Sandkasse/Tunnel/Stabilitetssikring

< Sandkasse | Tunnel

__NUMBEREDHEADINGS__

Innhold

1 Hensikt og omfang
2 Tunneler drevet med boring og sprengning
- 2.1 Etablering av forskjæring og påhugg
- 2.2 Arbeider foran stuff
  - 2.2.1 Sonderboring
  - 2.2.2 Forinjeksjon
- 2.3 Stabilitetssikring
  - 2.3.1 Kartlegging
  - 2.3.2 Bergmasseklassifisering
  - 2.3.3 Sikringskategorier
    - 2.3.3.1 Forbolting
    - 2.3.3.2 Sikringskategori 9 i Q-systemet
  - 2.3.4 Sikringstiltak
    - 2.3.4.1 Rensk
    - 2.3.4.2 Bolter
    - 2.3.4.3 Sprøytebetong
    - 2.3.4.4 Sikring med bånd og nett
    - 2.3.4.5 Tung sikring
      - 2.3.4.5.1 Sprøytebetongbuer
      - 2.3.4.5.2 Betongutstøping
      - 2.3.4.5.3 Andre metoder

3 Tunneler drevet med TBM
- 3.1 Stabilitetssikring
  - 3.1.1 Kartlegging
  - 3.1.2 Bergmasseklassifisering
  - 3.1.3 Sikringskategorier
  - 3.1.4 Sikringstiltak
    - 3.1.4.1 Bolter
    - 3.1.4.2 Sprøytebetong
    - 3.1.4.3 Tung sikring
    - 3.1.4.4 Betongsegmenter

1 Hensikt og omfang

Dette kapitlet fastsetter krav til prosjektering og bygging for arbeider foran stuff og stabilitetssikring for både bergtunneler og andre bærende konstruksjoner med funksjon som tunnel.

a) **Dimensjonerende brukstid:** Dimensjonerende brukstid for tunnelkonstruksjonen (sikret tunnel inkl. vannsikring) skal være 100 år.

b) **Kontroll av prosjektering og utførelse:** For kontroll og kvalitetssikring av stabilitetssikring, se Kap. 4 Generelle tekniske krav, 2 Kontroll av prosjektering og utførelse

c) **Dokumentasjon:** Det skal utarbeides en ingeniørgeologisk sluttrapport som viser dokumentasjon av utført sikring, geologiske registreringer, injeksjon mm. Denne skal utføres i henhold til Statens vegvesens håndbok N500 kap. 10.2 Ingeniørgeologisk sluttrapportering.

d) **Jording:** Det skal vurderes om det er nødvendig med spesielle tiltak for å ivareta krav til jording, f.eks. ved seksjonering. For krav til jording og utjevning, se Felles elektro/Prosjektering og bygging/Jording og utjevning#Tunneler, kulverter og snøoverbygg.

2 Tunneler drevet med boring og sprengning

2.1 Etablering av forskjæring og påhugg

a) **Forskjæring og påhugg:** For krav til etablering av forskjæring og påhugg gjelder kap. 6.1 i Statens vegvesens håndbok N500 Vegtunneler med tilhørende veiledning V520 Tunnelveiledning kapittel 6.3.

2.2 Arbeider foran stuff

2.2.1 Sonderboring

a) **Sonderboring:** For krav til sonderboring gjelder kapittel 6.2.1 i Statens vegvesens håndbok N500 Vegtunneler med tilhørende veiledning V520 Tunnelveiledning, kapittel 6.4.

2.2.2 Forinjeksjon

a) **Forinjeksjon:** For krav til forinjeksjon gjelder kapittel 6.2.2 i Statens vegvesens håndbok N500 Vegtunneler med tilhørende veiledning V520 Tunnelveiledning, kapittel 6.4.

