

KRAVSPECIFIKATION

BYGGEGRUBER OG SKAKTE

Rev.	Revisionsdato	Emne (ændring)
1	30.06.2017	Første udgivelse
2	26.08.2020	Relevant tekst relateret til beton er flyttet til BET 101. Grundvandshåndtering, afsnit 2.8 er flyttet til TUN 103. Generel opdatering med fokus på udførelse, afsnit 3.
3	31.05.2023	Tilføjelse af kapitler 2.10.11 og 3.9 vedrørende projektering og udførelse af Slidsevægge. Mindre rettelser for afsnit vedrørende Sekantpæle Tilføjelse af kapitler vedrørende revnevidde og design af permanente konstruktioner. Afsnit 2.10.4 og 2.10.5 revideret. Afsnit 2.10.6 tilføjet. Afsnit 2.10.7 og 2.10.8 tilføjet fra BET 101 version 2.

KRAVSPECIFIKATION

1	Indhold og anvendelse	7
1.1	Gyldighedsområde	7
1.2	Indhold.....	7
1.3	Love og bekendtgørelser.....	8
1.4	Normer, standarder m.m	8
1.5	Kvalitetsledelse	9
2	Udformning og projektering	11
2.1	Generelle krav.....	11
2.1.1	Levetid.....	11
2.1.2	betbetVandtæthed	11
2.1.3	Den projekterendes forpligtelser, samt inddragelse af bygherrens arbejds miljøkoordinator	11
2.1.4	Den projekterendes forpligtelser i forhold til bygbarhed og arbejdsmiljø	12
2.1.5	Arbejdsdokumenter.....	12
2.1.5.1	Projekteringsrisikovurdering.....	12
2.1.5.2	Detailprojektering (projekteringsrapport og tegninger)	12
2.1.5.3	Monitering	12
2.1.5.4	Tidsplan	12
2.1.5.5	Kontrolplaner.....	13
2.2	Specielle krav til arbejde i byområder	13
2.3	Betonmaterialer	13
2.4	Krav til geoteknisk projektgrundlag	13
2.5	Krav til Geoteknisk Basis Rapport (GBR)	14
2.6	Risikoanalyse for nærliggende bygninger, konstruktioner og ledninger	14
2.7	Bygningsregistrering.....	14
2.8	Grundvandshåndtering	14
2.8.1	Grouting	14
2.9	Metode til udgravning/indfatning	14
2.9.1	Midlertidige konstruktioner	14
2.9.2	Indfatninger der kan være midlertidige eller permanente konstruktioner	15
2.10	Design	15
2.10.1	Generelt	15
2.10.2	Geometri og tolerancer	15
2.10.3	Membran og fuger	16
2.10.4	Revnevidder	16

KRAVSPECIFIKATION

2.10.4.1	Generelt	16
2.10.4.2	Traditionel armering	16
2.10.4.3	Korrosionsbestading armering.....	17
2.10.4.4	Fiberarmering.....	17
2.10.5	Minimumsarmering	17
2.10.5.1	Traditionel armering	17
2.10.6	Langtids svind og krybning	17
2.10.7	Støbeskel	18
2.10.8	Betonkonstruktioner støbt mod skakt/byggegrube vægge.....	18
2.10.9	Grænsetilstande	18
2.10.10	Belastning.....	19
2.10.10.1	Overfladelaster.....	19
2.10.10.2	Fremtidige laster/udgravninger	19
2.10.10.3	Jordtryk.....	19
2.10.10.4	Vandtryk.....	19
2.10.11	Presse- og modtageskakte	19
2.10.12	Skråninger	19
2.10.13	Københavnervægge	20
2.10.13.1	Statiske beregninger	20
2.10.13.2	Dimensionering og verifikationer.....	20
2.10.14	Sekantpælevægge.....	20
2.10.14.1	Statiske beregninger	21
2.10.14.2	Dimensionering og verifikationer.....	21
2.10.15	Slidsevægge.....	22
2.10.15.1	Statiske beregninger	22
2.10.15.2	Dimensionering og verifikationer.....	23
2.10.16	Sprøjtebetonforing (SBF).....	23
2.10.17	Spunsvægge	23
2.10.17.1	Statiske beregninger	23
2.10.17.2	Dimensionering og verifikationer.....	23
2.10.18	Jordankre	23
2.10.19	Afstivninger, stræk og kantbjælker.....	24
2.10.20	Geoteknisk stabilitet.....	24
2.10.21	Hydraulisk brud.....	24
2.10.22	Opdrift	25

KRAVSPECIFIKATION

2.10.23	Udgravning med anlæg	25
2.10.24	Bundplader	26
3	Udførelse	26
3.1	Generelle krav	26
3.1.1	Forudsætninger for opstart af udførelse	26
3.1.2	Metodebeskrivelser	28
3.1.3	Kontrolplaner	28
3.1.4	Udførelsesrisikovurdering	29
3.1.5	Beredskabsplaner	29
3.1.6	Afslutning	29
3.1.7	Opnået vandtæthed	29
3.2	Specielle krav til arbejde i byområder	30
3.3	Bygningsrisikoanalyse	30
3.4	Betonmaterialer	30
3.5	Bygningsregistrering	30
3.6	Monitering	30
3.7	Københavnervægge	30
3.7.1	Tolerancer	30
3.7.2	Installationsmetode	31
3.7.3	Kontrol under udførelse	31
3.7.4	Prøvning	31
3.7.5	Journaler	31
3.8	Sekantpælevægge	31
3.8.1	Hensyn til jordbunds- og grundvandsforhold	31
3.8.2	Tolerancer	32
3.8.3	Installationsmetode	32
3.8.3.1	Boreskabelon	32
3.8.3.2	Boring	32
3.8.3.3	Armeringsinstallation	34
3.8.3.4	Støbning	34
3.8.3.5	Kapning og kantbjælke	35
3.8.4	Kontrol under udførelse	35
3.8.5	Prøvning	36
3.8.6	Journaler	36
3.8.7	Tilsyn	36

KRAVSPECIFIKATION

3.9	Slidsevægge	37
3.9.1	Hensyn til jordbunds- og grundvandsforhold	37
3.9.2	Tolerancer	37
3.9.2.1	Boreskabelon (Guide wall)	37
3.9.2.2	Slidsevæg panel	38
3.9.2.3	Armering	38
3.9.2.4	Indbygningsdele	38
3.9.2.5	Beton niveau efter udstøbning.....	38
3.9.3	Installationsmetode	38
3.9.3.1	Boreskabelon (Guide wall)	38
3.9.3.2	Udgravning af slidsevægpaneler	39
3.9.3.3	Borevæske / Bentonit suspension	40
3.9.3.4	Armeringsinstallation	41
3.9.3.5	Samlinger mellem slidsevæg paneler	41
3.9.3.6	Udstøbning	42
3.9.3.7	Kantbjælke	43
3.9.3.8	Udgravning efter installationsfasen	43
3.9.4	Kontrol under udførelse	43
3.9.5	Prøvning	44
3.9.6	Journaler	44
3.9.7	Tilsyn.....	45
3.10	Sprøjtebetonforing (SBF)	45
3.11	Spunsvægge	45
3.11.1	Tolerancer	45
3.11.2	Installationsmetode	46
3.11.3	Tilpasninger og samlinger	47
3.11.4	Kontrol under udførelse	47
3.11.5	Prøvning	47
3.11.6	Journaler	47
3.12	Jordankre	47
3.12.1	Tolerancer	48
3.12.2	Installationsmetoder	48
3.12.3	Kontrol under udførelse	48
3.12.4	Prøvning	48
3.12.5	Journaler	48

KRAVSPECIFIKATION

3.13	Stræk og afstivninger	49
3.14	Udgravning og face log	49
3.15	Grundvandshåndtering	50
3.16	Permanente konstruktioner	50
3.17	Tilbagefyldning af skakten	50
3.18	Retablering af terræn og belægninger	50
3.19	Udgravning med anlæg	50
3.20	Bundplader.....	51
4	Indberetning og dokumentation	51

Bilag

Bilag 1 Udbudskontrolplan (TUN 102 B1)

Bilag 2 Ordliste (TUN 102 B2)

KRAVSPECIFIKATION

1 Indhold og anvendelse

1.1 Gyldighedsområde

Denne kravspecifikation skal anvendes ved planlægning, projektering og udførelse af byggegruber og skakte i HOFORs projekter med udgravningsdybde på minimum 5 m og udgravninger/indfatningsvægge af typerne skråninger, københavner vægge, sekantpælevægge, slidsevægge, sprøjtebeton og spuns vægge. Kravspecifikationen kan benyttes ved planlægning, projektering og udførelse ved en mindre udgravningsdybde end 5 meter, hvis det vurderes at være relevant.

De beskrevne metoder er baseret på etableret fagteknisk praksis inden for HOFORs forsyningsområde. Ved arbejde uden for dette område skal det vurderes om samme praksis kan benyttes.

Kravspecifikationen dækker ikke:

- hydraulisk eller anden funktionsbestemt design til bestemmelse af skaktudformning/indretning og indvendig overfladebeskaffenhed/-behandling af skakte/bygværker.
- mekaniske og elektriske installationer, ventilations- og VVS- installationer og anden fast aptering som trapper, lejdere, hylde, reposer/platforme, rækværker mv. i skakte/bygværker.

Kravspecifikationen har grænseflade til følgende af HOFORs andre kravspecifikationer:

- JOR 101: Jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde, krav til udførelse
- JOR 102: Jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde, Geoteknisk projektgrundlag og GBR
- TUN 101: Tunnelering
- TUN 103: Grundvandshåndtering
- TUN 104: Monitoring og bygningsrisikoanalyse
- TUN 105: Risikostyring på tunnelprojekter
- BET 101: Beton

1.2 Indhold

Denne kravspecifikation beskriver kravene til planlægning, projektering og udførelse af såvel midlertidige som permanente skaktkonstruktioner.

