning för eltekniska arbeten	Anges i FU
Allmän material- och arbetsbeskrivning för VVS-tekniska arbeten	Anges i FU
Rörbok – yttre rörledningar	1983
Svenska Betongföreningen	
Betong och brand – Rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner, rapport nr 16	2011
Svenska Brandskyddsföreningen	

Regler för automatisk brandanläggning, SBF 110	2001
--	------

Transportstyrelsen

KOMMISSIONENS BESLUT av den 20 december 2007 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "Säkerhet i järnvägstunnlar" i det transeuropeiska järnvägssystemet för konventionella tåg och höghastighetståg (2008/163/EG)	2008
---	------

101.2 Standarder

101.2.1 Allmänt

Hänvisning till standarder sker genom att standardens beteckning anges.

Om det inte i en myndighetsföreskrift eller i AMA anges att en speciell utgåva ska gälla ska den utgåva som gällde vid förfrågningsunderlagets datum tillämpas.

TRVR Tunnel får anses vara baserad på de utgåvor som gällde tre månader för utgivningen av TRVR Tunnel.

101.2.2 Svensk standard

SS-EN 1363-1	Provning av brandmotstånd - Del 1: Allmänna krav
SS-EN 1363-2	Provning av brandmotstånd - Del 2: Alternativa och kompletterande metoder
SS-EN ISO 1461:2009	Oorganiska ytbeläggningar - Beläggningar bildade genom varmförzinkning på järn- och stålföremål - Specifikationer och provningsmetoder
SS-EN ISO 1519	Färg och lack - Bestämning av flexibilitet med cylindriskt dorn
SS-EN 1990 - SS-EN 1999	Se TRVK Tunnel, A.1.2.3.2.
SS-EN ISO 2409	Färg och lack - Ritsprov
SS-EN 10088	Rostfria stål (flera delar)

SS-EN 10684	Fästelement - Varmförzinkning av fästelement
SS-EN 12715	Utförande av geokonstruktioner - Injektering
SS-EN ISO 12944-5	Färg och lack - Korrosionsskydd av stålstrukturer genom målning - Del 5: Rostskyddssystem
SS-EN 15528	Järnvägar - Linjeklasser för hantering av samverkan mellan fordons axellaster och infrastruktur
SS 14 23 43 Utgåva 14	Rostfritt stål – SS-stål 23 43
SS 14 23 77 Utgåva 4	Rostfritt stål – SS-stål 23 77

101.2.3 Utländsk standard

ASTM D2794-93 (2010)	Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)
-------------------------	--

Bilaga 102 Beteckningar, förkortningar och definitioner

102.1 Beteckningar och förkortningar

AMA	Allmän material- och arbetsbeskrivning, se TRVK Tunnel, A.1.2.3.3.
GK	Geoteknisk kategori
VGU	Vägars och gators utformning, Publikation utgiven av Vägverket och Svenska Kommunförbundet.
HHQ	Högsta högvattenföring
HHW	Högsta högvattennivå
ITV	Intern television
LLQ	Lägsta lägvattenföring
LLW	Lägsta lägvattennivå
MHQ	Medelhögvattenföring
MHW	Medelhögvattennivå
MLQ	Medellägvattenföring
MLW	Medellägvattennivå
MQ	Medelvattenföring
MW	Medelvattennivå
RUK	Räls underkant
RÖK	Räls överkant
SGF	Svenska Geotekniska Föreningen
Stvm	Största vikt per meter
STAX	Största tillåtna axellast
TLK	Teknisk livslängdsklass
TRVAMA	Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA. Se TRVK Tunnel, bilaga 101.1.2

TSD tunnel-säkerhet	Se TRVK Tunnel, C.2.1
UPS	Avbrottsfri kraftförsörjning (Uninterruptible Power Supply)
ÅDT	Årsdygnstrafik
BVF	Banverkets föreskrift
BVH	Banverkets handbok
BVPO	Banverkets policy
BVS	Banverkets standard

102.2 Definitioner

Angreppsväg	En väg inom en tunnelanläggning från den punkt där räddningsarbetet inleds till den plats där räddningsarbetet genomförs. <i>ANMÄRKNING:</i> Trafikutrymme, utrymningsväg eller sidoutrymme kan användas som angreppsväg.
Anläggningsdel	En del i en anläggning som genom sin funktion kan avgränsas från andra delar. Exempel på anläggningsdelar framgår av figur 102.2-2 till 102.2-5.
Anslutande stödkonstruktion	En stödkonstruktion med längd högst 10 m, eller en högst 10 m lång del av en stödkonstruktion, som i ena änden ansluter mot en bro eller en annan konstruktion som inte är eftergivlig.
Arbetsbeskrivning	En beskrivning som anger ett utförande av en konstruktion eller konstruktionsdel.
Arbetsritning	Ett gemensamt begrepp för sammanställningsritning, översiktsritning samt detaljritning samt standard- och gruppritningar.
Avloppsvatten	I en tunnel ett samlingsnamn för avloppsvatten i vanlig mening samt brand-, dag- och spolvatten.
Bankropp	Benämning som omfattar banöverbyggnad och banunderbyggnad (se BVH 585.31).

Bankpålning	Grundförstärkning bestående av pålar med eller utan pålplattor under en väg- eller järnvägsbank.
Bergkonstruktion	En konstruktion där bärförmågan ges av hållfasthet i bergmassa med förstärkningar. Exempel på bergkonstruktioner är bergtunnlar och bergslänter.
Bergtunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet enbart utgörs av bergmassan eller av bergmassa och en förstärkningskonstruktion i samverkan.
Bergmassa	Tekniskt enhetlig volym berg som kan inrymma olika bergarter, sprickor, slag och grundvatten.
Beskrivning	Ett dokument som anger krav avseende material, utförande och kontroll av en konstruktion eller konstruktionsdel.
Betongtunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet i huvudsak består av en betongkonstruktion.
Brandcell	En begränsad del av en anläggning (byggnad) inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av anläggningen (byggnaden).
Bärande huvudsystem	Anläggningsdelar, inklusive berg och jord, som säkerställer en tunnels bärförmåga, stadga och beständighet samt fribärande trafikbelastade anläggningsdelar.
Dagvatten	Ytvatten som härrör från nederbörd.
Detaljritning	En ritning, som visar en konstruktion eller konstruktionsdel och är så detaljerad att det går att uppföra konstruktionen eller konstruktionsdelen efter den.
Dimensioneringsunderlag	Redovisning av de förutsättningar som utgör underlaget för dimensioneringen.
Driftförstärkning	Tillfällig bergförstärkning vid drivningen av en tunnel för att säkerställa säkerheten för arbetare och maskiner.
Drift- och underhållsplan	En handling som beskriver hur anläggningen ska drivas, skötas och underhållas med hänsyn till kraven på beständighet, driftsäkerhet,

	energihushållning, påverkan på hälsa och miljö, trafiksäkerhet etc.
Driftutrymme	Utrymmen för elcentraler, undercentraler för styr- och övervakningssystem, VA-utrymmen, fläktstationer, luftutbytesstationer och liknande utrymmen. Även Personalutrymmen och erforderliga utrymmen för inspektion är driftutrymmen. Ett driftutrymme är ett sidoutrymme.
Drän	Se Vatten- och frostsäkring.
Dräneringsvatten	Vatten från omgivande jord och berg som har läckt in i en tunnelanläggning och som avleds i dräneringsledningar eller -diken.
Exceptionell händelse	Förhållanden som är exceptionella för ett bärverk eller dess exponering, inklusive brand, explosion, påkörning eller lokalt brott. Ett bärverk dimensioneras för exceptionella händelser enligt de regler som gäller för exceptionella dimensioneringssituationer.
Fläktventilation	Ventilation med ett fläktstyrt luftflöde.
Fri vattenyta	Vattenyta för hav, sjö eller annat vattendrag.
Förundersökningsrapport	En redovisning av insamlad information om jord, berg och vatten.
Genomsikt	Att tunneln har en sådan linjeföring att en förare av ett fordon som närmar sig tunneln kan förväntas upptäcka en olycka i tunneln på ett sådant avstånd från tunnelmynningen att föraren kan stanna fordonet före tunnelmynningen.
Inklädnad	Inklädnad av ytor i väggar och tak i en bergtunnel. ANM: En inklädnad kan utgöra - en vatten- och frostsäkring - en förstärkning av bergets yta på ett bärande huvudsystem av berg - en estetisk och tvättbar vägg- och takbeklädnad. En inklädnad som utnyttjas som bergförstärkning betraktas som en del i det

	bärande huvudsystemet. Övriga inklädnader betraktas som inredning.
Inredning	Anläggningsdelar som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem. ANM: Exempel på inredningar är innertak, innerväggar och inklädnader som inte ingår i ett bärande huvudsystem.
Invändig tunnel-kontur	Begränsningsyta som omger det faktiska fria utrymmet, det vill säga insida (sida mot tunnelmitt) betongkonstruktion, förstärkning, vatten- och frostsäkring etc. Synonymt med färdig tunnelkontur. I en bergtunnel utan inklädnad utgör bergets yta invändig tunnelkontur.
Installation	Utrustning för energiförsörjning, signalöverföring eller medietransport samt vägskyddsanordningar. ANM: Exempel på installationer är ventilationsanläggningar, VA-anläggningar, belysningsanläggningar, utrustning för övervakning och styrning samt utrustning för el, VVS, tele- och radiokommunikation.
Karteringsritning för tunnel i berg	En relationsritning som redovisar resultatet av bergkarteringar efter sprängning samt slutligt utförda förstärknings- och tätningsåtgärder.
Kontrollerande enhet	En organisatorisk enhet med ansvar för anläggningsstyrning för tunnlar inom ett verksamhetsområde i Trafikverket.
Kontrollplan för tilläggskontroll	En kontrollplan som anger omfattning av den tilläggskontroll som ska utföras. ANM: Tilläggskontroll enligt BFS 2010:11, avdelning A, §, 17 .
Längsventilation	Ventilation av trafikutrymmet enbart genom luftströmmar i tunnelns längdled.
Naturlig ventilation	Ventilation som orsakas av vindar och höjdskillnader samt av kolvverkan från trafiken.
Nödbelysning	Belysning för att möjliggöra och underlätta utrymning.

