Det vises kun kravtekster der disse foreslås presisert, feilrettet, fjernet eller endret. Ellers vises det foreslått kravtittel ifm. TRV 2.0

1 Hensikt og omfang

Dette kapitlet omhandler geoteknisk prosjektering av ~~bruer~~ konstruksjonene omtalt i TRV:04843. En vesentlig del av prosjekteringen i tillegg til selve ~~brua~~ hovedkonstruksjonen er midlertidige konstruksjoner i byggefasen samt tilgrensende områder og konstruksjoner.

For materialspesifikasjoner, konstruksjonsregler og krav til utførelse, henvises det generelt til kapittel7 Betongkonstruksjoner~~,~~ og kapittel 8 Stålkontruksjoner~~- og samvirkekonstruksjoner~~. ~~For peler henvises det spesielt til NS-EN 1997-1~~. For laster og lastkombinasjoner henvises det til kapittel 5 Laster.

Jord skiller seg fra andre bygningsmaterialer ved at den kan være meget inhomogen, og ofte har vanskelig definerbare grensebetingelser. Materialmodeller blir komplekse, og er ofte helt eller delvisempiriske. Erfaring er en vesentlig del av faget geoteknikk.

[ny tillegg-veiledningstekst]: Geoteknisk prosjektering i forbindelse med konstruksjonene omfattet av dette regelverket utføres i henhold til standardene og håndbøkene angitt i hhv. TRV:08114 (særlig NS-EN 1997-1 og NS-EN 1997-2) og TRV:08125, med rangordning og unntak ved motstridende krav som angitt i TRV:08111.

~~***TRV:04525***~~

~~Geoteknisk prosjektering i forbindelse med jernbanebruer skal utføres i henhold til Norsk Standard NS-EN 1997-1 og NS-EN 1997-2.~~

~~***TRV:04526***~~

~~Den geoteknisk prosjekterende skal ha nødvendig geoteknisk kompetanse og erfaring.~~

2 Sikkerhetsprinsipper

~~***TRV:04527***~~

~~Geoteknisk prosjektering skal skje i henhold til NS-EN 1997-1 og NS-EN 1997-2.~~

Partialkoeffisientmetoden i geoteknikk går ut på å påvise at jorda har tilstrekkelig kapasitet til åmotstå virkningen av en belastning med hensyn til brudd og skadelige deformasjoner for definerte grensetilstander. Følgende grensetilstander er definert (iflg. NS-EN 1990):

bruddgrensetilstanden

bruksgrensetilstanden

utmattingsgrensetilstanden

ulykkesgrensetilstanden

For hvert enkelt tilfelle fastlegges hvilke grensetilstander som skal kontrolleres.

TRV:04528

Bruddsgrensetilstand: (...)

TRV:04529

Bruksgrensetilstand: (...)

TRV:04530

Utmattingsgrensetilstand: (...)

TRV:04531

Ulykkesgrensetilstand: (...)

~~***TRV:04532***~~

~~Grensetilstandens krav er at dimensjonerende kapasitet skal være større eller lik dimensjonerendelastvirkning.~~

~~Dimensjonerende last og kapasitet er definert som følger:~~

~~dimensjonerende last: Pγ = P·γf~~

~~dimensjonerende kapasitet: Sγ = S/γm~~

~~P = karakteristisk last~~

~~S = karakteristisk kapasitet~~

~~γm = materialkoeffisient~~

~~γf = lastkoeffisientf~~

~~Beregning av dimensjonerende last og bruk av lastkoeffisienter er generelt beskrevet i kapittel 5 Laster.~~

TRV:08598

Geotekniske laster mot betongkonstruksjoner: Dimensjonerende geotekniske laster mot betongkonstruksjoner som for eksempel landkar, støttemurer, kulverter og hvelv for å bestemme dimensjonerende snittkrefter i konstruksjonen **skal** bestemmes som den mest ugunstige av metode 2 og 3 iht. NS-EN 1990 og NS-EN 1997-1, hvor:

• Metode 2: lastfaktorer fra tabell NA.A2.4(B) i NS-EN 1990, partialfaktor for materialparametere påjord fra sett M1 i tabell NA.A.4 i NS-EN 1997-1.