Kravspecifikationen er for udførelse tænkt benyttet som en slags "Almindelig arbejdsbeskrivelse", som i det konkrete projekt skal suppleres, og evt. fraviges. Dette sker i projekt- eller udbudsmaterialet, herunder SAB.

Afsnit 2 angiver krav til udformning og projektering, som den projekterende skal opfylde ved projektets planlægning og projektering i alle projektfaser, inkl. hvis dele af eller hele planlægningen eller projekteringen er henlagt til udførelsesfasen.

Afsnit 3 angiver krav til udførelsen, som den udførende skal opfylde ved projektets fysiske udførelse.

Afsnit 4 angiver krav til indberetning og dokumentation af udførelsen.

KRAVSPECIFIKATION

Kravspecifikationen tager ikke stilling til hvilken part (den projekterende eller udførende) i byggeprocessen, der skal planlægge, projektere eller udføre projektet, og dermed hvilken part, der har ansvaret for opfyldelse af kravene. Dette vil være bestemt af HOFOR ved valget af byggeprocessens organisation og af kontrakt- og entrepriseformer. Ansvarsforholdene ift. kravspecifikationerne vil være beskrevet i rådgiver- og entreprisekontrakterne for det konkrete projekt.

1.3 Love og bekendtgørelser

Nedenfor er listet nogle love og bekendtgørelser, som indeholder bestemmelser med særlig relevans for kravspecifikationens område. Listen må ikke betragtes som udtømmende, og flere kunne være nævnt. Det understreges i den forbindelse, at alle gældende love og bekendtgørelser selvfølgelig skal overholdes, uanset om de er nævnt nedenfor eller i andre afsnit er ændret eller slet ikke nævnt i kravspecifikationen.

- BEK nr. 110 af 05/02/2013 Bekendtgørelse om projekterendes og rådgiveres pligter mv. efter lov om arbejdsmiljø
- BEK nr. 1832 af 16/12/2015 Bekendtgørelse om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning
- BEK nr. 467 af 23/05/2016 Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter
- BEK nr. 1452 af 07/12/2015 Bekendtgørelse om anmeldelse og dokumentation i forbindelse med flytning af jord
- BEK nr. 1260 af 28/10/2013 Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land (Boringsbekendtgørelsen)
- BEK nr. 1826 af 16/12/2015 Bekendtgørelse om uddannelse af personer, der udfører borer og brønde på land
- BEK nr. 1011 af 25/10/2012 Bekendtgørelse om registrering af ledningsejere
- LBK nr. 2062 af 16/11/2021 Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø
- LBK nr. 1317 af 19/11/2015 Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse
- LBK nr. 434 af 13/05/2016 Bekendtgørelse af lov om forurenede jord
- LBK nr. 1584 af 10/12/2015 Bekendtgørelse af lov om vandforsyning mv.
- LBK nr. 1185 af 14/10/2010 Bekendtgørelse af byggeloven
- LBK nr. 1234 af 04/11/2015 Bekendtgørelse af lov om private fællesveje
- LBK nr. 358 af 08/04/2014 Bekendtgørelse af museumsloven
- LBK nr. 578 af 06/06/2011 Bekendtgørelse af lov om registrering af ledningsejere
- LOV nr. 1520 af 27/12/2014 Lov om offentlige veje mv.

1.4 Normer, standarder m.m.

Nedenfor nævnte normer og standarder m.m. samt fremtidige opdaterede versioner af disse gælder i relation til denne kravspecifikation med de tilføjelser og fravigelser, som fremgår af projekt- eller udbudsmaterialet. Hvis ikke andet er nævnt, gælder den sidst udsendte version. Vejledninger i de nævnte normer, standarder m.m. skal betragtes som krav medmindre andet er nævnt i projekt- eller udbudsmaterialet.

Skakte skal projekteres og udføres i henhold til de gældende Eurocodes med tilhørende danske nationale annekser. I relation til denne kravspecifikation henvises til følgende specifikke normer og standarder m.m.:

KRAVSPECIFIKATION

- ASTM C 1064, Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
- DGF Bulletin 1: Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse
- DS/EN 1990, Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
- DS/EN 1991, Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner
- DS/EN 1992, Eurocode 2: Betonkonstruktioner
- DS/EN 1993, Eurocode 3: Stålkonstruktioner
- DS/EN 1994, Eurocode 4: Kompositkonstruktioner – Stål og beton
- DS/EN 1995, Eurocode 5, Trækonstruktioner
- DS/EN 1997, Eurocode 7: Geoteknik
- DS/EN 206-1, Beton – Del 1: Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse
- DS/EN 480-4, Tilsætningsstoffer til beton, mørtel og injektionsmørtel – Prøvningsmetoder – Del 4: Bestemmelse af vandudskillelse
- DS/EN 1536, Udførelse af særlige geotekniske arbejder – Borede pæle
- DS/EN 1537, Udførelse af særlige geotekniske arbejder – Jordankre
- DS/EN ISO 22477-5:2018 Geoteknisk undersøgelse og prøvning – Prøvning af geotekniske konstruktioner – Del 5: Prøvning af injicerede jordankre
- DS/EN 1538, Udførelse af særlige geotekniske arbejder – Slidsevægge
- DS/EN 10204, Metalliske produkter – Typer af inspektionsdokumenter
- DS/EN 12063, Udførelse af særlige geotekniske konstruktioner – Spunsvægge
- DS/EN 12350, Prøvning af frisk beton
- DS/EN 12715, Udførelse af specielle geotekniske arbejder – Grouting
- DS/EN 12716, Udførelse af specielle geotekniske arbejder – Jet grouting
- DS/EN 14199, Udførelse af særlige geotekniske arbejder – Minipæle
- DS/EN 13670, Udførelse af betonkonstruktioner
- DS 2426, Beton – Materialer – Regler for anvendelse af EN 206-1 i Danmark
- DS 2427, Udførelse af betonkonstruktioner – Regler for anvendelse af EN 13670 i Danmark
- EFFC/DFI Concrete Task Group: Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations 2016
- EFFC/DFI Support Fluids Task Group: Guide to Support Fluid for Deep Foundations 2019
- Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2" publiceret i Tunnelling and Underground Space Technology, 19 (2004), 217-237
- ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls, 3rd edition, 2017.
- Guidance on embedded retaining wall design - C760 CIRIA 2017
- European standards for temp. works design BS EN12810 to 12813

1.5 Kvalitetsledelse

Den projekterende og den udførende skal anvende et iht. Internationale standarder anerkendt kvalitetsstyringsystem. For projekter under udførelse henvises til AAB og SAB for Styring og samarbejde.

Det skal altid vurderes ift. det konkrete projekt om kravspecifikationen er dækkende eller der er behov for i projekt- eller udbudsmaterialet at stille supplerende krav eller fravigelser til kravspecifikationen. Det er den projekterende/udførendes ansvar at foretage denne vurdering.

KRAVSPECIFIKATION

Ved fravigelse forstås en planlagt og nøje overvejet ændring ift. kravspecifikationen. En fravigelse skal begrundes og det skal dokumenteres, at den er forsvarlig. Inden implementering skal fravigelsen accepteres af HOFOR.

Ved afvigelse forstås en ikke planlagt eller ikke overvejet ændring ift. kravspecifikationen, som af uforudsigelig eller ikke tiltænkt grund er opstået og at forholdet ikke kan bringes til opfyldelse af kravspecifikationen. En afvigelse skal beskrives i en afvigerapport mht. afvigelsens karakter og årsag, forslag til afhjælpende foranstaltninger og konsekvens af forslaget på kort og lang sigt mht. kvalitet, holdbarhed, drift og vedligehold, herunder evt. behov for skærpede overvågnings-/moniterings- eller vedligeholdsaktiviteter. Afvigerapporten skal inkludere accept/instrukts fra den projekterende. Forslaget til afhjælpende foranstaltninger skal have HOFORs accept før arbejdet udføres.

Enhver observeret adfærd af jord/skakt, som ikke stemmer overens med det forventede fra designet, skal meddeles og rapporteres til HOFOR.

Generelt gælder det, hvis ikke andet angivet, at alle dokumenter, der skal sendes til HOFORs accept, skal sendes minimum 30 dage inden arbejdet påbegyndes.

HOFOR forbeholder sig retten til at auditere den projekterende, den udførende og dennes underentreprenører og leverandører, i løbet af arbejdets udførelse. Der vil minimum 1-2 gange om året aflægges et kontrolbesøg med en audit, der vil vare 1-2 dage.

KRAVSPECIFIKATION

2 Udformning og projektering

2.1 Generelle krav

2.1.1 Levetid

Permanente konstruktioner skal projekteres for en levetid på 100 år.

Midlertidige konstruktioner skal projekteres for en levetid på mindst 5 år. Hvis midlertidige konstruktioner bruges i en periode længere end 5 år, skal levetiden tilpasses – dette skal specificeres i projekt- eller udbudsmaterialet.

2.1.2 Vandtæthed

Den færdige permanente skakt skal være vandtæt ved et udvendigt vandtryk svarende til grundvandsspejl i terræn. Krav til projekteringen for at opnå en vandtæt skaktkonstruktion er yderligere beskrevet i afsnit 3.1.7.

Midlertidige konstruktioner skal også være vandtætte, såfremt det er et element i grundvandshåndtering, så som afskærende vægge med tæt bundplade.

2.1.3 Den projekterendes forpligtelser, samt inddragelse af bygherrens arbejdsmiljøkoordinator

Den projekterendes forpligtelser er lovgivningsmæssigt reguleret af Bekendtgørelse om projekterendes og rådgiveres pligter mv. Overordnet skal den projekterende i sit design sikre, at reglerne i arbejdsmiljøloven kan overholdes under udførelsen af projektet, samt ved drift og vedligehold af det kommende anlæg.

I forbindelse med planlægningen og projekteringen af betonkonstruktioner skal den projekterende informere og inddrage HOFORs arbejdsmiljøkoordinator i nødvendige vurderinger af arbejdsmiljømæssige forhold på projektet.