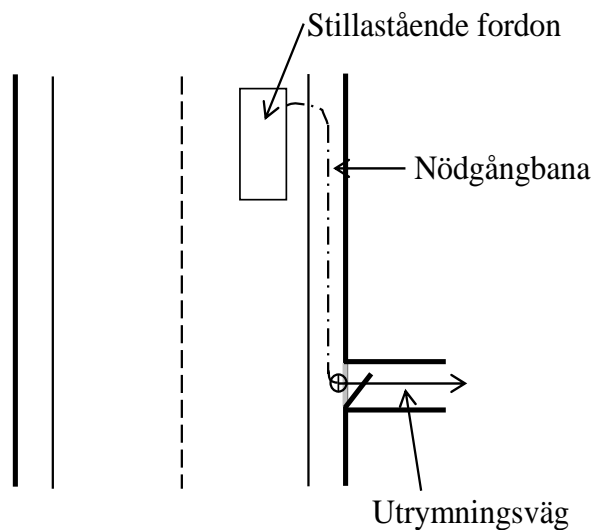
Nödgångbana (för vägtunnel)	En del av ett trafikerat område som är särskilt utformat för att utrymningsvägar ska kunna nås. Se figur 102.1. I VGU benämns nödgångbana för nödväg.
Nödutgång (i järnvägstunnel)	Lateralt eller vertikalt anordnade utrymningsvägar från en tunnels trafikutrymme till markytan. (Definition enligt TSD tunnelsäkerhet)
Referenshastighet	Se VGU.
Reservbelysning	Reservbelysning är belysning som är tänd vid strömvabrott.
Räddningsrum (för vägtunnel)	Ett brandavskilt utrymme, avsett för personer att tillfälligt vistas i vid utrymning om de är förhindrade att använda en utrymningsväg. Ett räddningsrum betraktas som en del av en utrymningsväg. Räddningsrum motsvaras i BFS 2007:11 av skyddsrum. Räddningsrum motsvaras i BFS 2011:6, 5.31 av säker flyktplats.
Räddningsväg	Särskild väg som kompletterar andra vägar så att räddningsfordon kan komma så fort fram och så nära en olycksplats som möjligt.
Sammanställningsritning	En arbetsritning, som visar en tunnel i dess helhet.
Semitransversell ventilation	Vid semitransversell ventilation är trafikutrymmet delvis längsventilerat och delvis tvärventilerat.
Sidoutrymme	Utrymme i en tunnelanläggning som inte är ett trafikutrymme eller en utrymningsväg.
Spolvatten	Vatten som används för rengöring av vägbana och inredning.
Styrenhet	En anordning som samlar in indikeringar och mätvärden från anslutna objekt samt överför styrorder till de installationer som styrs. ANM: I en styrenhet ingår logik, automatik och sekvensvillkor för de anslutna objekten.

Ståltunnel	En tunnel där det bärande huvudsystemet i huvudsak utgörs av en stålkonstruktion.
Säkerhetskoncept	En beskrivning av tekniska och administrativa åtgärder för att minska sannolikheten för och konsekvenserna av olyckor till en för objektet godtagbar nivå.
Säkerhetsutrustning	Ett samlande begrepp för utrustning som ökar säkerheten vid användning. ANM: Exempel på säkerhetsutrustning är hjälptelefoner, installationer ingående i ett automatiskt brandlarm samt orienteringsritningar för utrymning eller räddningstjänst.
Säker plats (för järnvägstunnel)	En plats i eller utanför en tunnel där alla följande kriterier uppfylls: <ul style="list-style-type: none">– Miljön är inte livshotande– Platsen är tillgänglig för personer med eller utan hjälp– Personer kan genomföra självräddning om möjlighet finns eller vänta på att bli räddade av räddningstjänst enligt förfaranden som anges i räddningsplanen.– Det ska gå att kommunicera, antingen via mobiltelefon eller via fast förbindelse, med infrastrukturförvaltarens trafikledningscentral. (Definition enligt TSD tunnelsäkerhet)
Teknisk livslängd	En tidsperiod under vilken ett byggnadsverk eller en del av ett byggnadsverk med normalt underhåll kan utnyttjas för avsedd funktion.
Teknisk livslängdsklass (TLK)	Klass för att ange krav på teknisk livslängd där siffervärdet anger antal år som förväntas uppnås med 90% sannolikhet. Medelvärdet antas vara minst 25 % större än det angivna siffervärdet.
Teoretisk invändig tunnelkontur	Teoretisk begränsningsyta som omger det avsedda fria utrymmet i tunneln, det vill säga insida (sida mot tunnelmitt) betongkonstruktion, förstärkning, vatten- och frostisolering, etc.

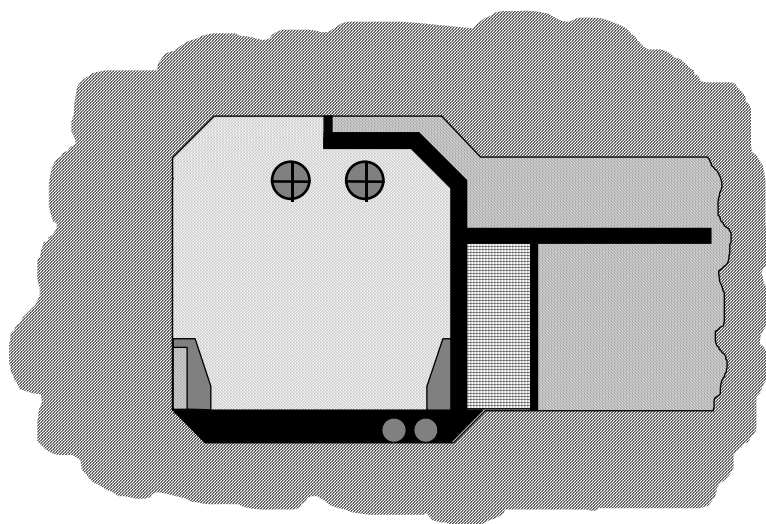
Teoretisk tunnelkontur	Teoretisk berg- eller jordyta som omger tunneln, det vill säga utsida betongkonstruktion, förstärkning, dräner, frostisolering etc.
Tilläggskontroll	Den specifika kontroll som ska ske av <ul style="list-style-type: none">– konstruktionsdetaljer som har avgörande betydelse för konstruktionens bärförmåga, stadga och beständighet– konstruktionsdetaljer med speciellt utförande– omgivningens påverkan. För tilläggskontrollen ska en plan upprättas. (Enligt BFS 2011:10, Avd A, 17§.)
Trafikutrymme	Det utrymme som upplåts för allmän trafik eller tågtrafik. Utrymmet begränsas av dess fysiska avgränsningar, t.ex. av bergväggar, inklädnader, dörrar i utrymningsväg eller likvärdigt.
Tunnel	En för trafik anordnad passage som omges av berg, jord, vatten eller konstruktioner och som mynnar i dagen eller som förbinder utrymmen under mark med varandra eller med dagen. I TRVK Tunnel och TRVR Tunnel avses i vissa sammanhang den kompletta tunnelanläggningen.
Tunnelklass	En klass som anger standarden på säkerhetsutrustningen i en vägtunnel. ANM: Tunnelklass används för att ge samma säkerhetsnivå i tunnlar oberoende av längd och trafikflöde.
Tunnelns längd	Det längsta körfältets eller järnvägsspårets längd i den helt inneslutna delen.
Tvärventilation	Ventilation av trafikutrymmet genom luftombyte via till- och frånluftsöppningar som fördelats i tunnelns längdled.
Utrymmen	Funktionsavgränsade utrymmen som ingår eller kan ingå i en tunnel. Exempel på utrymmen framgår av







	figurerna 102.2-2 - 102.2.5.
Utrymning	En process som innebär att samtliga personer förflyttas till det fria eller till ett räddningsrum eller en säker plats.
Utrymningstid	Den tid som erfordras för utrymning av trafikutrymmet.
Utrymningsväg (i vägtunnel)	Särskilt anordnad väg för utrymning i händelse av olycka.
Utrymningsväg (i järnvägstunnel)	Gångbanor i tunnelns längdriktning för utrymning. (Enligt TSD tunnelsäkerhet)
VA-anläggning	Vattenförsörjnings- och avloppsanläggningar samt anläggningar för dränering av en vägkonstruktion eller en järnvägsbank.
Vatten- och frostsäkring	System för uppsamling och bortledning av vatten som läcker in i tunneln samt frostisolering vid en bergtunnels tak- och väggyta. ANM: Termen drän (tak- och väggdrän) används också med denna betydelse.
Vägmiljö	Med vägmiljö avses ett område påverkat av tössalter från en vägbana. För en vägtunnel anses vägmiljö råda på hela tunnelns höjd i de delar av trafikutrymmet som är belägna inom 300 m från tunnelinfarten eller 100 m från tunnelutfarten. I mellanliggande del begränsas vägmiljöns utsträckning till 1,0 m över vägbanans nivå. Se figur 102.2-6.
Vägutrustning	Väganordningar som är avsedda för skydd, belysning, trafikstyrning eller information. ANM: Till vägutrustning räknas vägräcken, stängsel, barriärer, krockskydd, vägmärken, trafiksignaler, belysningsanordningar, bullerskydd, hjälptelefoner och bländskydd.
Ytförstärkning (av berg)	Heltäckande förstärkning av bergytan för att förhindra nedfall av löst berg.
Översiktsritning	En ritning som visar läge, gränsytor mot

anslutande system samt principiell
uppbyggnad och funktion för ett system.