• Metode 3: lastfaktorer fra tabell NA.A2.4(C) i NS-EN 1990, partialfaktor for materialparametere påjord fra sett M2 i tabell NA.A.4 i NS-EN 1997-1.

For beregning av geoteknisk stabilitet av konstruksjonen eller grunnens bæreevne benyttes metode 3 med partialfaktor etter TRV:01975 og TRV:04536, unntatt for peler hvor metode 2 ~~skal~~ benyttes.

TRV:04534

Poretrykk: (...)

TRV:04535

Karakteristisk kapasitet: (...)

TRV:04536

Materialkoeffisienter: (...)

TRV:04537

Skadekonsekvensklasse: Generelt skal ~~brukonstruksjoner~~ konstruksjonene omfattet av dette regelverket (det vises til TRV:04843) dimensjoneres etter skadekonsekvensklasse "Meget alvorlig".

Unntak: For midlertidige konstruksjoner kan det gjøres unntak etter nærmere godkjenning av Bane NOR, dersom togtrafikk ikke er direkte involvert.

TRV:04538

Materialkoeffisient bruksgrensetilstand: (...)

TRV:04539

Geoteknisk kategori: Geoteknisk ~~prosjekteringsklasse~~ kategori skal defineres i henhold til NS-EN 1997-1.

3 Geotekniske parametre

TRV:04540

Geoteknisk grunnlagsdata for dimensjonering: (...)

TRV:04541

Involvering prosjekterende grunnundersøkelser: (...)

TRV:04542

Omfang grunnundersøkelser: (...)

TRV:04543

Undersøkelser og plassering boringer: (...)

TRV:04544

Erfaringsverdier: I tilfeller hvor grunnundersøkelser ikke foreligger eller er mangelfulle, kan erfaringsverdier unntaksvis benyttes. Grunnlaget for verdiene skal gå klart fram av dokumentasjonen. I utgangspunktet ererfaringsverdier ikke noe alternativ til grunnundersøkelser, men vil alltid være nyttige som supplement til foreliggende data. Erfaringsverdier kan for øvrig benyttes for tilkjørte masser hvor geotekniske parametre er vanskelig å bestemme (f.eks. sprengstein). De benyttede erfaringsverdier skal gjenspeile en økt usikkerhet til parametrene, og gjerne gis som variasjonsområder. Erfaringsverdier for flere geotekniske parametre er gitt i i NS-EN 1997-1 og **i V220.**

TRV:04545

Karakteristiske styrke- og deformasjonsparametre: (...)

4 Direkte fundamentering

4.1 Generelt

TRV:04546

Geoteknisk dimensjonering: (...)

TRV:04547

Frostsikring og fundamenteringsdybde med hensyn til frost: (...)

TRV:04548

EA til Godkjenning

4.2 Bæreevne

Bæreevne kontrolleres alltid i bruddgrensetilstanden (TRV:04528)

~~***TRV:04550***~~

~~Bæreevne skal alltid kontrolleres i bruddgrensetilstanden.~~

4.2.1 Fundament på berg

TRV:04551

Fundamentering på berg: (...) (PUBLISERT)

TRV:04552

Materialkoeffisient: (...)

TRV:04553

Ved direkte fundamentering på berg ~~skal~~ utføres kontroll mot glidning av fundamentet ~~utføres~~ etter formelen:

$$\left(V_x^2 + V_y^2\right)^{\frac{1}{2}} \leq \mu N$$

Vx= dimensjonerende skjærkraft i fugen i bruas tverretning

Vy = dimensjonerende skjærkraft i fugen i bruas lengderetning

μ = friksjonskoeffisient fundament – berg

Friksjonskoeffisient: ~~μ,~~ skal dokumenteres i det enkelte tilfelle. Normalt regnes μ lik 1,0 ved støp direkte på utsprengt byggegrop, og 0,7 ved bruk av avrettingsstøp på utsprengt byggegrop.