Den projekterende skal som en del af planlægningen/projekteringen facilitere gennemførelsen af en skriftlig arbejdsmiljømæssig risikoidentifikation for udførelsesdelen samt for den senere drift og vedligeholdelse af det aktuelle projekt. Arbejdsmiljøkoordinatoren skal inddrages i denne proces og have råderet over det skriftlige materiale.

Den projekterende skal herudover inddrage arbejdsmiljøkoordinatoren i forbindelse med f.eks. planlægning af byggepladsforhold, fastlæggelse af udførelsesplan og særligt farligt arbejde, samt andre elementer, der skal indgå i arbejdsmiljøkoordinatorens udarbejdelse af plan for sikkerhed og sundhed.

Den projekterende skal inddrage arbejdsmiljøkoordinatoren i så god tid, at det er muligt for den projekterende at nå at tage hensyn til de anvisninger, der kommer fra arbejdsmiljøkoordinatoren.

Den projekterende skal løbende dokumentere overvejelserne med hensyn til arbejdsmiljø i en log. Loggen skal være tilgængelig for arbejdsmiljøkoordinatoren under hele projekteringsfasen, og skal overdrages til koordinatoren inden udbud.

KRAVSPECIFIKATION

2.1.4 Den projekterendes forpligtelser i forhold til bygbarhed og arbejdsmiljø

Det er den projekterendes ansvar at indtænke brugen af præfabrikerede løsninger, og ved in situ beton brugen af præfabrikerede armeringsbure, net, blivende forskalling som filigran etc.

Ved anvendelse af præfabrikerede betonelementer skal den projekterende i sin arealdisponering indregne plads til midlertidig afstivning af elementerne inden fastgørelsen.

Generelt skal den projekterende i sit forslag til arealdisponering og tidsplaner for byggepladsen afsætte plads til arbejds- og færdselsarealer i forbindelse med transport og mellemoplagring af armering og præfabrikerede betonelementer, udførelse af armeringsarbejde, kraning etc.

2.1.5 Arbejdsdokumenter

2.1.5.1 Projekteringsrisikovurdering

Den projekterende skal udarbejde en projekteringsrisikovurdering som beskrevet i kravspecifikation Risikostyring på tunnelprojekter (TUN 105).

2.1.5.2 Detailprojektering (projekteringsrapport og tegninger)

Inden detailprojekteringen skal den projekterende fremsende projekteringsgrundlaget til HOFORs accept.

Dokumentation for detailprojektering skal accepteres af HOFOR forud for enhver påbegyndelse af arbejde. Dokumentationen skal være entydig med hensyn til geometri, tilladte belastninger, jord- og grundvandsforhold, sekvens for arbejdets udførelse og grænser for designets gyldighed.

Tillige skal projekteringen indeholde anbefalinger/forslag til, hvorledes den eksisterende infrastruktur, såsom ledninger og/eller konstruktioner i jord (evt. i luft tillige) under projektet kan/skal håndteres.

Ved projekteringen skal det sikres, at byggegruber og skaktes størrelse og indretning gør det muligt at etablere gode adgangsveje og arbejdsforhold, både ved byggegrubers og skaktes konstruktion og i forbindelse med etablering af permanente konstruktionsdele og eventuel tunnelering.

2.1.5.3 Monitering

Der henvises til kravspecifikationerne:

- Grundvandshåndtering (TUN 103)
- Monitering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104)

2.1.5.4 Tidsplan

Den projekterende skal udarbejde en konkret tidsplan for projekteringen i overensstemmelse med den overordnede tidsplan i projekt- eller udbudsmaterialet, og for totalentrepriser i overensstemmelse med den udførendes tidsplan.

KRAVSPECIFIKATION

2.1.5.5 Kontrolplaner

Den projekterende skal specificere de nødvendige krav ud fra projekteringen, der skal indarbejdes som input i den udførendes kontrolplaner jf. afsnit 3.1.3.

2.2 Specielle krav til arbejde i byområder

For forhold den udførende skal være særlig opmærksom på i forbindelse med entreprisen for at sikre en så gnidningsfri gennemførelse som muligt over for offentlige myndigheder og instanser, ledningsejere, borgere og daglige brugere af områder henvises til SAB.

2.3 Betonmaterialer

For permanente konstruktioner skal anvendes beton med mindst styrkeklasse C30/37. Der henvises generelt til kravspecifikation Beton (BET 101). For projektspecifikke krav henvises til projekt- eller udbudsmaterialet

2.4 Krav til geoteknisk projektgrundlag

Der henvises til kravspecifikation Jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde (JOR 101) samt til følgende kravspecifikationer der aktuelt er under udarbejdelse (JOR 102 – JOR 104).

Geotekniske undersøgelser skal være tilstrækkelige for planlægning, projektering og udførelse af byggegruber og skakte. Den geotekniske undersøgelsesrapport og tilhørende beskrivelse af projektgrundlag skal blandt andet indbefatte følgende:

- Geologiske enheder og jordtyper, klassifikationsegenskaber og resultater af indeksforsøg
- Variationer i lagfølger
- Styrke- og deformationsegenskaber af fyld og naturlige bløde aflejringer med lave styrker, samt af forkonsoliderede faste aflejringer og af undergrundens kalk
- Forekomster af sten og blokke i glaciale aflejringer, herunder stentyper / mineralogi
- Styrker og slidende egenskaber af sten og blokke, samt af forekommende varierende hærdningsgrader af kalk og flint
- Diverse tests, for eksempel Slake Durability, Fuld udsyring og andet
- Grundvandsstande i alle betydende sekundære magasiner samt i primære magasin. Monitoring skal udføres i filtersætninger med tilstrækkelig detaljeringsgrad og varighed til at fastlægge vandstande og variationer i vandstande der kan forekomme under udførelsen af byggegruber og skakte, og lægges til grund for fastlæggelse af vandtryk der kan forekomme i projektets levetid.
- Særlig fokus på forekomst af artesiske forhold.
- Permeabilitet af alle betydende lag.
- Særlig fokus på forekomst af højpermeable zoner
- Grundvandskemi
- Eventuelle forureninger af jord og grundvand.

KRAVSPECIFIKATION

2.5 Krav til Geoteknisk Basis Rapport (GBR)

Der henvises til kravspecifikation Jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde (JOR 103) under udarbejdelse.

I den geotekniske basisrapport angives grænseværdier for udvalgte egenskaber.

2.6 Risikoanalyse for nærliggende bygninger, konstruktioner og ledninger

Der henvises til kravspecifikation Monitorering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104) og til kravspecifikation Risikostyring på tunnelprojekter (TUN 105).

2.7 Bygningsregistrering

Der henvises til kravspecifikation Monitorering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

2.8 Grundvandshåndtering

Der henvises til kravspecifikation Grundvandshåndtering (TUN 103).

2.8.1 Grouting

Hvor anvendelse af grouting kan være relevant for reduktion af permeabilitet, skal grouting generelt planlægges og udføres i henhold til DS/EN 12715. Hvor der påtænkes anvendt jet grouting skal dette planlægges og udføres i henhold til DS/EN 12716.

Hvor grouting planlægges gennemført skal risikoen for skader på naboejendomme/-konstruktioner og egne arbejder nøje vurderes og eventuelt monitoreres. I nødvendigt omfang skal konstruktioner monitoreres i realtid, således at grouting kan standses momentant ved tegn på begyndende utilsigtede påvirkninger. Omfanget af monitorering under grouting skal aftales med HOFOR.

For monitorering henvises generelt til kravspecifikation Monitorering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

2.9 Metode til udgravning/indfatning

Afhængig af metode til udgravning/indfatning kan/skal vægge betragtes som midlertidige eller som permanente og projekteres for jord- og vandtryk.

Vandtætte løsninger skal projekteres for såvel jord- som vandtryk, hvorimod det for drænede løsninger skal nærmere undersøges i hvilket omfang vandtryk skal medtages i dimensioneringen foruden jordtryk. Her tænkes specifikt på, om vandtryk optræder i brudgrænseflader, under udgravningsniveau etc.

2.9.1 Midlertidige konstruktioner

Metoder for udgravning, som betragtes midlertidige, må ikke indgå som en del af den permanente konstruktion og vil typisk bestå i:

KRAVSPECIFIKATION

- Skråning evt. med jordsøm og sikring med net, membran eller sprøjtebeton
- Københavnerveg, uanset udfyldning
- Sprøjtebetonforing (SBF)
- Borede pæle, hvis udført tangerende eller med afstand

2.9.2 Indfatninger der kan være midlertidige eller permanente konstruktioner

Metoder for indfatning af udgravninger, som kan være midlertidige eller permanente og som generelt betragtes som vandtætte, omfatter:

- Spunsvægge
- Sekantpælevægge
- Slidsevægge

For planlægning, projektering og udførelse af betonvæggene (sekantpælevægge og slidsevægge) henvises til kravspecifikation Beton (BET 101).

2.10 Design

2.10.1 Generelt

Udover nominelle udgravningskoter for alle udgravningsfaser skal maksimale tilladelige udgravningstolerancer specificeres.

Projekteringen skal tage hensyn til udførelsestolerancer.

Skakte, jf. denne specifikation, skal mindst henføres til geoteknisk kategori 2 og konsekvensklasse CC2 (medmindre der specificeres CC3 for det enkelte projekt).

α -faktoren for udførelsen skal sættes til 1,0, medmindre andet aftales med HOFOR.

Den projekterende skal dokumentere for hver af de valgte udførelsesmetoder, at alle krav overholdes i forbindelse med håndtering af kendt forurening, arkæologiske forhold, miljøkrav og begrænsninger specificeret i de relevante bestemmelser (støv, støj, vibrationer og forurening).

Den projekterende skal sikre og bekræfte, at den geologiske- og geotekniske information er passende og tilstrækkelig for projekteringen.