2.3 Stabilitetssikring

2.3.1 Kartlegging

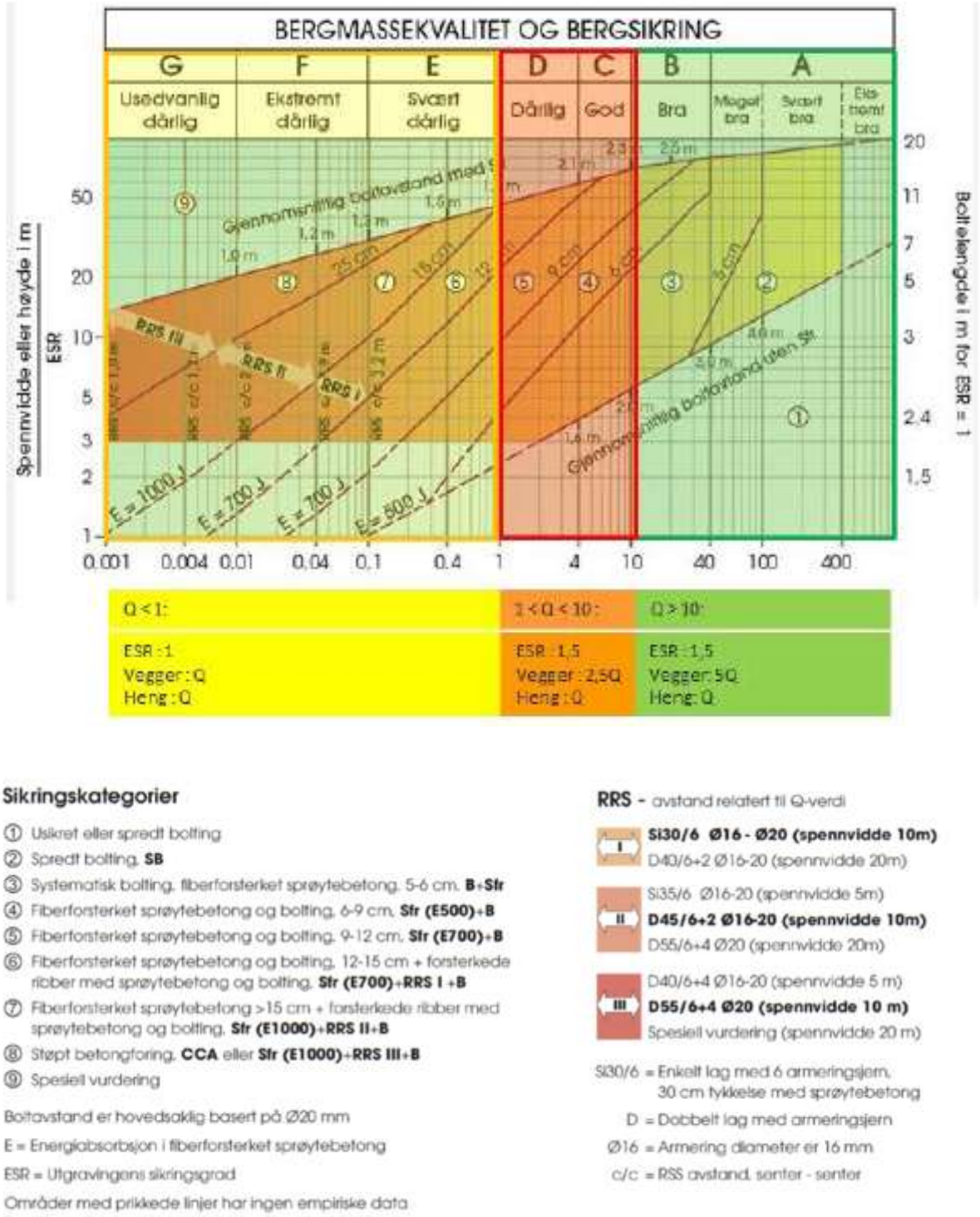
a) **Kartlegging:** Det skal utføres geologisk kartlegging av hele tunnelprofilet i hele tunnelens lengde.

2.3.2 Bergmasseklassifisering

a) **Klassifisering:** Bergmassen skal klassifiseres etter Q-systemet som grunnlag for bestemmelse av stabilitetssikring.

2.3.3 Sikringskategorier

a) **Sikringskategorier:** Sikringskategorier, herunder boltelengde og -avstand og nominelle sprøytebetongtykkelser mm., skal bestemmes ut fra figur 1.