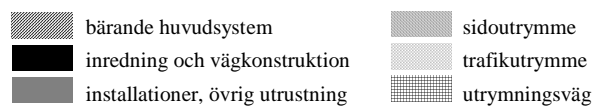
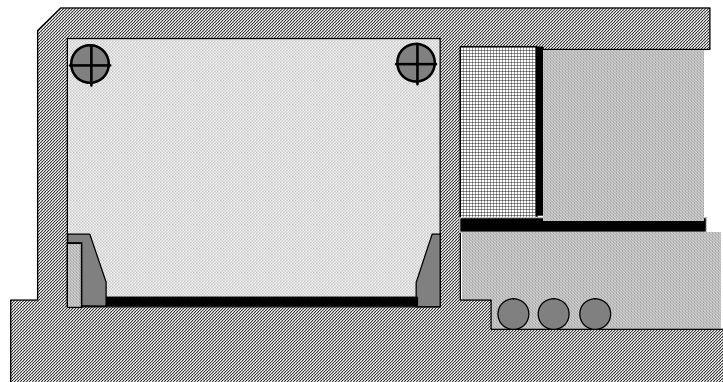


Figur 102.2-1 Nödgångbana och utrymningsväg i en vägtunnel

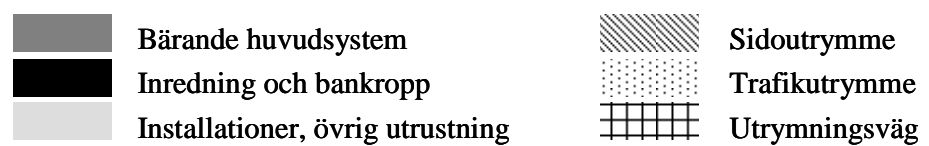
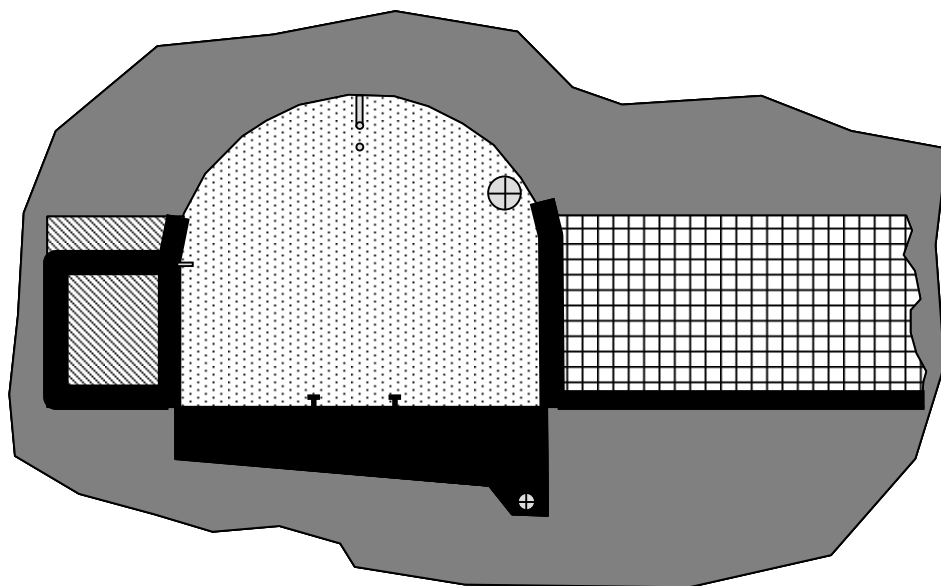


- | | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
|  | bärande huvudsystem |  | sidoutrymme |
|  | inredning och vägkonstruktion |  | trafikutrymme |
|  | installationer, övrig utrustning |  | utrymningsväg |

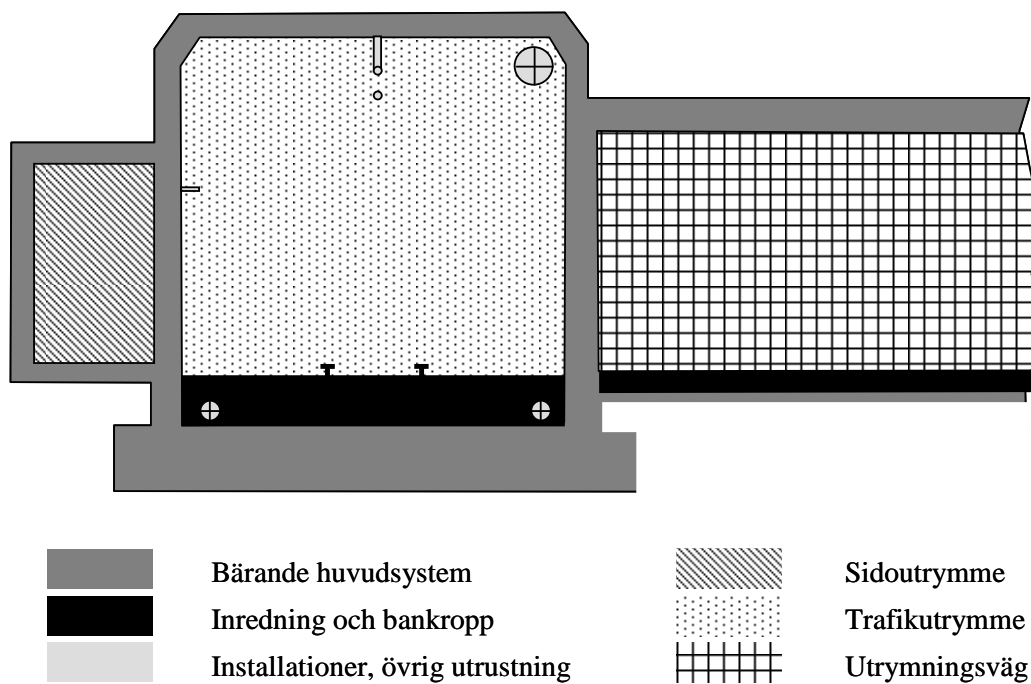
Figur 102.2-2 Exempel på delar och utrymmen i en bergtunnel för väg



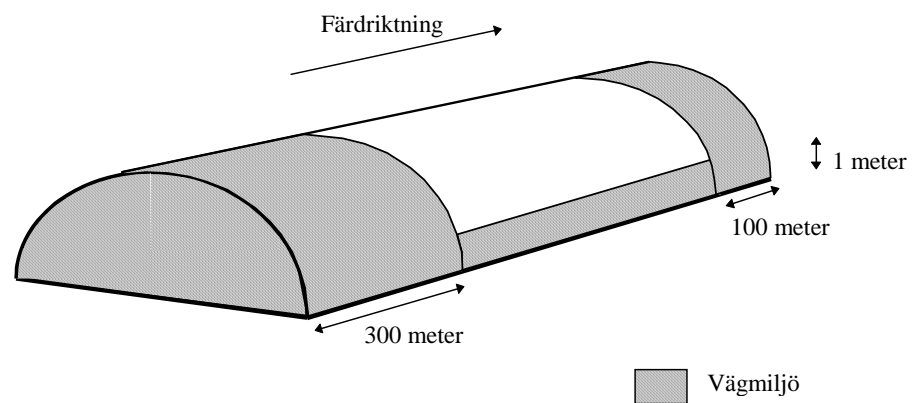
Figur 102.2-3 Exempel på delar och utrymmen i en betongtunnel för väg



Figur 102.2-4 Exempel på anläggningsdelar och utrymmen i en bergtunnel för järnväg



Figur 102.2-5 Exempel på anläggningsdelar och utrymmen i en betongtunnel



Figur 102.2-6 Vägmiljö i trafikutrymmet i en vägtunnel

Bilaga 103 Vägledning till byggherren vid upprättande av en bygghandling

103.1 Allmänt

I bilaga 103 ges vägledning beträffande utredningar som görs under ett tunnelprojekts tidiga skeden. Vid upphandling av en detaljprojektering eller en entreprenad arbetas resultatet av utredningarna in i förfrågningsunderlaget.

TRVK Tunnel, bilaga 2 anger objektspecifika byggherreval i anslutning till TRVK Tunnel. I arbete med att ta fram ett förfrågningsunderlag ingår att gå igenom TRVK Tunnel, bilaga 2 på ett systematiskt sätt så att ställning tas till de valmöjligheter som är relevanta i projektet. De objektspecifika byggherrevalen täcker dock bara in en liten del av den objektspecifika information som behöver förmedlas till den som ska utföra detaljprojekteringen eller lämna anbud på en entreprenad.

Syftet med utredningar i tidiga skeden är bl.a. att klarlägga förutsättningar och krav som inte anges i regelverk. I utredningsarbetet ingår kontakter med andra berörda myndigheter. De utredningar som utförs i ett tidigt skede bör minst omfatta de för den aktuella tunneln gällande förutsättningarna beträffande

- trafikförutsättningar, trafikteknisk standard och trafikanalys,
- säkerhetskoncept och riskanalys,
- brandskydd,
- luftkvalitet i tunneln och i omgivningen,
- driftsäkerhet,
- säkerhet mot åverkan,
- behov av sidoutrymmen.

103.2 Utredningar avseende trafikförutsättningar

103.2.1 Vägtunnel

103.2.1.1 Tunnelklass

Vägtunnlar utformas och dimensioneras i någon av tunnelklasserna TA, TB eller TC. Tunnelklasserna är ett komplement till den indelning i tunnellängder och trafikflöden som finns i "Lag om säkerhet i vägtunnlar" (SFS 2006:418), "Förordning om säkerhet i vägtunnlar" (SFS 2006:421) och "Boverkets föreskrifter (BFS 2007:11) och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar".

Tunnelklass TC är en basstandard som ska uppfyllas av alla tunnlar. Tunnlar som uppfyller krav för tunnelklass TC kan upplåtas för transporter av farligt gods enligt avsnitt 103.2.1.3.2.