TRV:04554

Helning fundamenterings bergoverflate: (...)

4.2.2 Fundament på løsmasser

TRV:04555

Kontroll bæreevne: Kontroll av tilstrekkelig bæreevne av fundament på ~~jord~~ løsmasser, inkludert sprengsteinsfyllinger skal utføres etter klassisk teori med bæreevnefaktorer. Fundamentet skal kontrolleres mot glidning og bæreevnebrudd.

TRV:04556

Analysemetode: (...)

~~***TRV:04557***~~

~~Bæreevne i sprengsteinsfylling skal beregnes i henhold til NS-EN 1997.~~

~~Generelt er metodikken for bæreevneberegninger på jord beskrevet i NS-EN 1997.~~

4.3 Setninger

TRV:04558

Grenseverdier setninger: Det skal formuleres realistiske ~~krav~~ grenseverdier til akseptable totalsetninger og differentialsetninger for den gitte konstruksjonen. Disse skal gjenspeile sikkerhet og funksjonalitet.

TRV:04559

Kontroll setninger: Setningsberegningene skal vise at de estimerte setningene ligger innenfor disse ~~kravene~~ grenseverdiene.

TRV:04560

Beregningsmetoder setninger: (...)

TRV:04561

Spenningsberegninger med hensyn til setninger: (...)

TRV:04562

Setningsbidrag: (...)

TRV:04563

Setningsdifferanse ved prosjektering av bruoverbygning: (...)

TRV:04564

Grenseverdi for beregnet setningsdifferanse: (...)

5 Pelefundamentering

5.1 Generelt

TRV:04565

Generelle krav: Pelefundamentering i forbindelse med jernbanebruer skal prosjekteres og utføres i henhold til ~~NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (~~TRV:08114) (det vil si blant annet NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2025). TRV:08125 og TRV:08111 skal også følges.

Det skal under prosjekteringen sikres:

- riktig valg av pelefundamenteringsløsning
- tilstrekkelig kapasitet av pelen
- tilstrekkelig kapasitet av jord og fjell
- tilstrekkelig rambarhet og prosedyrer for installasjon
- tilstrekkelig sikkerhet mot at pelen skades under installasjon, inkludert beregning av rammespenninger og utmattingsbidrag fra peleramming.

Spesifikk beregning av utmattingsbidrag fra peleramming er viktigst ved høy utnyttelse avhammerens energi. Ved lav til middels utnyttelse kan beregning av rammespenninger væretilstrekkelig, sammenholdt med tidligere erfaring eller tidligere beregninger for sammenlignbareforhold. Disse kan bli krevd lagt frem.

Alle typer peler dimensjoneres iht. anbefalinger gitt i Peleveiledningen (2019).

TRV:04566

Valg av pelefundamenteringsløsning: (...)

TRV:04567

Dimensjoneringslaster: (...)

TRV:04568

Beregningsmetoder peledimensjonering: Pelens geotekniske vertikale bæreevne i form av sidefriksjon og spissmotstand skal beregnes med metoder gitt i Peleveiledningen. Den dimensjonerende bæreevnen kontrolleres i samsvar med krav i NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:~~2020~~2025, beregningsmetode 2. (Kravene er også gjengitt i Peleveiledningen.)

TRV:04569

Beregning av pelens installerte kapasitet: Pelens installerte kapasitet, eller tverrsnittets kapasitet, skal beregnes etter aktuell prosjekteringsstandard (seriene NS-EN 1992, 1993, 1994, se TRV:08114) og Peleveiledningen. Det skal anvendes en fa faktor i samsvar med Peleveiledningen. For frittstående peler i vann skal det anvendes en fv faktor i samsvar med N400 for hele pelen, unntatt pelespissen hvor fa-faktor anvendes.

For utstøpte stålrørspeler og stålkjernepeler, se TRV:04579, TRV:08681 og TRV:08105 nedenfor omrørets/foringsrørets medvirkning.

5.2 Betongpeler

TRV:04571

Spesifikasjoner betongpeler: (...)