Sikringskategorier

① Usikret eller spredt bolting
② Spredt bolting, **SB**
③ Systematisk bolting, fiberforsterket sprøytebetong, 5-6 cm, **B+Sfr**
④ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 6-9 cm, **Sfr (E500)+B**
⑤ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 9-12 cm, **Sfr (E700)+B**
⑥ Fiberforsterket sprøytebetong og bolting, 12-15 cm + forsterkede ribber med sprøytebetong og bolting, **Sfr (E700)+RRS I +B**
⑦ Fiberforsterket sprøytebetong >15 cm + forsterkede ribber med sprøytebetong og bolting, **Sfr (E1000)+RRS II+B**
⑧ Støpt betongforing, **CCA** eller **Sfr (E1000)+RRS III+B**
⑨ Spesiell vurdering

Boltavstand er hovedsaklig basert på Ø20 mm
E = Energiabsorbsjon i fiberforsterket sprøytebetong
ESR = Utgravingens sikringsgrad
Områder med prikkede linjer har ingen empiriske data

RRS - avstand relatert til Q-verdi

I **Si30/6 Ø16 - Ø20 (spennvidde 10m)**
D40/6+2 Ø16-20 (spennvidde 20m)

II Si35/6 Ø16-20 (spennvidde 5m)
D45/6+2 Ø16-20 (spennvidde 10m)
D55/6+4 Ø20 (spennvidde 20m)

III D40/6+4 Ø16-20 (spennvidde 5 m)
D55/6+4 Ø20 (spennvidde 10 m)
Spesiell vurdering (spennvidde 20 m)

Si30/6 = Enkelt lag med 6 armeringsjern, 30 cm tykkelse med sprøytebetong
D = Dobbelt lag med armeringsjern
Ø16 = Armering diameter er 16 mm
c/c = RSS avstand, senter - senter

Figur 1 Klassifisering av bergmasse og sikringskategorier

b) **Begrensninger:** Q-systemet har sine begrensninger ved svake bergarter (Q < 1). Ved vurdering av sikringsbehov i slike bergarter bør andre metoder vurderes brukt i tillegg til sikring i henhold til Q-systemet. Det er viktig å kombinere bruken av Q-systemet med deformasjonsmålinger og numeriske simuleringer i skviseberg eller svært svakt berg.

c) **Stabilitetssikring ved vannsikring:** For jernbanetunneler der det blir installert en endelig permanent kledning med kontaktstøpt betonghvelv med membran eller sprøytebetongbasert kledning, skal verdier for Excavation Support Ratio (ESR) og korreksjonsfaktor (k) fastsettes i henhold til tabell 1:

<figtable id="tab:tabell">

Veiledende verdier for ESR og k for Q for ulike bergklasser og deler av tunnelprofilet

Bergklasse/Q-verdi	Vegger		Heng og vederlag	
	k	ESR	k	ESR
Q > 10	5	1,5	1	1,5
1 < Q < 10	2,5	1,5	1	1,5
Q < 1	1	1	1	1

</figtable>

Denne anbefalingen er å anse som en veiledning om et sikringsnivå. Det vil forekomme situasjoner der det vil være lokalt behov for detaljtilpasset sikring som kan skyldes f.eks. geometrien til sprekkesettene, geometrien til enkeltblokker som må sikres, eller lokalt skifrige og "småfalne" bergpartier som kan kreve sprøytebetong utover det gjennomsnittlige behovet for en gitt bergklasse.

d) **Stabilitetssikring uten vannsikring:** I jernbanetunneler med områder uten vannsikring, skal det benyttes en ESR-verdi = 1 og korreksjonsfaktor, k = 1. Minimumstykkelse for sprøytebetong i disse områdene skal være 8 cm.

e) **Stabilitetssikring av tverrslag/tverrpassasjer/servicetunneler:** For tverrslag/tverrpassasjer/servicetunneler skal følgende verdier for ESR og korreksjonsfaktor benyttes:

Q-verdi	ESR-verdi	Korreksjonsfaktor
Q ≥ 1	1,5	1
Q < 1	1,3	1

2.3.3.1 Forbolting

a) **Bruksområde:** I dårlig bergmassekvalitet kan det være nødvendig å bruke forbolter, dvs. bolter foran stuff for å holde tunnelprofilet og unngå utrasing. Forbolting er ikke direkte inkludert i sikringsdiagrammet for Q-systemet. Den foreslåtte bergsikringen i bergmasser med lave Q-verdier er imidlertid basert på bruk av forbolting under driving. For ytterligere beskrivelse, se NGIs håndbok for Q-systemet, kap. 5.4.