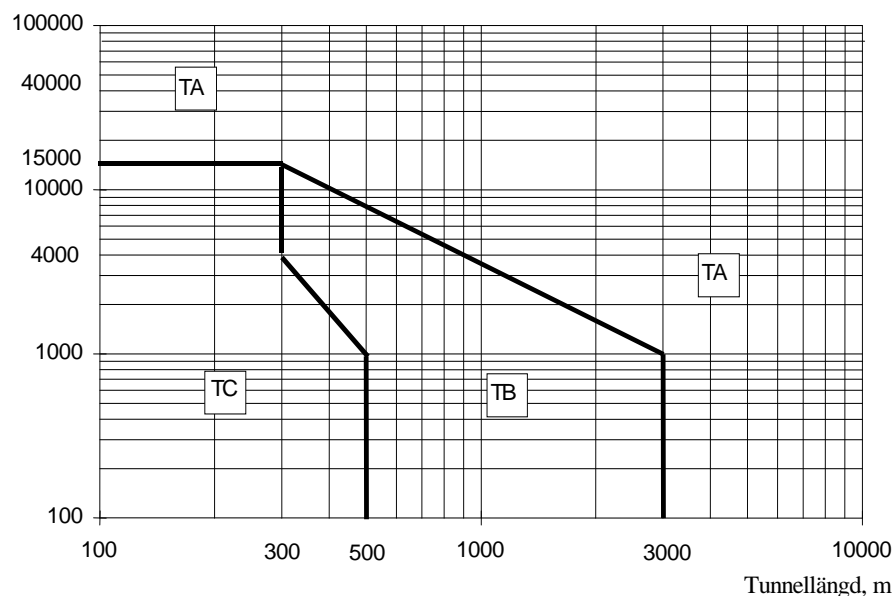
Tunnelklass TA och TB innebär en högre standard beträffande styrnings- och övervakningssystem och är främst avsedda för högtrafikerade tunnlar samt tunnlar med komplicerade trafiklösningar eller då tunnelns längd är stor.

Tunnelklass och behov av trafikövervakning, information och styrning utvärderas i samband med riskanalysen.

Tunnelklass bestäms som TC, TB eller TA och med följande metodik:

- bestäm dimensionerande årsdygnstrafik ÅDT-DIM, se VGU del Dimensioneringsgrunder
- bestäm tunnelns längd.
- välj förslag till tunnelklass enligt figur 103.2-1.

Trafikflöde per tunnelrör ÅDT-DIM



Figur 103.2-1 Tunnelklass för tunnelrör

Vid följande förutsättningar höjs tunnelklassen lämpligen med ett steg:

- Hög frekvens av tunga transporter, särskilt transporter med farligt gods.
- Gång- och cykeltrafik eller långsamgående trafik i tunneln.

Vid följande förutsättningar väljs lämpligen minst tunnelklass TB:

- Plankorsningar eller av- och påfarter i tunneln.
- Svår linjeföring.
- Tunnel belägen i fritt vatten.

Vid enkel linjeföring eller kort tunnel kan det övervägas att sänka tunnelklassen.

Exempel på lämpliga kompletteringar av trafikövervakningsfunktioner, trafikinformationssystem, styrningssystem, övervakningsfunktioner eller förstärkning av brandskydd är:

- Hastighetsdetektering.
- Ködetektering med automatiskt larm om köbildning och kövarningssystem.
- Emissionsdetektering med larm om hög nivå.
- Radio eller högtalare.
- VMS-skyltar för t.ex. omledning av trafik.
- Kövarningssystem.
- Utrustning för att stoppa fordon med högst 1000 m mellanrum.
- Automatisering av ytterligare övervakningsfunktioner.
- Förstärkt brandskydd som t.ex. kortare avstånd mellan angrepps- och utrymningsvägar.

103.2.1.2 Trafikteknisk standard

En utredning av trafikteknisk standard bör minst ange

- referenshastighet,
- separeringsform,
- sektion-, linjeförings- och korsningsstandard,
- krav på belysning och visuell ledning,
- åtgärder för personer med funktionsnedsättning,
- tunnelklass med behov av trafikövervaknings-, trafikinformations- och trafikstyrningssystem samt nivå på brandbekämpning och utrymning,
- behov av anordningar och utrymmen för drift och underhåll,
- typ av ventilation och
- säkerhetskoncept.

En trafikanalys utförs enligt VGU, del Dimensioneringsgrunder.

103.2.1.3 Trafikanalys

103.2.1.3.1 Allmänt

För en tunnel utreds

- för vilka transporter av farligt gods tunneln ska utformas och dimensioneras,
- om gång- och cykeltrafik eller långsamgående trafik ska tillåtas samt
- för vilken trafiksituation emissionsberäkningar ska utföras.

103.2.1.3.2 Transporter av farligt gods

Vilka klasser av farligt gods som kommer att transporteras i tunneln utreds. Farligt gods klassificeras beroende på explosivitet, brandfarlighet, giftighet etc.

103.2.1.3.3 Långsamgående trafik

För tunnlar där gång- och cykeltrafik eller långsamgående trafik tillåts utreds eventuella speciella krav på separering, belysning och ventilation med anledning av detta.

103.2.1.3.4 Trafiksituation för emissionsberäkningar

Delar av de utredningar av emissioner och ventilation som krävs i TRVK Tunnel utförs lämpligen i tidiga skeden.

103.2.1.3.5 Referenshastighet

Referenshastigheten väljs enligt VGU. Anläggningskostnader för tunnlar är dock så höga att en sänkt referenshastighet kan vara lämplig.

103.2.1.3.6 Typsektion

Typsektioner väljs enligt VGU med följande tillägg.

Typsektion väljs i samordning med val av trafikövervakningssystem, informationssystem och trafikstyrningssystem. Trafikövervakning med heltäckande detektering av stillastående fordon, automatlarm och körfältssignaler kan medföra ett minskat behov av vägren, haverifickor etc. för uppställning. Behovet utreds i riskanalysen.

Vid val att typsektion beaktas också vilka maskiner för driftarbeten som kommer att finnas tillgängliga vid andra tunnlar och vilka egenskaper dessa maskiner kommer att ha.

103.2.1.3.7 Linjeföring

Linjeföring väljs enligt VGU. Långa lutningar innebär låga hastigheter för tunga fordon i nedförs- och uppförsbackar vilket ger dynamiska, kortvariga kapacitetsnedsättningar.

103.2.1.3.8 Tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning

Vid planeringen eftersträvas en utformning som ger personer med funktionsnedsättning samma tillgänglighet som andra.

Särskilda krav för att öka tillgängligheten för personer med funktionsnedsättning anges lämpligen av byggherren.

103.2.1.3.9 Belysning och visuell ledning

Eventuella behov av belysning utöver vad som anges i VGU, del Väg- och gatubelysning och TRVK Tunnel utreds.

103.2.1.3.10 Trafik vid tunnelavstängningar

Möjligheten att stänga en tunnel för drift och underhåll eller vid olyckor och incidenter samt vilka permanenta installationer som behövs för trafikledning vid dessa händelser utreds.

Lämpligen eftersträvas att drift och underhållsarbeten utförs utan trafik i det aktuella trafikutrymmet.

103.2.1.3.11 Visuell ledning

Eventuella behov av åtgärder för att åstadkomma tillräcklig visuell ledning utreds.

103.2.2 Järnvägstunnel

103.2.2.1 Allmänt

En utredning av trafikteknisk standard för en järnvägstunnel omfattar minst

- hastighetsstandard,
- linjeklass,
- trafikmängd,
- passagerarmängd,
- godstransporter,
- fordon och lastprofil,
- spårgeometri,
- normalsektion,
- aerodynamiska effekter,
- tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning,

- säkerhet vid användning samt
- alternativ trafik vid tunnelavstängningar.

103.2.2.2 Hastighetsstandard

Dimensionerande hastighetsstandard för olika tågkategorier som kommer att trafikera tunneln fastställs. För tillåten hastighet med hänsyn till spårets geometriska form se BVH 586.40.

103.2.2.3 Linjeklass

Banans linjeklass anges. Linjeklassen anger banans bärförmåga med avseende på största tillåtna axellast (STAX) och största tillåtna vikt per meter (Stvm). Linjeklassen benämns enligt SS-EN 15528:2008.

103.2.2.4 Trafikmängd

Dimensionerande trafikmängd för olika tågkategorier som kommer att trafikera tunneln fastställs.

103.2.2.5 Passagerarmängd

Dimensionerande passagerarmängd utreds. I redovisningen anges minst genomsnittligt och maximalt antal passagerare per tågpassage. Då anläggningen omfattar plattformar, trappanslutningar etc. anges även maximalt och genomsnittligt antal passagerare per tidsenhet.

103.2.2.6 Godstransporter

Transporter av farligt gods som tunneln kommer att upplåtas för redovisas och klassificeras enligt "Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S); (MSBFS 2011:2).

103.2.2.7 Fordon och lastprofil

Tågkategorier, fordon och tågsätt som kommer att trafikera tunneln redovisas. Dimensionerande lastprofil väljs enligt BVF 586.20. Vid nybyggnad gäller lastprofil C.

För fordon och tågsätt som kommer att trafikera tunneln redovisas fordons- och tågkategori, största axellast, största vikt per meter och största tillåten hastighet.

103.2.2.8 Spårgeometri

Spårgeometri med angivande av koordinater i plan och höjd, kurvradier i horisontal- och vertikalplanet samt längdmätning redovisas. För spårgeometri tillämpas BVH 586.40.

103.2.2.9 Normalsektion

För en bergtunnel bestäms normalektioner baserade på de typsektioner som redovisas i 103.5, utformningskrav enligt TRVK Tunnel och objektspecifika utformningskrav. På dessa anges minst

- teoretisk invändig tunnelkontur,
- teoretisk tunnelkontur,
- bankropp,
- inredningar och installationer samt
- mått och lutningar.

De angivna typsektionerna i 103.5 är riktlinjer. De angivna måtten anpassas till respektive projekts förhållanden och förutsättningar. Mindre mått kan endast tillämpas om en särskild utredning visar att så är möjligt.