De hydrogeologiske forhold kan have en væsentlig indflydelse på skaktens udformning. Strategien for grundvandshåndtering skal indgå i skaktdesign, jf. kravspecifikation Grundvandshåndtering (TUN 103) afsnit 2.

2.10.2 Geometri og tolerancer

Hvis den permanente konstruktion støbes direkte mod eller tæt på indfatningsvægge, skal der under planlægningen af geometrien tages hensyn til indfatningsvæggens udførelsestolerancer og deformationer. Den projekterende skal specificere maksimalt tilladelige tolerancer og deformationer.

KRAVSPECIFIKATION

2.10.3 Membran og fuger

Der henvises til bilag 1.

2.10.4 Revnevidder

2.10.4.1 Generelt

For konstruktioner uden membran og som er udsat for vandtryk tillades kun bøjningsrevner, se afsnit 2.10.4.2, mens gennemgående revner ikke tillades for sådanne konstruktioner uden godkendt membran. Såfremt der benyttes en godkendt membran for konstruktioner udsat for vandtryk, tillades der dog gennemgående revner i den hærdnende beton såvel som den hærdede beton.

Gennemgående revner kan opstå i den unge (hærdnende) beton som følge af tvang (temperatur og/eller svind af beton). I den hærdede beton kan gennemgående revner opstå pga. last, sætninger eller tvang (temperatur og/eller svind af beton).

Den udførende skal sikre at gennemgående revner i den hærdnende beton ikke opstår såfremt der ikke vælges en membran, se afsnit 3.1.8.

I det tilfælde at gennemgående revner ikke kan undgås i den hærdede beton, f.eks. som følge af langtidsvirkninger (f.eks. last, svind, krybning og temperatur osv.), skal der enten anvendes membran, indføres bevægelige fuger eller laves en revneanviser som armeres med korrosionsbestandig armering. Revneanviseren skal have en integreret, tilgængelig mulighed for injektion, som skal kunne anvendes, såfremt det er nødvendigt, i hele konstruktionens levetid.

Såfremt der benyttes membran, tillades gennemgående revner i den hærdnende beton og den hærdede beton, se afsnit 2.10.4.2 for grænseværdier af revnevidder. Hvis der benyttes bevægelige fuger for at undgå gennemgående revner er alene bøjningsrevner tilladt, se afsnit **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** for grænseværdi for revnevidde af bøjningsrevner. Ved brug af revneanvisere til at kontrollere dannelse af gennemgående revner, er kun bøjningsrevner tilladt i konstruktioner mellem revneanviserne, se afsnit **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** for grænseværdi for revnevidde af bøjningsrevner. Såfremt der opstår utætheder ved revneanvisere skal disse injiceres hurtigst muligt, til HOFORs godkendelse, efter utæthed er observeret.

2.10.4.2 Traditionel armering

Grænseværdien for bøjningsrevner er 0,3 mm (w_k). Minimum trykzonehøjde, jf. DS/EN 1992-3, skal overholdes. Eftervisning af revneviddeberegninger skal udføres iht. DS/EN 1992-1-1 inkl. gældende nationalt annek. s.

Grænseværdien for gennemgående revner ved brug af traditionel armering for konstruktioner skal opfylde kravene i tabel 2.

Tabel 2, Grænseværdier for gennemgående revner (w_k), traditionel armering, med/uden membran

Element \ Forhold	Uden membran	Med membran
Ydre elementer jf. afsnit 2.6.2 i BET 101 samt andre elementer udsat for vandtryk	Gennemgående revner ej tilladt	0,3 mm

KRAVSPECIFIKATION

Element \ Forhold	Uden membran	Med membran
Indre elementer jf. afsnit 2.7 i BET 101 ikke udsat for vandtryk	0,3 mm	Ej relevant

2.10.4.3 Korrosionsbestandig armering

Som korrosionsbestandig armering kan anvendes syrefast rustfri armering, se krav til korrosionsbestandig armering i BET 101.

Grænseværdien for bøjningsrevner ved brug af korrosionsbestandig armering må ikke overstige 0,4 mm (w_k). Minimum trykzonehøjde, jf. DS/EN 1992-3, skal overholdes. Eftervisning af revneviddeberegninger skal udføres iht. DS/EN 1992-1-1 inkl. gældende nationalt annek. s.

Grænseværdien for gennemgående revner ved brug af korrosionsbestandig armering skal opfylde kravene i tabel 3.

Tabel 3, Grænseværdier for gennemgående revner (w_k), korrosionsbestandig armering, med/uden membran

Element \ Forhold	Uden membran	Med membran
Ydre elementer jf. afsnit 2.6.2 i BET 101 samt andre elementer udsat for vandtryk	Gennemgående revner ej tilladt	0,4 mm
Indre elementer jf. afsnit 2.7 i BET 101 ikke udsat for vandtryk	0,4 mm	Ej relevant

2.10.4.4 Fiberarmering

Som fiberarmering kan anvendes stålfibre. Krav til stålfibre er givet i BET 101.

For konstruktioner armeret udelukkende med fiberarmering er revner ikke tilladt i SLS.

2.10.5 Minimumsarmering

Minimumsarmering er kun gældende for armerede konstruktioner.

2.10.5.1 Traditionel armering

Minimumsarmering for bjælker skal opfylde kravene i afsnit 9.2 i EN 1992-1-1.

Minimumsarmering for massive plader skal opfylde kravene i afsnit 9.3 i EN 1992-1-1.

Minimumsarmering for søjler skal opfylde kravene i afsnit 9.5 i EN 1992-1-1.

2.10.6 Langtids svind og krybning

Hvis konstruktionen ikke udføres med en membran, en bevægelig fuge, eller en revneanviser, skal det eftervises, at der ikke opstår gennemgående revner pga. langtids svind og krybning. Denne eftervisning kan foretages iht. CIRIA rapport C766. HOFOR tillader følgende værdier som basis for denne beregning:

KRAVSPECIFIKATION

Relative luftfugtighed: 85%

Hvis konstruktionen primært spænder i én retning og det kan eftervises at gennemgående revner kan udgås, skal den sekundære tværarmering i konstruktionen som minimum opfylde kravene iht. afsnit 9.3.1.1 punkt (2) i EN 1992-1-1.

2.10.7 Støbeskel

Der tillades ikke støbehøjder større end 4 meter ved vægstøbninger uden forudgående konkret aftale med HOFOR. Der tillades ikke støbeafsnit med større længde end 20 meter.

Alle støbeskel skal være vandtætte (ingen gennemsivning), og der skal installeres fugebånd i reces samt injektionsslanger for efterinjicering. Hvis der alligevel opstår utætheder, skal disse injiceres hurtigst muligt efter observation.

I alle bevægelsesfuger skal der installeres et indvendigt og udvendigt fugebånd, som dimensioneres for de forventede deformationer.

For alle fugebånd skal leverandørens specifikationer og anvisninger følges. Ved valg af fugebånd skal der tages hensyn til størrelsen af vandtryk.

2.10.8 Betonkonstruktioner støbt mod skakt/byggegrube vægge

Dette omhandler vægge støbt mod sekantpæle, slidsevægge, jetgroutvægge og lignende, hvor der er risiko for revner som følge af den friske betons udvidelse og sammentrækning mod en ueftergivelig og ru overflade.

Der skal installeres en vandtæt membran. Der henvises til Bilag 1.

Membran kan undlades, såfremt det kan eftervises at der ikke vil opstå gennemgående revner, se afsnit 2.10.4 Revnevidder. Dette skal dokumenteres vha. bl.a. temperatur-spændingsanalyser, tommelfingerregel til temperaturforskelle jf. HOFORs kravspecifikation for beton (BET 101), støbeprogram og det strukturelle design. Hvis der alligevel opstår utætheder, skal disse injiceres hurtigst muligt efter observation.

2.10.9 Grænsetilstande

Der skal generelt designes for både anvendelsesgrænsetilstand (SLS), brudgrænsetilstand (ULS) og ulykkestilstanden (ALS). Der skal udføres deformationsberegninger med anerkendte metoder, enten anerkendte analytiske eller numeriske. For bygninger, veje, jernbaner eller ledninger inden for udgravningens indflydelseszone skal der udarbejdes en risikoanalyse jf. 2.6 og Bilag 2. Hvis ikke der er bygninger, veje, jernbaner eller ledninger inden for udgravningens indflydelseszone, kan kravet til deformationsberegninger lempes.

KRAVSPECIFIKATION

2.10.10 Belastning

2.10.10.1 Overfladelaster

Den karakteristiske overfladelast skal mindst sættes til 20 kN/m². For skakte nær jernbanespor i drift skal belastningerne anført i banenorm BN1-59-4 anvendes. Særlige midlertidige laster f.eks. fra kraner, bore- og rammerigge skal undersøges projektspecifikt.

2.10.10.2 Fremtidige laster/udgravninger

Eventuelle fremtidige laster/udgravninger specificeres projektspecifikt af HOFOR. Vær særlig opmærksom på at der kan være last og udgravnings krav i servitutter også kommende for evt naboejendomme

2.10.10.3 Jordtryk

Skaktkonstruktioner skal designes for jordtryk fra egenvægt, overfladelaster og laster fra bygninger og konstruktioner. Der skal tages hensyn til indflydelsen af grundvandsstrømning på jordtryk, akkurat som bidrag fra komprimering skal medtages.

For cirkulære skakte med indfatningsvægge af sekantpæle eller betonslidsevægge, hvor den indre foring støbes direkte imod skaktvæggen, skal disse påregnes at optage jordtryk i den permanente situation og i den fulde levetid.

2.10.10.4 Vandtryk

For midlertidige tilstande/konstruktioner skal alle designvandspejl (SLS, ULS og ALS) vælges af den projekterende.