5.3 Stålpeler

TRV:04573

Spesifikasjoner stålpeler (...)

TRV:04574

Dimensjonering for korrosjon og valg av tilfredsstillende korrosjonsbeskyttelse: Korrosjonsproblematikken skal ivaretas evt. ved krav om bestemte tiltak som katodisk beskyttelse eller tillegg i tykkelse for korrosjonsmonn. Korrosjon uten tiltak vurderes i samsvar med klausul NA.4.4 "Korrosjonshastighet for dimensjonering" i NS-EN 1993-5:2007+NA:2010. Det skal ikke benyttes overflatebehandling som korrosjonsbeskyttelse under terrengnivå eller i vann.

Klausul 4 i NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 nevner tilfeller der korrosjonsfaren kan være større enn det som gis i tabellen. I tillegg skal anbefalinger i Peleveiledningen (2019) vurderes.

TRV:04575

Beskrivelse krav til skjøting og utforming av pelespiss: (...)

TRV:04576

Sikkerhet mot knekking slanke peler: (...)

5.4 Utstøpte stålrørspeler

TRV:04578

Utførelse og kontrollkrav utstøpte stålrørspeler: (...)

TRV:04579

Maksimalverdi d/t-forhold ved konstruktiv utnyttelse av stålrør: (...)

TRV:08681

Krav og anbefalinger ved konstruktiv utnyttelse av stålrøret i utstøpte stålrørspeler: (...)

TRV:04580

Lastvirkningstilstander ved kapasitet kontroll der stålrøret i utstøpte stålrørspeler utnyttes konstruktivt: (...)

TRV:04581

Utstøpingsmetodikk av stålrørspeler: (...)

5.5 Stålkjernepeler

TRV:08105

Kapasitet og utførelsesklasse av sveiser ved konstruktiv utnyttelse av foringsrøret: For tilfeller der det er nødvendig at foringsrøret tas med i beregning av bøyestivhet og momentkapasitet skal sveiser ha dokumentert kapasitet og være utført i henhold til ~~kontrollklasse 2~~ klasse 2: NS-EN 1090-2: utførelsesklasse EXC2 (se Bruer og konstruksjoner/Prosjektering og bygging/Stålkonstruksjoner). ~~Sikkerhet mot lokalknekking av røret skal vurderes dersom påkrevd etter klausul 6.7.1(9) i NS-EN 1994-2:2005+NA:2009.~~ Foringsrøret skal ha tilstrekkelig godstykkelse korrigert for korrosjon til å unngå lokal knekking (buckling) i samsvar med NS-EN 1994-2:2005+NA:2009 klausul 6.7.1(9).

5.6 Pelegrupper

TRV:04591

Kontroll bæreevne pelegruppe: (...)

TRV:04592

Påhenglaster: Påhengslaster skal tas med som et permanent bidrag til den dimensjonerende lastvirkning (med lastfaktor 1,0 i alle grensetilstander), *men kun dersom lastvirkningen er ugunstig*.

TRV:04593

Beregning setninger pelegruppe: (...)

TRV:04594

Minst avstand mellom peler i pelegruppe: ~~Det stilles krav til m~~Minste avstand mellom pelene skal være tilsvarende anbefalinger gitt i NS-EN 1997.

TRV:08106

Risiko for og kontroll av pelbortfall i pelegruppe: (...)

5.7 Peleinstallasjon

TRV:04596

Utførelse og kontroll av pelearbeider: (...)

TRV:04597

Planlegging og omfang av kontroll: (...)

TRV:04598

Hensyn til påvirkning nære omgivelser under installasjon: (...)

TRV:04599

Valg av utstyr og utarbeidelse rammeinstruks: (...)

TRV:04600

Vurdering av rambarheten og rammespenninger i pelen under installasjon: (...)

TRV:04601

Peleinstallasjon, protokoll og kontroll: (...)

5.8 Strekkpeler

TRV:07812

Beregningsmessig bidrag av strekkpeler i pelegrupper: (...)

TRV:07813

Stålkjernepeler til berg i permanent strekk: (...)