Normalt bör normalektion för fria rummet N3.5-U-Kn enligt BVF 586.20 användas.

För en betong- eller stältunnel gäller de krav på fria utrymmen som anges i TRVK Bro.

Vid utformning av teoretisk invändig tunnelkontur tas hänsyn till

- bergmekaniska förutsättningar,
- inredning och installationer,
- aerodynamiska effekter,
- bankropp,
- säkerhet vid användning,
- brandskydd,
- sammansatta byggplatstoleranser,
- normalektionen för det fria rummet,
- utrymme för driftförstärkning,
- utrymme för framtida installation av ny teknik,
- utrymme för reparationsarbeten, kompletteringar av bergförstärkning eller vatten- och frostsäkring.

Behov av framtida utrymme kan finnas vid reparation av skador på betonginklädnad då den tekniska eller den ekonomiska konsekvensen av en skada är stor, t.ex. för en tunnel belägen i fritt vatten eller då kostnaden för reparation och driftavbrott annars skulle bli högre än vad som kan accepteras.

103.2.2.10 Aerodynamiska effekter

Förutsättningarna för utformning avseende aerodynamiska effekter utreds.

103.2.2.11 Tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning

Tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning anses uppnås genom att reglerna i TSD tunnelsäkerhet efterlevs.

103.2.2.12 Alternativ trafik vid tunnelavstängningar

Alternativa trafiklösningar vid avstängning av tunneln på grund av underhåll, incidenter eller olyckor utreds. I utredningen redovisas minst

- alternativa lösningar för persontransporter,
- alternativa lösningar för godstransporter,
- en kostnadsuppskattning för olika alternativa trafiklösningar samt
- tider för avstängningen.

103.3 Utredningar avseende säkerhet

103.3.1 Säkerhetskoncept och riskanalys för en vägtunnel

Tunnlar bör utformas så att risker förknippade med användning av vägar med tunnlar inte är större än för vägar utan tunnlar. Ett säkerhetskoncept upprättas därför i ett tidigt skede. Säkerhetskonceptet baseras på en riskanalys.

Riskanalysen genomförs för att bl.a. bestämma:

- Behovet av trafikövervakningssystem, trafikinformationssystem och trafikstyrningssystem.
- Trafikövervakningssystemets, trafikinformationssystemets och trafikstyrningssystemets påverkan på val av typsektion.
- Säkerhetsutrustning.
- Inverkan av längslutningar större än 3 %.
- Behovet av säkerhetshöjande åtgärder om körfältsbredden är mindre än 3,5 m och trafik med tunga fordon är tillåten.
- Förutsättningar för externa ledningsägares ledningar.
- Dimensionerande brandeffekt.
- Vilken tid som ska förutsättas för utrymning och räddningsinsats.
- Om fasta släcksystem ska installeras.
- Val av ventilationssystem.
- Om skiljevägg måste utföras i ett tunnelrör med dubbelriktad trafik.

Syftet med riskanalysen är att identifiera och kvantifiera risker för att kunna eliminera eller reducera dem samt att jämföra olika alternativ vid beslut om åtgärder i investeringsskedet eller driftskedet.

Riskanalysen bör dels visa risk vid tunnelns utförande och dels risk 20 år efter tunnelns öppnande. I kostnader för sak- och miljöskada räknas även kostnader för samhället eller tredje man in. Exempel på sådana kostnader är

- kostnader för trafikavbrott,
- kostnader för återuppbyggnad,
- kostnader för skada på en annan anläggning och
- kostnader för produktionsbortfall.

Riskanalysen bör ange sannolikheter för tänkbara olyckor samt deras konsekvenser och även omfatta risker i samband med tunnelns utförande. Analyser avseende brand och farligt gods utförs i samråd med räddningstjänsten. Riskanalysen utgör en verifiering av säkerhetskonceptet.

Ingångsdata, referensobjekt och beräkningsmodeller dokumenteras.

En riskanalys gör det möjligt att

- uppskatta olyckskonsekvenser med beaktande av valt säkerhetskoncept,
- identifiera de största bidragen till den totala risken,
- uppskatta den totala risken och
- jämföra nyttan med kostnaden för alternativa riskreducerande lösningar.

I riskanalysen studeras i följande fall explosionsriskerna särskilt och lastförutsättningarna justeras eventuellt:

- om speciella slag av farligt gods ska transporteras i tunneln
- om personriskerna är speciellt stora, t.ex. vid tunnel som ansluter till annat byggnadsverk där människor stadigvarande vistas
- om konsekvenserna av en lokal skada är speciellt stora, t.ex. tunnel under vatten eller där tunneln utgör den enda vägförbindelsen.
- konsekvenserna av en lokal skada är speciellt stora, t.ex. en tunnel belägen i fritt vatten eller en tunnel med liten bergtäckning.

Om sjötrafik förekommer över en tunnel belägen i fritt vatten utreds förutsättningar för exceptionella händelser med avseende på sjötrafiken i samråd med berörd sjöfartsmyndighet.

103.3.2 Säkerhetsanalys för en järnvägstunnel

Grundkrav på säkerhet framgår av TRVK Tunnel, C.2.2. Säkerheten anses tillräcklig i tunnlar som inte är längre än 300 m om dessa

grundkrav är uppfyllda. För längre tunnlar kan eller ska en särskild säkerhetsanalys utföras (se C.2.3). Säkerhetsanalysen upprättas enligt BVH 585.30 och beaktar säkerhet vid användning, säkerhet vid brand och övergripande krav på vägens driftsäkerhet och utgör beslutsunderlag för eventuell tilläggsstandard (TRVK Tunnel C.2.3).

103.3.3 Brandskydd i en vägtunnel

Omfattningen av brandskyddsåtgärder i en tunnel och objektsspecifika krav på utformning av anläggningen baseras på en utredning av den blivande tunnelns säkerhet vid användning. Utredningen bör klargöra krav avseende säkerhet vid användning och krav avseende på brandmotstånd utifrån övergripande krav på vägen eller järnvägens driftsäkerhet. Utredningen bör belysa frågan om restriktioner för transporter av farligt gods. Utredningen kan senare komma att utgöra ett underlag för instruktioner om sådana restriktioner.

De utredningar som i ett tidigt skede utförs avseende brandskydd bör minst omfatta de för den aktuella tunneln gällande förutsättningarna beträffande

- brandskyddsdokumentation,
- brandmotstånd,
- skydd mot uppkomst av brand,
- utrustning för branddetektion,
- utrustning för brandbekämpning,
- skydd mot spridning av brand och brandgas,
- underlättande av utrymning och
- underlättande av räddningsinsats.

Val av säkerhetsutrustning görs efter samråd med räddningstjänsten.

Dimensionerande brandeffekt utreds och bestäms.

Vilket system för brandgaskontroll som ska förutsättas och hur systemet ska styras utreds i samråd med räddningstjänsten.

I vilken omfattning avsättningsmagasin eller uppsamlingsmagasin krävs för uppsamling av utläckande farligt gods bör framgå av riskanalysen. Baserat på denna avgörs behovet av anordningar för separering och sanering.

Förutsättningar för räddningsinsatser utreds i samråd med räddningstjänsten. Detta avser t.ex. insatsmöjligheter, utnyttjande av utrymningsvägar som angreppsvägar, tillgång på vatten för brandsläckning, kommunikationsutrustning samt omhändertagande av farliga vätskor. I utredningen ingår också att studera räddningspersonalens säkerhet vid insatser i tunneln.

Avstånden mellan angreppsvägar i en tunnel bestäms i första hand av avståndet mellan utrymningsvägar enligt "Boverkets föreskrifter (BFS 2007:11) och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar" och TRVK

Tunnel, B.2.1. Objektspecifika förutsättningar kan dock medföra att kortare avstånd mellan angreppsvägar är lämpligt. Rökdykares säkerhet kan vara en avgörande faktor.

Behovet av räddningsvägar för att nå angreppsvägars mynningar och eventuella räddningsvägars utformning och bärighet utreds.

103.3.4 Brandskydd i en järnvägstunnel

Grundkrav på brandskydd framgår av TRVK Tunnel C.2.2 vilka anses tillräckliga utan ytterligare analys i tunnlar som inte är längre än 300 m. För längre tunnlar kan eller ska en särskild säkerhetsanalys utföras, se C.2.3.

103.3.5 Luftkvalitet

De utredningar som utförs i ett tidigt skede bör minst omfatta de för den aktuella tunneln gällande förutsättningarna beträffande

- luftkvalitet i tunneln,
- luftkvalitet i omgivningen,
- behov av annat system än självventilation i en järnvägstunnel
- dimensionering av ventilationssystemet och
- beräkning av emissioner i en vägtunnel.

103.4 Utredning av behov av sidoutrymmen

103.4.1 Installationer för tunnelns funktion

Behov av och krav på utrymmen för installationer utreds. Utrymme bör reserveras för framtida komplettering av installationer.

103.4.2 Utrymmen för drift och underhåll

Behovet av anordningar och utrymmen för att underlätta drift och underhåll, t.ex. avstängningsanordningar, parkeringsfickor eller vändplatser utreds.