For permanente, vandtætte konstruktioner gælder:

For sekundære magasiner sættes designvandspejl i eksisterende terræn, gældende for både ULS og ALS. Det må vurderes om ALS i nogle tilfælde kan være over terræn Hvis vandstanden i sekundære magasiner indenfor konstruktionens levetid kan dokumenteres at ligge betydeligt under eksisterende terræn, kan der fraviges fra dette krav efter aftale med HOFOR.

For det primære magasin skal den projekterende, med baggrund i historiske data, risiko for vandstandsstigninger etc. give oplæg til designvandspejl (SLS, ULS og ALS), til accept hos HOFOR.

2.10.11 Presse- og modtageskakte

Dette emne er dækket i kravspecifikation for tunnelering TUN101 og der henvises til dennes kapitel 2.11.

2.10.12 Skråninger

Risici forårsaget af global eller lokal ustabilitet af skråningerne skal undgås ved brug af egnede metoder. Ustabile jord- eller stenmængder skal fjernes omgående og skråningens overflade skal kontrolleres regelmæssigt. Skråningens overflade skal beskyttes mod vejret (erosion grundet nedbør, frost/tø, udtørring m.m.) For geoteknisk stabilitet henvises til afsnit 2.10.20. Skråninger skal endvidere overholde arbejdsmiljølovgivningens krav til skråningsanlæg.

KRAVSPECIFIKATION

2.10.13 Københavnergæge

Københavnergæge skal kun bruges som midlertidig, drænet konstruktion, og som udgangspunkt kun for udgravningsdybder over grundvandspejlet, dog efter særlig undersøgelse også i moræneler og sand, hvor grundvandsstanden er sænket minimum 0,5 à 1 m under bund af udgravning.

Københavnergæge må kun anvendes i nærheden af bygninger, veje, jernbaner eller ledninger, hvis de forventede vægdeformationer og relaterede sætninger er acceptable.

2.10.13.1 Statiske beregninger

Udelukkende bøjningsstivheden fra profiljernerne skal medtages i modellering for analyse af væggene. Stivheden pr. meter for en sammenhængende væg skal beregnes ved bøjningsstivheden af ét profiljernet delt med center-til-center afstanden mellem profiljernerne.

2.10.13.2 Dimensionering og verifikationer

Københavnergæge skal dimensioneres og verificeres både som enkeltpæle og som kontinuert væg, især med henblik på spidskote.

Den strukturelle verifikation af Københavnergæge skal følge reglerne, som er specificeret i DS/EN 1993-1-1 og relevante standarder for udfyldningsmaterialer (træbjælker, stålplader eller sprøjtebeton).

2.10.14 Sekantpælevæge

Sekantpælevæge kan udføres såvel midlertidige som permanente.

For runde skakte projekteres sekantpæle, som en del af den permanente konstruktion for at bære jordtrykket sammen med en indre foringsvæg til at bære vandtrykket. Geometrien af sekantpælevæggen skal give mulighed for eventuelt at forstærke den indre foringsvæg i tilfælde af at sekantpælene pga. mangelfuld udførelseskvalitet ikke kan accepteres som permanent. I dette tilfælde skal foringsvæggen projekteres til både vand- og jordtryk.

Det understreges, at det kræver tæt koordinering mellem projektering, pælernes udførelse med tilhørende tilsyn og kvalitetssikring samt at sekantpælene er uden defekter og fuldt ud kompatible med betonkravene givet i kravspecifikation for Beton (BET 101).

I tillæg stilles følgende krav til projekteringen:

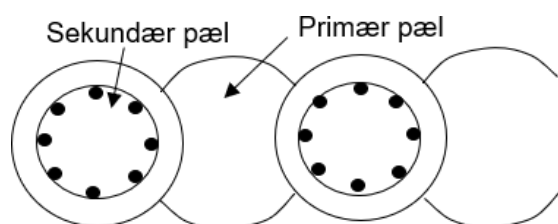
Permanente pæle:

- For rektangulære skakte skal primære pæle være uarmerede og betonen skal have en styrke på maks. C20/25. De primære pæle må ikke indgå i den statiske verifikation af væggenes bæreevne.
- For runde skakte, som hovedsageligt bærer i ringspændinger, skal primære pæle udføres uarmerede. De primære pæle indgår i den statiske verifikation for ringspændinger, men må ellers ikke indgå i den statiske verifikation af væggenes bæreevne.
- For runde skakte skal de sekundære pæle udføres uarmerede, hvor der kun er ringspænding (kompression).

Permanente og midlertidige pæle:

KRAVSPECIFIKATION

- Diameter og afstand imellem primære og sekundære pæle skal under hensyntagen til udførelsestolerancer vælges således, at der sikres tilstrækkeligt overlap mellem pælene i den nødvendige dybde for afskæring af grundvand. Afskæringsdybden indgår som en del af designet for grundvandshåndtering.
- Et resulterende minimum overlap af pæle på 50 mm, under hensyntagen til pælens længde og de udførelsesmæssige tolerancer, skal generelt opnås.



Figur 1, Sekantpæle, definitioner

Hvor projektets skakt er rund og sekantpælenes længde er stor, bør det overvejes at erstatte en rund boreskabelon med et (svagt) kantet forløb, hvor sekundær pæle udføres på en lige linje mellem to primære pæle.

Herved reduceres risikoen for, at sekundær pæle tvinges "udad/væk fra skakten", hvilket kan kritisk reducere det resulterende overlap mellem primære og sekundære pæle.

For runde skakte skal det sikres, at laster stadig kan optages ved ringspændinger.

Eftersom tiden for udførelsen af sekundær pæle ofte er (stærkt) påvirket af overlappet mellem primære og sekundære pæle, skal dette nøje overvejes i design.

Armering i pælene, afstandsklodser og indstøbte dele skal generelt projekteres således, at disse ikke forhindrer korrekt udstøbning af betonen under støbning.

Vedr. dæklagskrav til permanente sekantpæle henvises til kravspecifikation Beton (BET 101).

2.10.14.1 Statiske beregninger

For bøjning i vandret retning må udelukkende bøjningsstivheden fra de armerede pæle medtages i de statiske beregninger. Stivheden pr. meter for en sammenhængende sekantpælevæg skal beregnes ved bøjningsstivheden af én armeret pæl delt med center-til-center afstanden mellem de armerede pæle.

2.10.14.2 Dimensionering og verifikationer

Den strukturelle verifikation af sekantpælene skal følge reglerne, som er specificeret i DS/EN 1992-1-1.

KRAVSPECIFIKATION

En særlig verifikation af revnevidder er normalt ikke påkrævet, når kravene til minimumsarmering jf. DS/EN 1992-1-1 og DS/EN 1536, afsnit 7, imødekommes. Dog kan projektspecifikke krav medføre en verifikation af revnevidder.

2.10.15 Slidsevægge

Slidsevægge kan udføres såvel midlertidige som permanente.

For runde skakte projekteres slidsevægge som en del af den permanente konstruktion for at bære jordtrykket sammen med en indre foringsvæg til at bære vandtrykket. Geometrien af slidsevægge skal give mulighed for eventuelt at forstærke den indre foringsvæg i tilfælde af at slidsevægge pga. mangelfuld udførelseskvalitet ikke kan accepteres som permanent. I dette tilfælde skal foringsvæggen projekteres til både vand- og jordtryk.

Det understreges, at det kræver tæt koordinering mellem projektering, slidsevæggens udførelse med tilhørende tilsyn og kvalitetssikring. Slidsevæggene skal være uden defekter og opfylde betonkravene i kravspecifikation for Beton (BET 101), for at slidsevæggen kan indgå som en del af den permanente konstruktion.

I tillæg stilles følgende krav til projekteringen af såvel midlertidige og permanente slidsevægge:

- Slidsevægge skal projekteres som vertikale armerede elementer med den nødvendige dybde for afskæring af grundvand. Afskæringsdybden indgår som en del af designet for grundvandshåndtering. Panel dimensionerne skal være tilstrækkeligt for at tilvejebringe den nødvendige stabilitet og konstruktionsstivhed.
- Udførelsestolerancer som specificeret i afsnit 3.9.2 skal tages i betragtning under projektering.
- Projektering af slidsevægge skal udføres under hensyntagen til diskontinuitet af armeringskurve ved panel samlingerne og forøgede midlertidige overfladelaster (tunge maskiner, oplagring af materialer m.m.) samt laster fra omkringliggende bygninger og veje m.m.
- En armeret kantbjælke i toppen af slidsevægge skal projekteres for last distribution og reduktion af differentielle bevægelse mellem tilstødende paneler. For cirkulære skakte kan kantbjælken udelades. Hvis kantbjælken undlades, skal der træffes andre foranstaltninger der effektivt sikrer mod indtrængning af overfladevand i skakt og tunnel. Ligeledes skal, der i projektmaterialet beskrives, hvordan et fast og stabilt rækværk skal monteres omkring skakt samt hvordan hængestillads forankres ifm udgravning af skakten.
- Stabilitet af slidsevægpanel i udførelsesfasen skal eftervises ved beregning eller ved henvisning til erfaring under relevante geologiske / hydrogeologiske forhold. For specielle forhold såsom mægtigheder af blødbundsaflejringer større end 1 m, ukonsolideret fyldjord eller høj permeable aflejringer, og i mangel af relevant erfaring eller beregninger, skal der udføres en prøveudgravning indtil stabile aflejringer nås af minimum et slidsevæg panel for eftervisning af stabilitet under udførelse.
- Armering i slidsevægge, afstandsklodser og indstøbte dele skal generelt projekteres således, at disse ikke forhindrer korrekt udstøbning af betonen under støbning.
- Vedr. dæklagskrav til permanente slidsevægge henvises til kravspecifikation Beton (BET 101).

2.10.15.1 Statiske beregninger

For bøjning i vandret retning må udelukkende bøjningsstivheden fra det enkelte armerede slidsevæg panel medtages i de statiske beregninger.

KRAVSPECIFIKATION

2.10.15.2 Dimensionering og verifikationer

Den strukturelle verifikation af slidsevægge skal følge reglerne, som er specificeret i DS/EN 1992-1-1.