For beskrivelse av hovedprinsipper for forbolting, se Statens vegvesens håndbok V520, kap. 6.5.3.

2.3.3.2 Sikringskategori 9 i Q-systemet

a) **Prosjektering, utforming og utførelse:** Prosjektering, utforming og utførelse av sikringstiltak (rørparaply, grunnfrysing, stålbuer mv.) i sikringskategori 9, skal vurderes særskilt for det enkelte prosjekt, og skal basere seg på nasjonale og internasjonale standarder.

2.3.4 Sikringstiltak

2.3.4.1 Rensk

a) **Utførelse:** For krav til utførelse av rensk gjelder Statens vegvesens håndbok R761 prosess 33.1.

2.3.4.2 Bolter

a) **Materialer og utførelse:** For krav til materialer og utførelse av bolter til stabilitetssikring gjelder Statens vegvesens håndbok R761 prosess 33.2.

Boltetyper som er godkjent av Statens vegvesen gjelder også for Bane NOR. For oversikt over godkjente boltetyper, se godkjente bolter til permanent bergsikring, Svv.

2.3.4.3 Sprøytebetong

a) **Materialer og utførelse:** For krav til materialer og utførelse av sprøytebetong til stabilitetssikring gjelder Statens vegvesens håndbok R761 prosess 33.4.

1. Unntak: I jernbanetunneler der det blir installert en endelig permanent kledning med kontaktstøpt betonghvelv med membran eller sprøytebetongbasert kledning, skal midlere utført sprøytebetongtykkelse være minst lik de nominelle sprøytebetongtykkelsene angitt i figur 1. Minste målte sprøytebetongtykkelse skal være minst 4 cm.

2. Unntak: Der lekkasjevann er saltvann, eller aggressivt av andre grunner, skal det benyttes en nominell sprøytebetongtykkelse på 10 cm.

2.3.4.4 Sikring med bånd og nett

a) **Materialer og utførelse:** Ved behov for å benytte bånd eller nett til stabilitetssikring, skal materialer og utførelse være i henhold til prosess 33.3 i Statens vegvesens håndbok R761.

2.3.4.5 Tung sikring

2.3.4.5.1 Sprøytebetongbuer

a) **Utforming:** For krav til utforming av sprøytebetongbuer til stabilitetssikring henvises det til figur 1 og NGIs håndbok kap. 5.3 Armerte sprøytebetongbuer.

b) **Materialer og utførelse:** For krav til utførelse av sprøytebetongbuer til stabilitetssikring henvises det til Statens vegvesens Tunnelveiledning V520 kapittel 6.7 og håndbok R761 proses 33.44.

2.3.4.5.2 Betongutstøping

a) **Utforming:** Dimensjonering av betongutstøping skal vurderes spesielt for det enkelte prosjekt.

b) **Materialer og utførelse:** For utførelse av betongutstøping henvises det til Statens vegvesens Tunnelveiledning V520 kapittel 6.7 og håndbok R761 proses 33.5.

2.3.4.5.3 Andre metoder

Ved ekstremt dårlig bergmasse kan andre metoder beskrevet i NFFs håndbok for Tung bergsikring i undergrunnsanlegg benyttes i samråd med byggherre.

3 Tunneler drevet med TBM

3.1 Stabilitetssikring

3.1.1 Kartlegging

a) **Kartlegging:** Det skal utføres geologisk kartlegging av hele tunnelprofilet i hele tunnelens lengde. For beskrivelse av kartlegging av tunneler drevet med TBM henvises det til NGIs håndbok for Q-systemet kap.6.3.

1. Unntak: Ved bruk av lukket TBM er det begrenset med kartleggingsmuligheter. Behov og mulighet for å benytte andre metoder for kartlegging skal vurderes av det enkelte prosjekt.