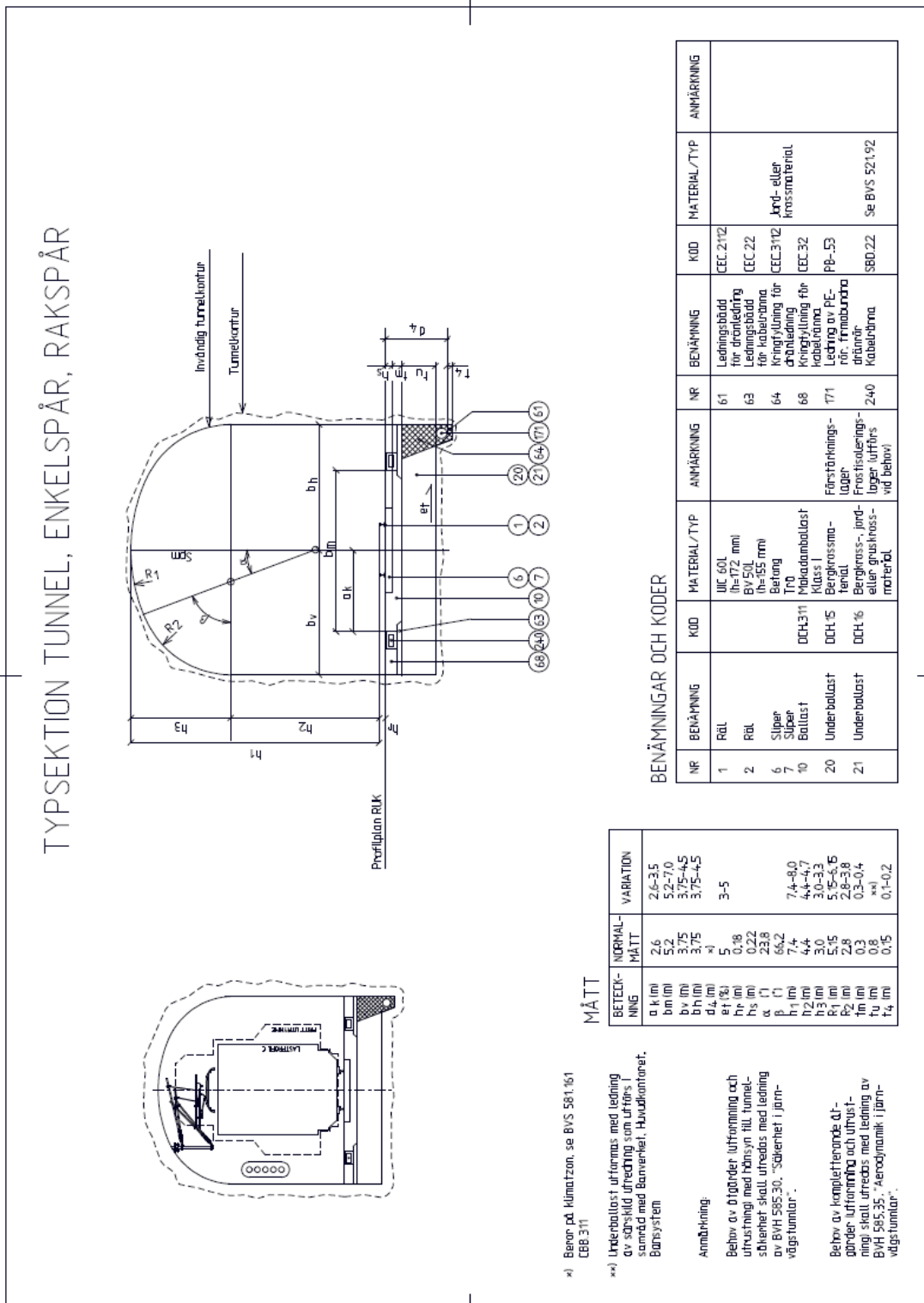
103.5 Typsektioner för järnvägstunnlar

Lämpliga typsektioner för järnvägstunnlar visas i figur 103.5-1 – 103.5-5.

Tabell 103.5-1 Måttbenämningar i figur 103.5-1 – 103.5-5

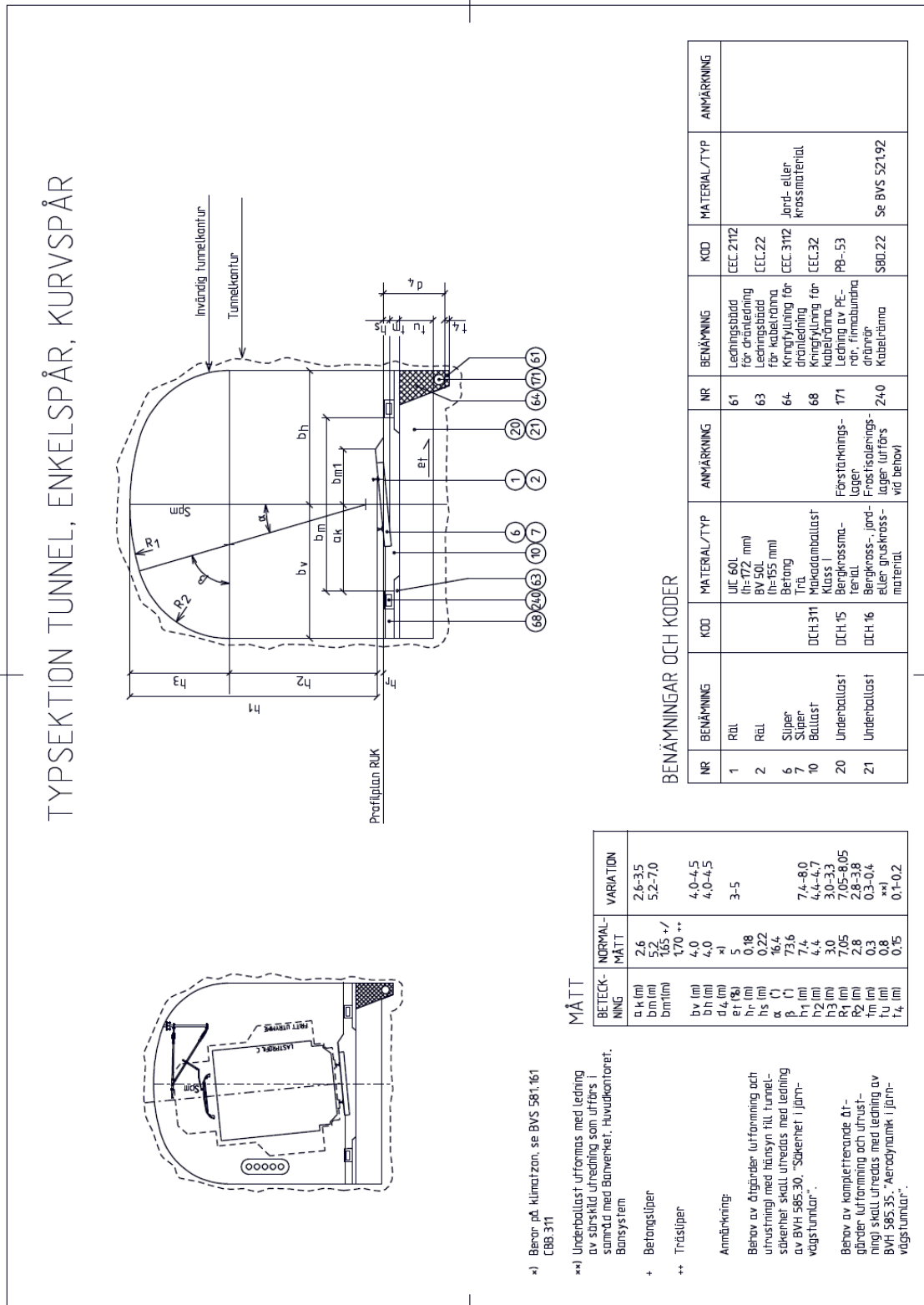
BETECKNING	SORT	FÖRKLARING
a_{spm}	m	spåravstånd spm - spm
a_k	m	avstånd till innerkant kabelränna
a_4	m	avstånd från verklig spårmittpunkt till fiktiv spårmittpunkt
a_5	m	avstånd från tunnelvägg till tunnelmittpunkt
b_m	m	krönbredd makadamballast
b_{m1}	m	bredd spm - ballastkrön
b_v	m	bredd spm – underballastkrön, vänster
b_h	m	bredd spm – underballastkrön, höger
d_4	m	djup underkant dräneringsledning, nybyggnad
e_t	%	lutning terrassyta
h_r	m	höjd räil inklusive mellanlägg
h_s	m	höjd sliper
h_1	m	tunnelhöjd (tunneltak – RÖK)
h_2	m	höjd RÖK – anfang
h_3	m	höjd anfang – tunneltak
R_1	m	radie för del av tunneltak
R_2	m	radie för del av tunneltak
t_m	m	tjocklek makadamballast (från underkant sliper)
t_u	m	tjocklek underballast
t_4	m	tjocklek ledningsbädd för dränledning