2.10.16 Sprøjtebetonforing (SBF)

Sprøjtebetonforing skal projekteres efter Eurocode 2.

Projekteringsgrundlag skal udarbejdes projektspecifikt.

Yderligere krav til udførelse af konstruktioner med SBF skal beskrives i projekt- eller udbudsmaterialet.

2.10.17 Spunsvægge

Spunsvægge anvendes såvel i midlertidige som permanente konstruktioner.

2.10.17.1 Statiske beregninger

Der skal i designet tages hensyn til eventuel brug af forboringer i forbindelse med optagelse af lodrette laster, valg af vægfriktionsvinkel og deformationer.

2.10.17.2 Dimensionering og verifikationer

Den strukturelle verifikation af spunsen skal følge reglerne, som er beskrevet i DS/EN 1993-5.

Profilvalg skal baseres på design og krav til nedbringning. Mindste godstykkelse på flange og krop er 9 mm af hensyn til robusthed og risiko for foldning. Det skal godtgøres i designdokumentationen, at det valgte profil er egnet til nedbringning gennem de forskellige jordlag til den krævede spidskote.

Beslutningsprocessen og kriterier for valg af installationsmetode skal dokumenteres og skal inkludere en evaluering af nedbringning af spunsjern. Hvor der foreligger en Geotekniske Basis Rapport (GBR), skal evalueringen baseres på de rammer for jordbundsforhold der er beskrevet i GBR.

Afstande til eksisterende ledninger skal overholde respektiafstande oplyst af ledningsejere.

2.10.18 Jordankre

For design af skakte, som henføres til konsekvensklasse CC3, skal konstruktionen eftervises for bortfald af et tilfældigt anker som ALS situation i såvel midlertidige som permanente tilstande, gældende for såvel væg- som opdriftsankre.

For CC2 skal der laves en vurdering af robusthed, idet der henvises til DS/EN 1990 DK NA Annex E.

Hvor opdriftsankre gælder, at disse skal have en forankringszone og en fri længde, der skal sikre løft af et fastlagt jordvolumen. Anvendelsen af (passive) mikro-pæle med omkringstøbning på hele eller tilnærmelsesvis den fulde længde af pælen tillades ikke.

Der gælder, at permanente jordankre skal leveres med dobbeltkorrosionsbeskyttelse med en levetid jf. afsnit 2.1.1.

Design af jordankre skal tilgodese følgende:

KRAVSPECIFIKATION

- Forankringszoner under nabogrunde skal generelt undgås. Hvis dette ikke er muligt, skal den projekterende kontakte HOFOR.
- Der tillades ikke permanente jordankre under BaneDanmarks arealer.

Ydermere skal krav til respektafstande til eksisterende ledninger, som oplyst af ledningsejere, overholdes.

For permante, opspændte jordankre (såvel væg- som opdriftsankre) skal behovet/muligheden for inspektion, test af opspænding og gen-opspænding overvejes i design.

Afslutningsdetaljer for opdriftsankre i vandtætte bundplader og lign skal overvejes nøje, så vandtætheden ikke kompromitteres.

Permanente ankre skal efterlades forspændt.

2.10.19 Afstivninger, stræk og kantbjælker

Afstivninger skal dimensioneres for eller beskyttes mod temperaturlast, jf. DS/EN 1991-1-5.

Dimensionering af afstivninger skal tage hensyn til excentriciteter pga. produktionstolerancer, installationstolerancer og eventuelle tværbelastninger.

Afstivninger skal sikres ved konstruktive tiltag mod ødelæggelse pga. f.eks. slagpåvirkninger fra kraner og gravemaskiner.

For skakte, som henføres til konsekvensklasse CC3, skal konstruktionen eftervises for bortfald af en tilfældig afstivning som ALS situation. For CC2 skal der laves en vurdering af robusthed. Der henvises til DS/EN 1990 DK NA Annex E.

2.10.20 Geoteknisk stabilitet

Der henvises til DS/EN 1997-1, kapitel 11.

Design af udgravninger skal inkludere en verifikation af totalstabiliteten. Totalstabilitet skal eftervises for korttidstilstanden (udrænede forhold) og for langtidstilstanden (drænede forhold) som nødvendigt, og skal tage hensyn til de mest ugunstige grundvandsforhold.

Eftervisning af totalstabilitet skal dokumentere tilstrækkelig spidskote for vægge og fri længde for såvel jordankre (dyb brudfigur) som vægankre, forankret uden for væggens brudfigur.

2.10.21 Hydraulisk brud

Der henvises til DS/EN 1997-1, kapitel 10.

Designet skal verificere alle fire typer af hydraulisk svigt som beskrevet i DS/EN 1997-1, afsnit 10, eller det skal dokumenteres hvorfor en eller flere brudmåder ikke er relevante.

Alle fire brudformer i jorden på grund af poretryk eller strømning (løftning, hævnning, indre erosion og piping) skal adresseres i projekteringsdokumentet, hvor relevant.

KRAVSPECIFIKATION

Under projekteringsfasen skal der udarbejdes og koordineres foranstaltninger mellem de projekterings- og udførelsesansvarlige for at reducere konsekvenserne af uventet lokal vandindtrængning gennem skaktvægge eller skaktbunden. Der henvises også til kapitel 3.14.

2.10.22 Opdrift

Opdrift af den midlertidige og permanente konstruktion skal verificeres jf. DS/EN 1997-1, kapitel 10.2 og DS/EN 1997-1 DK NA A.4.

Stabiliserende elementer udover egenvægt af konstruktionen skal koordineres med HOFOR under projekteringen.

Midlertidige konstruktionselementer må ikke regnes som bidrag til de stabiliserende laster af den permanente konstruktion. Egenvægten af midlertidige konstruktionselementer kan tages i regning, hvis den aktiveres som ren ballast.

Elementer, som tages i regning som stabiliserende elementer, skal designes for en levetid mindst lige så længe som skaktens levetid.

Skakte og konstruktioner indenfor indfatningsvægge skal som minimum projekteres for en 2 m afgravning af jord over skakten.

Hvis skakten sikres mod opdrift ved en bundplade, der rager ud igennem skaktvæggene ind i jorden, skal denne minimum være 0,5 m.

2.10.23 Udgravning med anlæg

Udgravning med anlæg finder som udgangspunkt anvendelse, hvor pladsforholdene er gode, hvor der ikke forefindes konstruktioner (bygninger/ledninger etc.) kritisk tæt på udgravningen, og hvor endeligt udgravningsniveau er i begrænset dybde.

Udgravningens sider kan vælges beskyttet for at mindske risikoen for erosion, f.eks. ved brug af måtter/membraner/net og/eller "armeres" med jordsøm, sprøjtebeton etc. for at forbedre skråningsstabiliteten.

I henhold til DS/EN 1997, Eurocode 7 skelnes mellem udgravninger med anlæg udført i geoteknisk kategori 1 (GK1) og kategori 2 (GK2).

Til førstnævnte hører bl.a. udgravninger med ubetydelig risiko, hvortil hører udgravninger over grundvandsspejlet.

Udgravninger, hvor én af følgende betingelser er opfyldt, skal henføres til geoteknisk kategori 2 (GK2):

- Hvor der graves under grundvandsspejlet
- Hvor udgravningen er ført dybere end 4 m under terræn
- Hvor udgravningen gennemskærer vandførende lag
- Hvor overfladelaster optræder nærmere skråningskanten end en afstand svarende til udgravningens dybde
- Hvor udgravningens fod slutter i fyld
- Hvor udgravningens anlæg er mindre (stejlere) end 1,5 (længde : højde)

KRAVSPECIFIKATION

For alle udgravninger med anlæg, henført til GK2 gælder, at skråningens anlæg skal fastlægges ved en egentlig stabilitetsberegning.

For geografisk større udgravninger, der nødvendiggør rampe til udgravningens bund, skal denne, som selve udgravningen, fastlægges ved egentlig stabilitetsberegning.

Som udgangspunkt skal udgravninger med anlæg ikke finde anvendelse i blødbundsaflejringer uden forudgående aftale med HOFOR.

Til enhver udgravning skal der generelt etableres forsvarlige adgangs-/flugtforhold, akkurat som der ved udgravningens top skal opsættes behørig afspærring.

2.10.24 Bundplader

Kan udføres både midlertidige, permanente og som en kombination.

Krav til beton, armering m.v. findes i kravspecifikation for Beton (BET 101).

Midlertidige huller i bundpladen, f.eks. til pumpe-sumpe og pumpeboringer, skal efter brug lukkes vandtæt og leve op til vandtæthedskravene og levetidskravene. Dette skal detaljeres i projektmaterialet.

Afslutning af jordankre i bundpladen, se under jordankre.

Hvor bundpladen indgår som en del af grundvandshåndteringen, f.eks. som tæt vandafskærende plade, skal støbeskel mod de afskærende vægge udføres vandtæt, se kravspecifikation for Beton (BET 101).

Bundpladen skal sikres mod opdriftskræfter, f.eks. ved svigt i grundvandssænkning, indtil den er tilstrækkelig afhærdet til at kunne optage lasterne. Kan f.eks. gøres med midlertidige huller i bundpladen, som tillader grundvandet at stige op over bundpladen uden at tryksætte denne.

Bundplader skal udføres på drænlag, som f.eks. nøddesten og støbeunderlag som geotextil og renselag.

3 Udførelse

3.1 Generelle krav

3.1.1 Forudsætninger for opstart af udførelse

Alle arbejdsdokumenter for midlertidige og permanente konstruktioner skal være færdige og godkendt inden at arbejdet udføres. Den udførende skal før arbejdets begyndelse indkalde til et "ready to construct-møde" (RTC-møde), hvor design, tegninger, tilladelser, metodebeskrivelser, kontrolplaner gennemgås og accepteres endeligt af HOFOR.