6 Støttekonstruksjoner

6.1 Jordtrykk

TRV:04603

Jordtrykksberegninger: (...)

TRV:04604

Skrående terreng ved jordtrykkberegninger: (...)

TRV:04605

Komprimeringstrykk i geoteknisk prosjektering: (...)

TRV:04606

Representativ ruhet i geoteknisk prosjektering: (...)

6.2 Spuntkonstruksjoner

TRV:04607

Materialer spuntkonstruksjoner: (...)

TRV:04608

Midlertidige spuntkonstruksjoner: (...)

TRV:04609

Spuntdimensjonering: (...)

TRV:04610

Spuntdimensjonering: (...)

TRV:04611

Forankringer: (...)

TRV:04612

Hensyn til korrosjon ved dimensjonering spuntvegger: Dimensjonering av permanente spuntvegger skal ta hensyn til korrosjon enten ved et spuntprofilkorrigert med korrosjonsmonn, eller ved korrosjonssikring med en dokumentert tilfredsstillendemetode. Korrosjonsmonn skal beregnes i henhold til NS-EN 1997. Det skal ikke benyttes overflatebehandling som korrosjonsbeskyttelse under terrengnivå eller i vann.

TRV:04613

Kontroll bunnoppressing: (...)

TRV:04614

Vurderinger fjellfeste spuntfot: (...)

TRV:04615

Jordmasser bak spuntvegg: (...)

6.3 Støttemurer og landkar

TRV:04616

Sikkerhet mot glidning: (...)

TRV:04617

Globale stabilitetsforhold : Tilfredsstillende globale stabilitetsforhold skal dokumenteres.

Det er vanlig å skille mellom vinkelmurer og gravitasjonsmurer. Se Figur: Plasstøpt vinkelmur ogplasstøpt gravitasjonsmur. Vinkelmurer utføres i armert betong, og består av bunnplate (såle) ogstøttevegg. Bunnplaten har en utforming som gjør at den kan ta det momentet som settes oppgjennom jordtrykk mot støtteveggen. For å oppnå en slankere konstruksjon utføres oftevinkelmurene med strevere i bakkant. Gravitasjonsmurer er tyngre konstruksjoner i massiv betongeller som steinblokker. denne definisjonen avviker noe fra definisjonen i NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2025 pkt. 9.1.2.1.

TRV:04618

Dimensjonering gravitasjonsmurer: (...)

TRV:04619

Representativ ruhet i geoteknisk prosjektering: (...)

TRV:04620

Bæreevne støttemurer: (...)

TRV:04621

Sikkerhet mot glidning: (...)

TRV:04622

Globale stabilitetsforhold: (...)

TRV:04623

Støttemur på fjell: (...)

TRV:04624

Fundamentering av støttemurer med hensyn til frost: (...)

TRV:04625

Dimensjonering av landkar: (...)

6.4 Kasselandkar

TRV:04626

Dimensjonering av kasselandkar: (...)

TRV:04627

Inndeling av kasselandkar i separate kammer: (...)

6.5 Slissevegger

TRV:04628

Prosjektering av slissevegger: (...)

TRV:04629

Statikk slissevegger: (...)

TRV:04630

Utførelse slissevegger: (...)

6.6 Forankringer for støttemurer og spuntkonstruksjoner

TRV:04631

Forankring/avstivning høye støttekonstruksjoner: (...)

TRV:04632

Injiserte stag i løsmasser: (...)

TRV:04633

Forankring med vertikal forankringsvegg eller horisontal forankringsplate: (...)

TRV:04634

Forankring i fast konstruksjon: Stagene kan alternativt forankres i fast konstruksjon som har en egnet plassering. I så fall ~~må~~ skal det kontrolleres at denne konstruksjonen har tilstrekkelig kapasitet til å tåle den dimensjonerende lasten. Konstruksjonen kan eksempelvis være en motstående spuntvegg på den andre siden av en jernbanetrasé på fylling.

TRV:04635

Metodikk for dimensjonering av forankringer: (...)