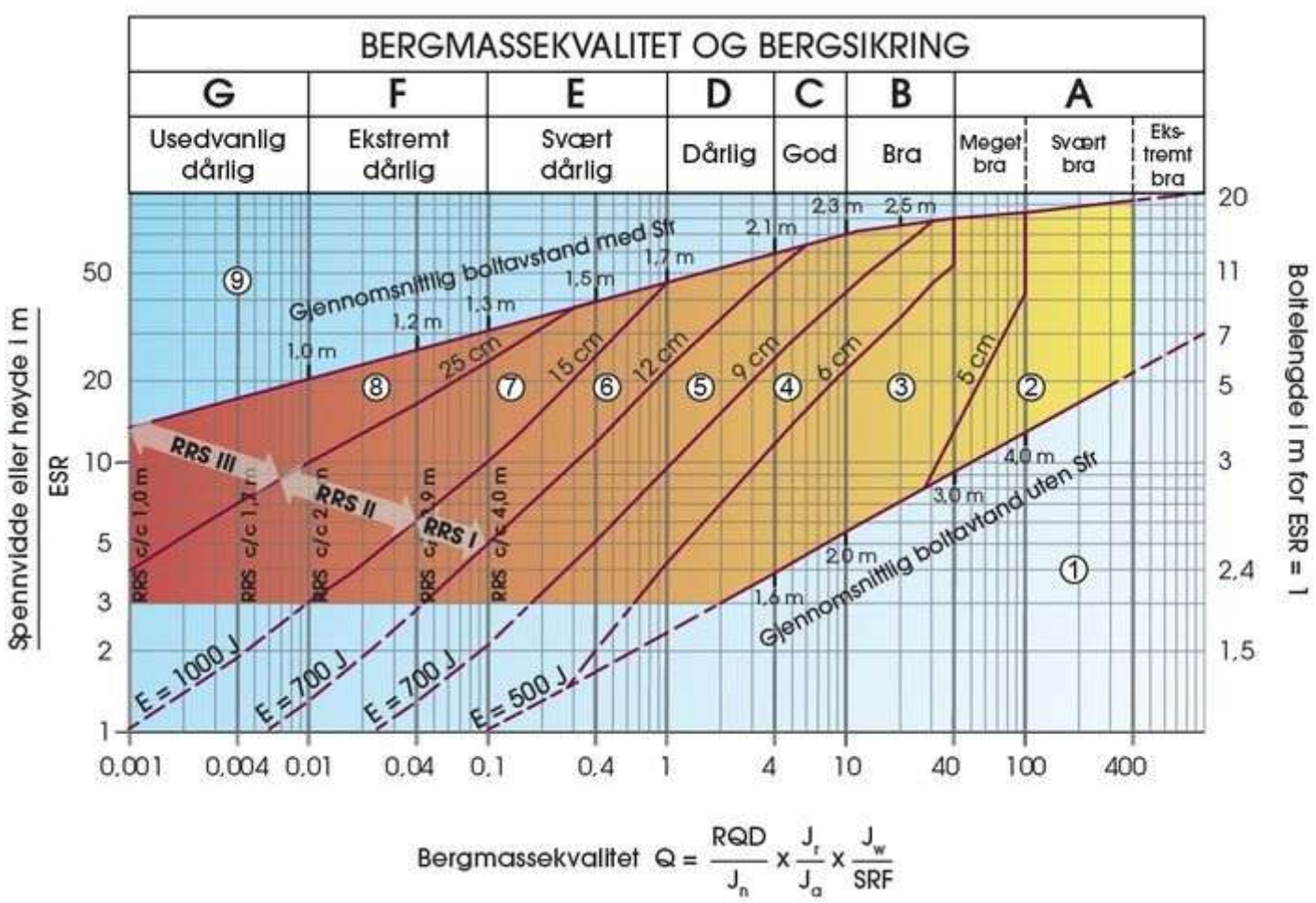
3.1.2 Bergmasseklassifisering

a) **Klassifisering:** Bergmassen skal klassifiseres etter Q-systemet som grunnlag for bestemmelse av stabilitetssikring.