KRAVSPECIFIKATION

I forbindelse med udførelsen vil HOFOR ansøge relevante kommuner om tilladelse til at benytte de valgte materialer i henhold til Miljøbeskyttelseslovens §19, medmindre andet fremgår af de projektspecifikke projekt- eller udbudsdokumenter.

Den udførende skal umiddelbart efter kontraktindgåelse oplyse samtlige indholdsstoffer i alle hjælpeprodukter, eksempelvis tætningsprodukter, indholdsstoffer i grouting produkter, vandbehandlingskemikalier, tunnelborekemikalier og lignende, som skal anvendes (også ved et indhold <1%).

Idet sagsbehandlingstiden for opnåelse af miljøtilladelser ofte er lang, kan manglende oplysninger resultere i unødigt forsinkelse af projektets tidsplan. Af denne grund skal den udførende tillægge dette højeste prioritet.

Den udførende skal sikre, at en bygnings- og revneregistrering og hvis nødvendigt tilstandsundersøgelse for eksisterende bygninger og infrastruktur er afsluttet inden pågældende arbejder startes.

Den udførende skal gøre sig bekendt med og være opmærksom på de lokale forhold på byggepladsen (f.eks. tilgængelige pladsforhold, overhøjde m.m.)

Den udførende skal koordinere med HOFOR vedrørende tilgængelig information om kendskab til forurening eller arkæologiske artefakter i området for byggepladsen.

Den udførende skal bekræfte, at den geologiske- og geotekniske information er fyldestgørende for arbejdets udførelse og valg af materiel. Den udførende skal træffe de fornødne foranstaltninger for at sikre eventuelle støttekonstruktioners stabilitet mv. under arbejdets udførelse.

Inden der påbegyndes arbejde, som kræver grundvandshåndtering, skal krav i kravspecifikation Grundvandshåndtering (TUN 103) være opfyldt.

Inden opstart af underjordiske aktiviteter skal den udførende i relevant omfang verificere beliggenheden af eksisterende konstruktioner og ledninger i jorden samt tilstødende bygninger, som påvirkes af aktiviteterne.

Den udførende skal installere relevant monitoreringsudstyr på de konstruktioner, som skal monitoreres under udførelsen. Der henvises til kravspecifikation Monitorering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

Den udførende skal indlede og udføre alle nødvendige tiltag for at sikre berørte ledninger og konstruktioner i samarbejde med ledningsejer.

Den udførende skal dokumentere, at alle krav overholdes i forbindelse med håndtering af kendt forurening, arkæologiske forhold, miljøkrav og begrænsninger specificeret i de relevante bestemmelser (støv, støj, vibrationer og forurening).

Viser der sig fare for skred eller uventede sætninger, der kan berøre trafikerede arealer eller bygninger, tilkaldes byggeledelsen omgående.

Den udførende skal under hele udgravningsprocessen samt i de efterfølgende arbejdsprocesser sikre forsvarlige adgangs- og flugtveje fra skakten, når der skal udføres arbejde i udgravningen eller skakten.

KRAVSPECIFIKATION

Hvis der skal arbejdes i udgravninger eller skakte dybere end 5 meter i 2 dages varighed eller mere, skal der altid etableres et hængestillads med indvendige trappeløb fra første arbejdsdag samt nødlejder i modsatte side af trappeadgang i skakten/udgravningen. Hængestilladset bygges sektionvis nedad i takt med at udgravningen bliver dybere. Afstanden mellem den aktuelle udgravningsdybde og stillads, må på intet tidspunkt være større end 3 meter.

Den udførende skal sikre at der under hele udgravningsprocessen er adgang til hhv. nødlejder og hængestillads fra den aktuelle udgravningsdybde, fx ved brug af transportable stiger.

Den udførende skal sikre at ansatte i udgravning og skakt ikke udsættes for forbrændingsgasser. Dette kan fx sikres ved at anvende eldrevne maskiner eller i et lukket system at lede udstødningsgasser væk fra udgravning og skakt.

3.1.2 Metodebeskrivelser

Før arbejdet påbegyndes skal den udførende for alle arbejder udarbejde metodebeskrivelser, som foreskriver samtlige detaljer for de foreslåede materialer, den udførendes udstyr og aktiviteter, som benyttes ved udførelsen af de midlertidige- og permanente konstruktioner.

Den udførende skal udarbejde arbejdsprocedurer, som beskriver alle nødvendige tiltag i forbindelse med sikring mod skred og uventede sætninger, f.eks. tilbagefyldning af udgravning.

Metodebeskrivelser skal accepteres af HOFOR, inden de pågældende arbejder påbegyndes (jf. reference til "RTC-møde" i afsnit 3.1.1).

3.1.3 Kontrolplaner

Minimumskrav for relevante aktiviteter fremgår af udbudskontrolplanen, som er bilag 1 til nærværende kravspecifikation (TUN 102 B1).

Før arbejdet påbegyndes skal den udførende udarbejde kontrolplaner, som beskriver art og omfang af de kontrolaktiviteter, som den udførende vil udføre. Kontrolplanerne skal som minimum omfatte de kontrolaktiviteter, der fremgår af denne beskrivelse, og skal indeholde følgende hovedafsnit:

- A. Fordokumentation
- B. Modtagekontrol
- C. Udførelse
- D. Slutkontrol

Kontrolplaner skal forelægges HOFOR for gennemsyn minimum 30 dage inden arbejdets påbegyndelse og accepteres af HOFOR, inden de pågældende arbejder påbegyndes (jf. reference til "RTC-møde" i afsnit 3.1.1).

Kontrolaktiviteter til underafsnit under kapitel 3, som udføres på projektet, skal medtages i kontrolplanerne.

Udførelsesdokumentationen skal være fyldestgørende for at dokumentere overholdelse af normkravene til udførelsen og de projektspecifikke krav til udførelsen.

KRAVSPECIFIKATION

Særlige hændelser eller observationer noteres i en dagbog med beskrivelse af hændelsen, dens konsekvenser og deraf følgende korrigerende handlinger. HOFOR skal informeres skriftligt (og mundtligt) umiddelbart efter en hændelse er sket.

Den udførende dokumentation af kontrol herunder ovennævnte kontrolaktiviteter skal opbevares på byggepladsen og være tilgængelig på ethvert tidspunkt for HOFOR. På byggemøderne gennemgås resultaterne af den udførte kontrol siden foregående byggemøde. Ved arbejdets afslutning skal den udførende aflevere den samlede dokumentation.

3.1.4 Udførelsesrisikovurdering

Den udførende skal udarbejde en udførelsesrisikovurdering som beskrevet i kravspecifikation Risikostyring på tunnelprojekter (TUN 105). Den udførende skal desuden udarbejde en risikovurdering, der omhandler alle relevante arbejdsmiljømæssige aspekter.

3.1.5 Beredskabsplaner

Baseret på udførelsesrisikovurderingen skal den udførende udarbejde beredskabsplaner for de forskellige arbejder, som oplyser og beskriver:

- Henvisning til de relevante projekterings- og udførelsesdokumenter
- Identificering af mulige kritiske hændelser
- Procedurer og afhjælpeforanstaltninger ved kritiske hændelser
- Organisation og kommunikation
- Ansvarsfordeling
- Kontaktoplysninger af relevante medarbejdere

Der henvises i øvrigt til kravspecifikation Monitorering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104) og kravspecifikation Risikostyring på tunnelprojekter (TUN 105).

3.1.6 Afslutning

Hvis ikke andet er beskrevet i projektmaterialet, så skal efterladte konstruktionsdele fjernes til minimum 1,5 m under terræn.

3.1.7 Opnået vandtæthed

Efter støbning af den permanente struktur er kun fugtige områder tilladt. De tilladte fugtige områder er defineret som: "Områder, hvor betonen viser tegn på fugt ved at have en mørk farve. Rører man overfladen med hånden, må der efterfølgende ikke være vand på hånden. Dette betyder at ingen løbende vand eller vanddråber er tilladt". I tilfælde af utætheder, som ikke opfylder ovenstående kriterier, skal disse injiceres, medmindre det kan dokumenteres at utæthederne er ukritiske med hensyn til blandt andet holdbarheden af konstruktionen.

Ovenstående krav til vandtæthed gælder for alle permanente konstruktioner udsat for vandtryk.

3.1.8 Gennemgående revner og foranstaltninger

Entreprenøren skal planlægge tilstrækkelige foranstaltninger, f.eks. brug af køling af beton, brug af kølerør, erstatte Portland cement med flyveaske eller slagge, osv. for at sikre at gennemgående

KRAVSPECIFIKATION

revner i den hærdnende beton ikke opstår. Der henvises endvidere til BET 101 afsnit 3.4.4.2. Entreprenørens foreslåede foranstaltninger skal fremlægges til HOFOR for godkendelse i tilstrækkelig tid (minimum 1 måned før arbejdet skal udføres).

3.2 Specielle krav til arbejde i byområder

Der henvises til afsnit 2.2.

3.3 Bygningsrisikoanalyse

Der henvises til kravspecifikation Monitering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

3.4 Betonmaterialer

Der henvises generelt til kravspecifikation Beton (BET 101). For projektspecifikke krav henvises til projekt- eller udbudsmaterialet.

3.5 Bygningsregistrering

Der henvises til kravspecifikation Monitering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

3.6 Monitering

Der henvises til kravspecifikation Monitering og bygningsrisikoanalyse (TUN 104).

3.7 Københavnergægge

Københavnergægge er altid at betragte som midlertidige og skal generelt sløjfes fuldstændigt ved fjernelse af al træudfyldning/stålblader og optrækning af lodrette stålfiler.

Hvor der eksempelvis er risiko for sætninger af konstruktioner og/eller optrækning af stålfiler ikke lader sig gøre grundet eksempelvis omkringstøbning, skal profiler afskæres under terræn som anført i SAB.

Eftersom københavnergægge er en utæt konstruktion, skal vand bag vægge kontrolleret fjernes i forbindelse med udgravningsarbejdet for herved at undgå erosion gennem tilfyldningsmaterialet.