Figur 103.5-1 Enkelspår, rakspår

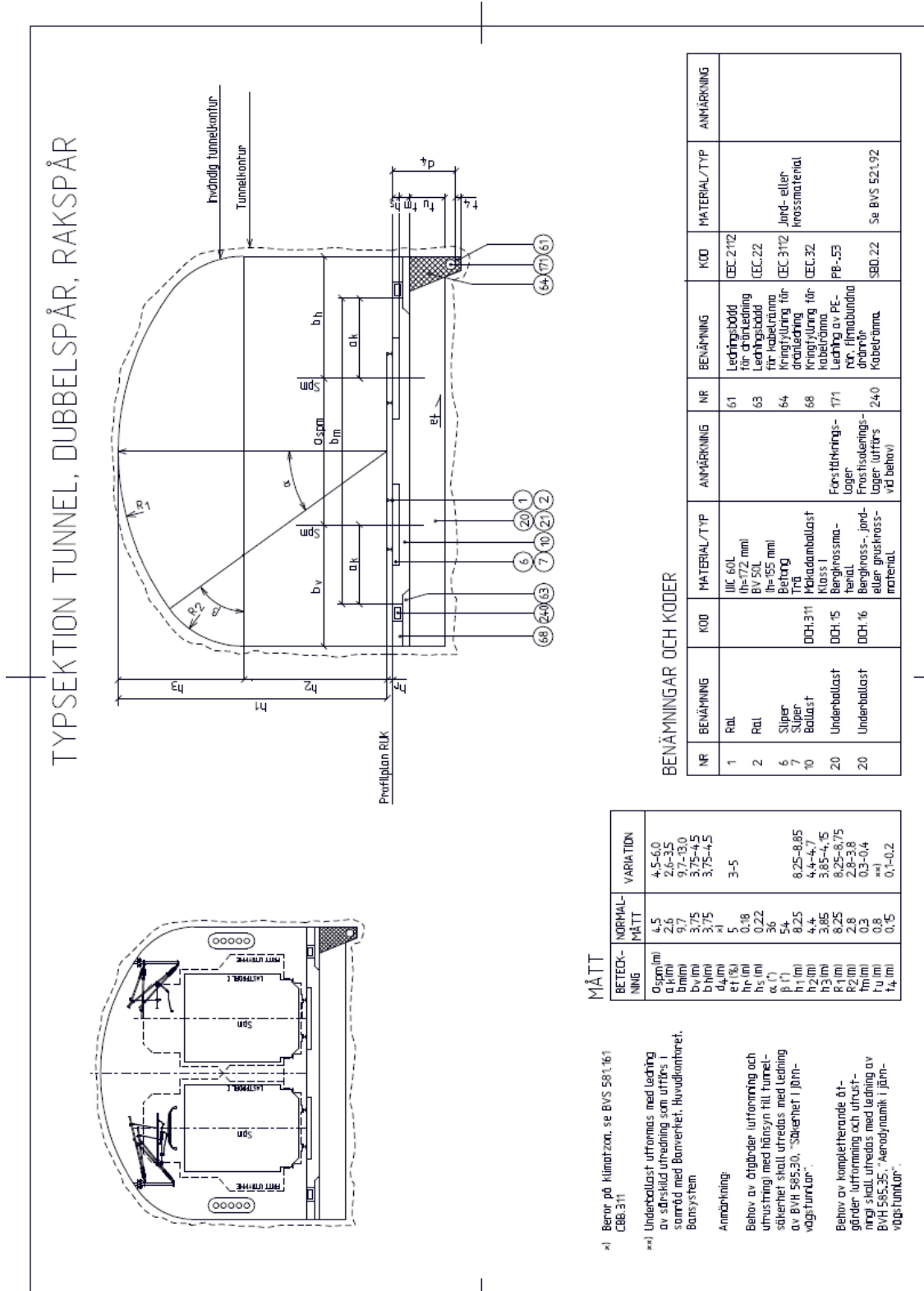


Detta ritning & Banverkets godkänn. Allt ändring
 Begärande av ritningen bekrävas enligt lag.
 BANVERKET

Figur 103.5-2 Enkelspår, kurvspår

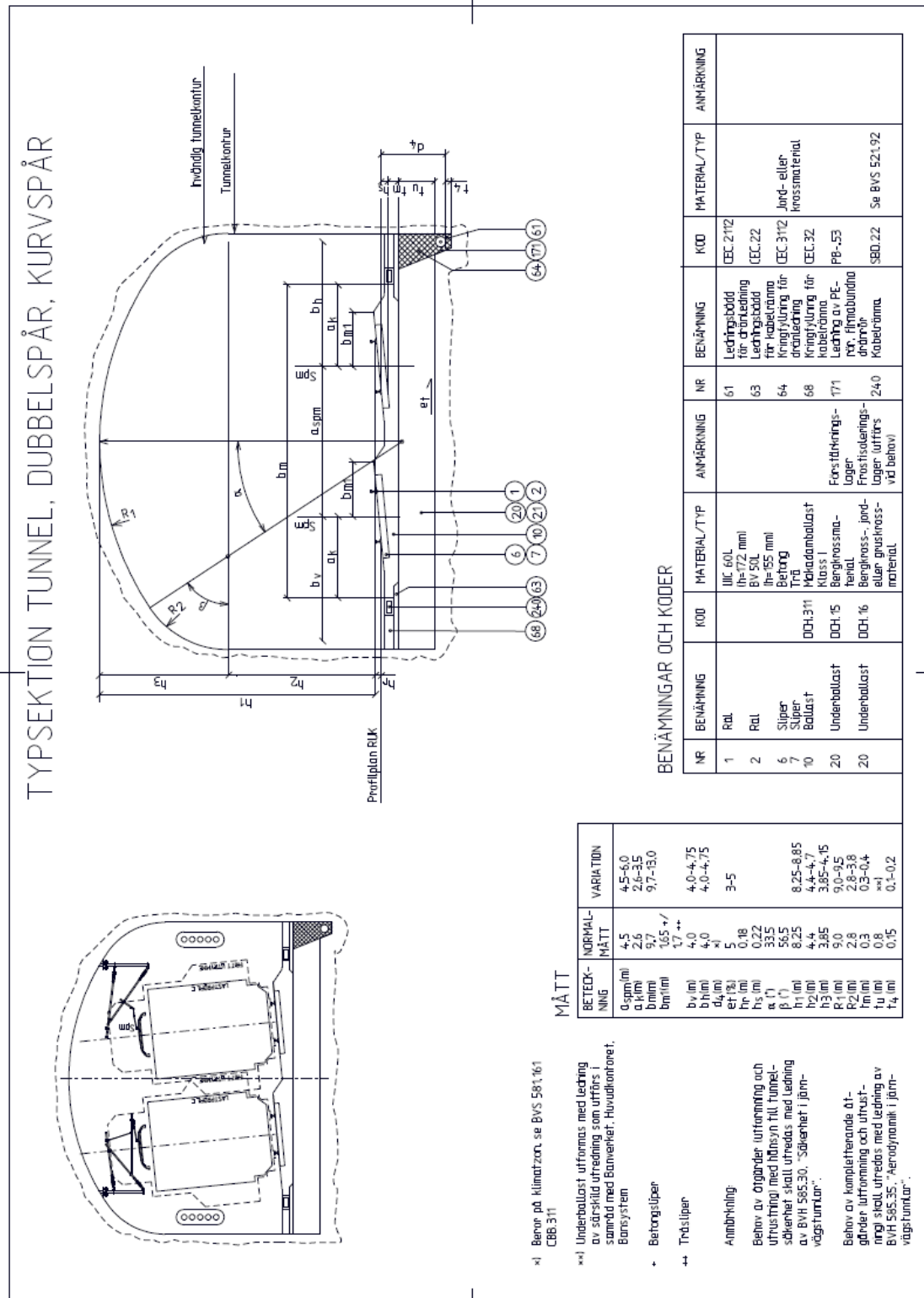


Figur 103.5-3 Dubbelspår, rakspår

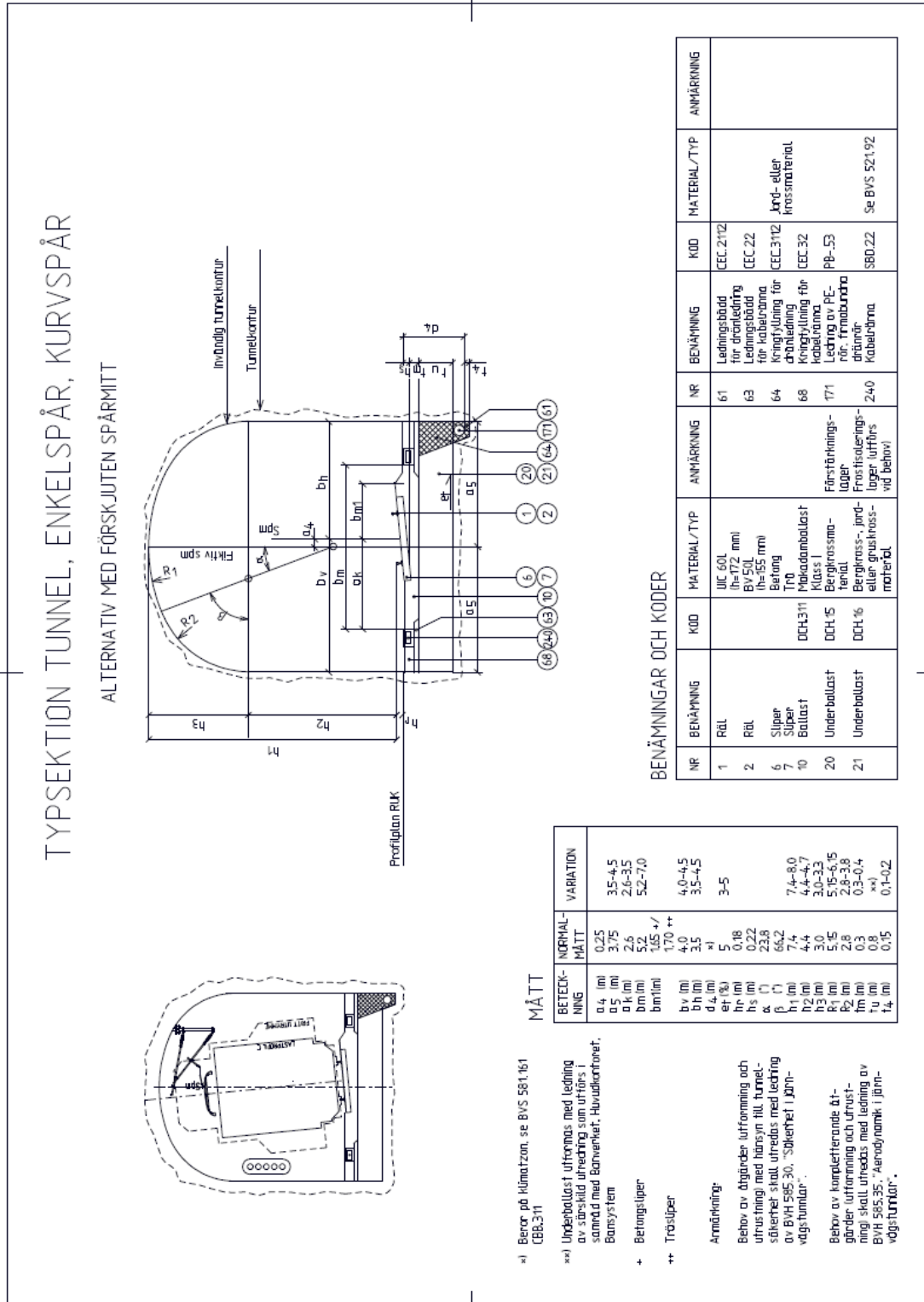


Den här ritning är Banverkets egendom. Allt obehörigt delgivande av ritningen beivras enligt lag.