TRV:04636

Dimensjonering fjellbolter for støttemurer: (...)

TRV:04637

Fjellbolter i byggetilstand: (...)

TRV:04638

Forankringslengde fjellbolter: (...)

TRV:04639

Forankringslengde fjellbolter ved undervannstøp: (...)

TRV:04640

Bruk av fjellbolter som ekstra sikkerhet: (...)

TRV:08276

Fotbolter for spuntfot dimensjoneres etter prinsipper gitt i Statens vegvesen håndbok N-V220 Geoteknikk i vegbygging (2025), med følgende ligning for dimensjonerende motstand:

$$R_{bolt,d} = 2\, W\, f_y / (\Delta\, \gamma_{M2})$$

der

Tabell: Parametere for dimensjonering av fotbolt

W	er tverrsnittets motstandsmoment for bolten (redusert for korrosjonstap).
fy	er stålets flytespenning. Tilgjengelig flytespenning for opptak av bøyemoment korrigeres for samtidigvirkende skjærkraft etter Eurokoden.
Δ	er effektivt gap som gir bøyemoment. Gapet vil som regel være større enn "lysåpningen" mellom berg og UK spunt når det korrigeres for innspenningslengde i berg og eventuelt for avstand fra UK spunt til UK foringsrør når dette ikke når ned til UK spunt. Korreksjonen av gapet ~~må~~ skal vurderes i hvert enkelt tilfelle.
γM2	er partialkoeffisient i henhold til NS-EN 1993-5 ~~kapittel 7.~~

TABELL:Parametere_for_dimensjonering_av_fotbolt

Boltens skjærkapasitet skal også kontrolleres med partialkoeffisient $\gamma_{M2} = 1{,}25$

Etter utgraving skal spuntfoten sikres i samsvar med NS-EN 12063 ~~avsnitt 8.12.7~~ dersom det skal sprenges eller sages bergskjæring tett inntil spuntveggen. Se også V220 og Byggegropveiledningen (NGF, 2019).

~~**6.7 Forankringskonstruksjon for bruer**~~

~~***TRV:04641***~~

~~Forankringer skal prosjekteres i overensstemmelse med gjeldende regler for bruer.~~

6.8 Armert jord

TRV:04642

Støttemurkonstruksjoner forankret i bakenforliggende masser: Prosjekteringsgrunnlaget for støttemurkonstruksjoner som er forankret i bakenforliggendejordmasser ved hjelp av bånd av flattstål, glassfiber, syntetiske duker e.l. skal teknisk godkjennes av BaneNOR i hvert enkelt tilfelle (TRV:07992). Det vises forøvrig til Underbygning/Prosjektering og bygging/Stabilitet.

7 Fyllinger

TRV:08691

Materialer og utførelse av fyllinger i forbindelse med jernbanekonstruksjoner: For materialer og utførelse av fyllinger i forbindelse med jernbanekonstruksjoner vises det til avsnittet "Fylling inntil bruer, kulverter og støttemurer" i Statens vegvesen vegnormal N200 Vegbygging (des.2024) samt avsnittet "Drenering og tilbakefylling" i *Statens vegvesen vegnormal N400 Bruprosjektering* (det vises til TRV:08125) som anses som gjeldende for jernbane.

Det understrekes at når Statens vegvesen vegnormal N200 Vegbygging (des.2024) tillater frostsikringsmateriale benyttet i fyllinga så er det kravene til frostsikringsmateriale i Bane NORs tekniske regelverk som gjelder.

Dersom det benyttes lette materialer gjelder kravene i Bane NORs tekniske regelverk for utførelse [lenke: Underbygning/Prosjektering og bygging]

TRV:08692

Valg masser ved tidskritisk arbeid: (...)

TRV:04643

Stabilitetskontroll av alle fyllinger: (...)

TRV:04644

Bygging fyllinger: (...)

TRV:04645

Landkar plassert på steinfylling: (...)

TRV:04646

Stabiliserende fyllinger: (...)

TRV:04647

Erosjonsproblematikk ved utfylling i vann: (...)