1. Unntak: Ved bruk av lukket TBM er det begrenset med kartleggingsmuligheter. Behov og mulighet for å benytte andre metoder for kartlegging skal vurderes av det enkelte prosjekt.

3.1.3 Sikringskategorier

a) **Sikringskategorier:** Sikringskategorier, herunder boltelengde/-avstand, og nominelle sprøytebetongtykkelser mm. skal bestemmes ut fra figur 2.



Figur 2 Klassifisering av bergmasse og sikringskategorier

3.1.4 Sikringstiltak

3.1.4.1 Bolter

a) **Materialer og utførelse:** For krav til bolter, se 2.3.4.2 Bolter

3.1.4.2 Sprøytebetong

a) **Materialer og utførelse:** For krav til sprøytebetong, se 2.3.4.3 Sprøytebetong

3.1.4.3 Tung sikring

a) **Gitterbuer:** Ved behov for tyngre sikring ved dårlig bergmasse skal det benyttes gitterdragere.

Konvensjonelle sprøytebetongbuer bygger mye, og i TBM-tunneler vil det ikke være rasjonelt med et stort sikringsrom. Likevel må man ha plass til ev. tung sikring. Erfaringer viser at utvidelse av profilet med strossing i ettertid ikke er optimalt. Dette gjelder også løsninger med overboring (dvs. sette inn større kutterringer for å øke tunneltverrsnittet). Anbefalt løsning for tung sikring med åpen TBM er

derfor en løsning med ferdigbøyde og korrosjonsbehandlede gitterdragere. Disse bygger lite, har stor lastkapasitet, og er enkle og raske å montere.

3.1.4.4 Betongsegmenter

Dersom kravene til innlekkasje er strenge, eller grunnforholdene er vurdert som uengede til TBM-driving uten skjold, bør skjoldmaskindrift med vanntett betongforing vurderes. Betongutforingen bygges opp av segmenter som til sammen utgjør en sammenhengende betongring som typisk er 1,5-2 m lang. Betongforingen har en ytre diameter som er i størrelseorden 250 mm mindre enn boret tunneldiameter. Etter montering av betongringen injiseres dette rommet. Elementene utstyres med gummipakninger og boltes sammen slik at utforingen blir vanntett.

For foring med prefabrikerte betongsegmenter gjelder:

a) **Laster:** Prefabrikerte betongsegmenter skal være designet og utført for å motstå spenninger og laster som påføres under håndtering, transport og montering, samt de permanente laster fra berg. Det bemerkes at disse lastene kan være mer kritiske enn de permanente lastene. Segmentene skal i tillegg også være designet for å kunne ta maskintekniske laster under boreprosessen. Det må også dimensjoneres for laster som påføres av tog i driftsfasen av tunnelen.

b) **Materialer:** Betong og armering skal være i overensstemmelse med gjeldende norske standarder.

c) **Produksjon:** Produksjonsfasiliteter skal være underlagt kvalitetskontroll i overenstemmelse med ISO 9001.

d) **Produksjon:** For krav til toleranser og forhold vedrørende produksjon og materialer i forbindelser med fremstilling av betongsegmenter, henvises det til BTS seksjon 203.

e) **Injeksjonshull:** Injeksjonshull skal være tilstede i alle segmenter, unntatt nøkkelsegmentet, og skal være minimum 50 mm i diameter.

f) **Fiber:** Bruk av fiber i segmentbetongen skal være i overensstemmelse med BTS spesifikasjon, seksjon 203.14.

g) **Montering:** Oppsetting av betongsegmentene skal utføres via et mekanisk system som er bygget til formålet, og det skal ikke avvikes fra den godkjente prosedyre.

h) **Smøring:** Smøring av pakninger skal foretas for å unngå skader. Dette gjelder spesielt ved montering av det siste låsesegmentet.

i) **Injeksjon:** Rommet mellom betongforingen og berget bak skal injiseres i henhold til godkjent metodebeskrivelse.

j) **Toleranse:** For jernbanetekniske formål skal det legges inn ekstra toleranse pga. mulig unøyaktig boring på ca. 150 mm.

Hentet fra «https://trv.banenor.no/w/index.php?title=Sandkasse/Tunnel/Stabilitetssikring&oldid=57748»