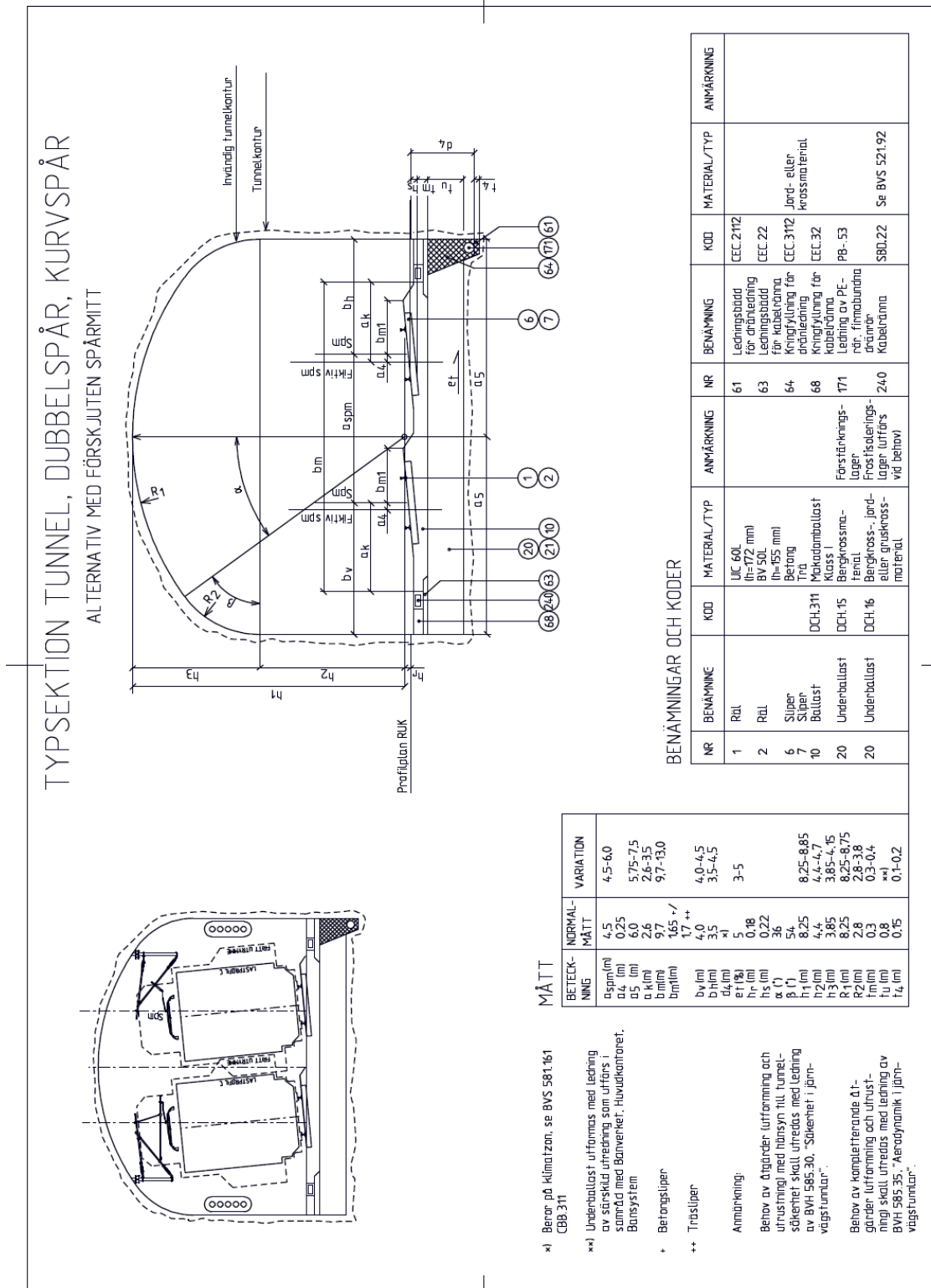
Figur 103.5-4 Dubbelspår, kurvspår



Figur 103.5-5 Enkelspår, kurvspår alternativ med förskjutet spårmitt



Figur 103.5-5 Dubbelspår, kurvspår, alternativ med förskjutet spårmitt



Bilaga 104 Inläckning av vatten i en bergtunnel - verifiering med observationsmetoden

104.1 Allmänt

Observationsmetoden är en dimensioneringsmetod som innebär att beteendet följs upp genom observationer för att se att de befinner sig inom acceptabla gränser. Om så inte är fallet ändras utförandet genom förutbestämda åtgärder baserade på observationerna. Se t. ex. "EUROKOD 7 – Hur påverkas dimensionering av bergkonstruktioner (BeFo)".

För injekteringsarbeten innebär tillämpningen av observationsmetoden att krav, typ och omfattning av observationer fastställs för de tre skedena "före injektering", "under injektering" och "efter injektering". I detta ingår även att fastställa kriterier när beteendet är oacceptabelt och vilka åtgärder som behöver vidtas beroende på det observerade oacceptabla beteendet.

I utförandeskedet kontrolleras att kravet på maximalt tillåten inläckande vattenmängd enligt TRVK Tunnel, B.1.4 och C.1.4 uppfylls. Dessa kontroller beskrivs i en kontrollplan.

104.2 Före injektering

Injekteringen dimensioneras genom tillämpning och sammanvägning av resultat från beräkningar, utredningar och dokumenterad erfarenhet.

Baserat på resultat från förundersökningar enligt TRVK Tunnel, A.1.8 och de grundläggande kraven på skydd mot inläckning av vatten enligt TRVK Tunnel, B.1.4 och C.1.4, bestäms vilka krav den injekterade bergmassan måste uppfylla. Projektspecifika förutsättningar som närliggande anläggningar och yttre miljöpåverkan kan medföra ytterligare krav.

Kraven på den injekterade bergmassans utgör utgångspunkt för den fortsatta dimensioneringen. Kraven kan uttryckas i kvantitativa termer eller som beskrivande text. I kvantitativa termer kan det t.ex. vara fråga om hydraulisk konduktivitet i den tätade bergmassan och den tätade zonens utbredning.

När kraven på den injekterade bergmassan fastställs beaktas bl.a. bergmassans egenskaper, tunnelgeometri och grundvattentryck.

Vid svåra och komplexa injekteringssituationer utförs lämpligen känslighetsanalyser för kritiska parametrar t.ex. bergmassans hydrauliska egenskaper. Resultat av utförda fälttester kan användas som underlag för dimensioneringen vid sådana injekteringssituationer.

Vid dimensioneringen av injekteringen bestäms parametrar för utförandet. De injekteringsparametrar som bör bestämmas är minst skärmgeometri, injekteringstryck, injekteringsmedel samt stoppkriterier såsom tid, flöde och volym. Valet av injekteringsparametrar baseras på kraven på den injekterade bergmassan och bedömd svårighetsgrad .

Svårighetsgraden kan bedömas genom att t.ex. jämföra inläckaget utan injektering med kraven på skydd mot inläckning av vatten eller uppskatta erforderlig täthet i bergmassan eller sprickvidd för de sprickor som måste tätas. Vid bedömningen av svårighetsgraden bör även erfarenheter från liknande objekt användas.

Vid dimensioneringen beaktas de variationer i bergförhållandena som enligt förundersökning berg och den ingenjörsgelogiska prognosen kan förekomma.

Inför varje injekteringstillfälle ska det finnas en prognos över förväntad omfattning och utförande av injekteringen. Dimensioneringen ska omfatta en beskrivning av vilka observationer som ska göras, inklusive kriterier för om avvikelser uppstår och vilka åtgärder som i så fall ska vidtas.

Vid injektering med hög svårighetsgrad bör transmissivitets- och sprickviddsfördelningar bestämmas som underlag vid val av injekteringsparametrar. Dessa fördelningar kan användas för beräkning av injekteringsmedlets inträngningslängd och resttransmissivitet vid olika kombinationer av injekteringsparametrar.

Vid dimensioneringen ska även krav, observationer inklusive kriterier samt åtgärder enligt ovan beskrivas för de efterföljande skedena "under injektering" och "efter injektering". Vid injektering med hög svårighetsgrad bedöms och kontrolleras spricktransmissiviteten och den hydrauliska sprickvidden vid tunnelfronten innan injekteringen påbörjas.

104.3 Observationer och åtgärder under injektering

Injekteringsparametrarna verifieras. Injekteringsparametrarna som är framtagna och bestämda vid dimensioneringen jämförs med observationer under injekteringen.

Observationer under injektering kan t.ex. omfatta registrering av tryck, flöde, volym samt egenskaper på injekteringsmedel.

Åtgärderna kan vara ändrad omfattning, annat utförande av injekteringen eller andra injekteringsparametrar, t.ex. byte av injekteringsmedel eller att injekteringen ska avbrytas.

104.4 Observationer och åtgärder efter injektering

Injekteringsresultaten verifieras genom att utvärdera om kraven på skydd mot inläckning av vatten har uppfyllts. Hur kontrollen ska göras och vilka kriterier som ska gälla bestäms vid dimensioneringen.

Kontroller före berguttag utförs för att utvärdera erhållen täthet samt beslut om fortsatt injektering. Observationen kan t.ex. vara inflöde i kontrollhål eller registrerade injekteringsparametrar.

Efter berguttag kontrolleras att kraven på skydd mot inläckning av vatten enligt TRVK Tunnel, B.1.4 och C.1.4 är uppfyllda. Om kraven inte har uppfyllts tas beslut om eventuell revidering av dimensioneringen av injekteringen eller kompletterande tätningåtgärder, t.ex. efterinjektering. Observationer efter berguttag kan vara inflöde i mätvallar och droppkartering.

www.trafikverket.se/tekniska



Trafikverket, 781 89 Borlänge, Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon : 0771-921 921, Texttelefon: 0243-795 90

www.trafikverket.se