3.7.1 Tolerancer

Tolerancer for installationen af københavnergægge skal i design og udførelse overholde:

- Afsætning: ± 100 mm
- Vertikal afvigelse: 1/50

Kravet til tolerancer og kontrollen heraf bør afpasses den ønskede funktion af københavnergæggen, og den valgte installationsmetode.

KRAVSPECIFIKATION

3.7.2 Installationsmetode

Lodrette stålprofiler kan installeres ved eksempelvis ramning, vibration eller placeres i forborede huller enten til fuld dybde med afslutningsvis omkringstøbning med beton eller forboring til eksempelvis udgravningsniveau suppleret af, at én af førnævnte metoder bringer stålprofilet til endelig dybde.

Valget af installationsmetode skal bl.a. baseres på de optrædende jordbundsforhold, herunder in-situ styrken i lagene samt tilstedeværelsen af sten/hindringer. Ydermere skal krav stillet i projektmaterialet, i normer og af myndigheder til speciel støj og vibrationer medtages i vurderingen af egnet installationsmetode.

Mellem stålprofiler isættes enten træ eller stålplader, der bagfyldes med egnede sand- og grusmaterialer, der effektivt komprimeres, f.eks. ved vanding, stampning etc. Mellem stålprofiler kan også udfyldes med sprøjtebeton.

Trætømmer, og eventuelt stålplader, hvis ikke placeret bag stålprofiler, skal opkiles for at reducere utilsigtede bevægelser i det tilfyldte materiale og dermed muligheden for sætninger i terræn.

Efter installation skal lodrette stålprofiler, hvis påkrævet, afskæres i henhold til SAB.

3.7.3 Kontrol under udførelse

Under udførelsen skal det sikres, at placeringen af de lodrette stålprofiler i planen og dybden er i overensstemmelse med design, herunder at træudfyldning og stålplader lægger an på stålprofiler, eller i nødvendigt omfang kiles op.

Det skal endvidere sikres, at der bagfyldes løbende og materialet komprimeres effektivt.

3.7.4 Prøvning

Ingen specifikke krav.

3.7.5 Journaler

For alle konstruktionsdele, såsom stålprofiler, stålplader og træ gælder, at den udførende skal dokumentere, at materialerne er i henhold til designkravene.

Materialerne skal generelt være frie for fejl og skader.

3.8 Sekantpælevægge

For udførelse af sekantpælevægge henvises generelt til DS/EN 1536, ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls, 3rd edition og EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018.

3.8.1 Hensyn til jordbunds- og grundvandsforhold

Der skal gøres særlige tiltag til at sikre kvaliteten af arbejdet, hvis pæle skal udføres i blødbundsaflejring eller i enskornede friktionsjordarter under grundvandsspejlet.

KRAVSPECIFIKATION

Opmærksomheden skal tillige rettes mod artesiske vandtryk, enten i form af en vandstand nær eller over terræn/planum for pælenes udførelse eller jordlag med egentlige spændte grundvandsforhold med risiko for grundbrud, når laget anbores.

Afslutningsvist kan der være behov for stor påpasselighed, hvor lag optræder stærkt drænende og påfyldt vand kritisk dræner ud af pælen under udførelse.

3.8.2 Tolerancer

Design og udførelse skal være baseret på følgende tolerancer

- Afsætning: ± 25 mm
- Vertikal afvigelse: 1/200 (såvel for pælen i dens fulde længde som lokalt)

Der kan anvendes strengere krav, hvis den udførende kan dokumentere at være i stand til at opnå disse under gældende forhold.

3.8.3 Installationsmetode

3.8.3.1 Boreskabelon

Der skal etableres en fastholdt boreskabelon/guidewall, der sikrer, at afsætningstolerancer og vertikalitet, som udgangspunkt, overholdes. Boreskabelonen skal tillige indeholde en vis tolerance for selve udførelsen af pælen under anvendelse af borerør.

Der henvises til DS/EN 1536:2010+A1:2015, afsnit 8.5.

Forud for selve borearbejdet skal den udførende etablere et fast underlag som kan optage de kræfter som optræder i forbindelse med udførelsen, herunder oprækningen af foringsrør, tilkørsel af beton etc.

3.8.3.2 Boring

Boring skal udføres i henhold til DS/EN 1536, afsnit 8.2.

Borearbejdet skal ledes af en kyndig person med erfaring fra andre projekter med lignede omgivelser og geologi.

Pælen skal udføres med borerør(casing) i hele pælenes længde også i kalk. Dette iht tolerancen.

Pælen føres til design dybden, hvorefter denne oprensnes effektivt inden evt. placering af armeringskurv og udstøbning under anvendelse af tremie-rør. Den udførende skal i metodebeskrivelsen for sekantpælearbejdet uddybe, hvorledes effektiv oprensning foretages.

Den udførende skal holde en vandstand i borerøret som er minimum 1 m over vandstanden 1) i den omkringliggende formation og/eller 2) i lag, der anbores med dybden. Der skal udvises speciel stor påpasselighed med vandpåfyldning, når der optræder spændte (artesiske) magasiner, dvs. jordlag med et vandtryk over lagets overside.

KRAVSPECIFIKATION

I relativt stærkt permeable, evt. spændte magasiner, hvor vandstanden i borerøret under borearbejde kan/vil falde/dræne til formationens/lagets trykniveau, vil optrækning af boreudstyr ofte bevirke, at vandstanden i borerøret falder under lagets trykniveau, hvorved der optræder risiko for grundbrud.

Hvis nødvendigt, skal den udførende vandpåfylde umiddelbart inden optrækning af boreudstyr for at reducere risikoen for/undgå grundbrud. Dette kan kræve tilførsel af en væsentlig vandmængde indenfor kort tid, hvilket den udførende skal planlægge.

Kravet om opretholdelse af vandstand i borerøret med minimum 1 m kan lempes, hvis borerøret til stadighed kan holdes tilstrækkeligt foran boreudstyret for dannelse af en stabiliserende jordmasse inden i borerøret. Muligheden herfor hænger nøje sammen med valg af sekantpæle rig sammenholdt med områdets geologi, jordlagenes styrke samt pælens længde.

Den udførende skal for sit valg af sekantpæle rig fremvise relevante reference(r) for lignende forhold (pælediameter, -længde, geologi, grundvandsforhold etc.). Hvis HOFOR vurderer at sekantpæle riggen ikke kan dokumenteres med passende overlegenhed, baseret på tidligere projekter, skal en prøvepæl udføres for verificering af riggens kapacitet i forhold til udgravning til planlagt dybde uden overudgravning/grundbrud, opretholdelse af vandstand i foringsrør, endelig diameter etc.

Generelt gælder, at boreudstyr indledningsvist, og specielt under vandstand i borerøret skal optrækkes så tilpas langsomt, at der ikke dannes undertryk (stempeleffekt).

Generelt skal borearbejdet tilrettelægges således, at dette ved arbejdstids ophør ikke standses i relativt stærkt permeable jordlag og/eller i jordlag, der forringes over tid. Såfremt dette ikke kan undgås, henvises til DS/EN 1536, afsnit 8.2.1.8, idet boreudstyr ved arbejdstids ophør tillige "parkeres" på pælens bund.

Pælens dybde skal pejles manuelt, og disse målinger skal sammenholdes med evt. automatisk registrering af borerørets bundkote og boreudstyrets bundkote, så det sikres, at der ikke bores under borerørets bund.

Enhvert grundbrud/opskydning af materialer skal noteres i borejournalen og HOFORs tilsyn skal kontaktes for eventuelle ændringer/tilføjelser til den anvendte procedure. Opmærksomheden rettes mod, at materiale i suspension, efter sedimentation, kan forveksles med grundbrud/opskydning af materialer.

På endelig dybde skal pælens bund effektivt oprensnes umiddelbart inden installation af armering og udstøbning. Hvis borearbejdet udføres under grundvandspejlet, skal den endelige oprensning tage højde for materiale i suspension, f.eks. under anvendelse af flokulenter eller gennemskylning/erstatning af vandvolumen.

Såfremt pælen efterlades åben mere end 3 timer, foretages der en fornyet oprensning af bunden inden installation af armering og udstøbning.

Efterlades en pæl kortvarigt åben, eksempelvis i løbet af eller ved arbejdstids ophør, skal denne ubetinget dækkes til og tydeligt markeres. Efterlades borehullet åben i længere tid skal borehullet afspærres eller opfyldes.

KRAVSPECIFIKATION

3.8.3.3 Armeringsinstallation

Installation af armering skal udføres i henhold til DS/EN 1536:, afsnit 8.3.

Armeringskurve skal samles enten ved svejsning eller anden sammenkobling. Hvor der anvendes svejsning på pladsen, skal krav hertil for såvidt angår selve svejearbejdet som arbejdsmiljø opfyldes.

Præfabrikerede armeringskurve skal tydeligt mærkes med pælenummer/pæletype, orientering og henholdsvis ned samt eventuel orientering i den relevante pæl.

Der skal tages højde for det sted, hvor tunnelboremaskinen skal gennembore pælene, i form af et "tunneløje" uden armeringsjern og evt. med glasfiberarmering.

På armeringskurve skal der fastmonteres afstandsklodser til sikring af dæklag. Der henvises til kravspecifikation Beton (BET 101) for krav til afstandsklodser.

Sonic rør til senere integritetstest af pæle skal være monteret på armeringen ifølge de tegninger, som den udførende har udført (jf. afsnit 3.8.5). Tilsvarende gælder for rør til inklinometer installation, hvis aktuelt.

3.8.3.4 Støbning

Støbning skal udføres i henhold til DS/EN 1536, afsnit 8.4 og EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018.

Støbearbejdet skal ledes af en kyndig person med erfaring fra andre projekter med lignede omgivelser og geologi.

Der skal som udgangspunkt udstøbes ved brug af borerør i hele dybden.

Der skal støbes med støbehastighed på mindst 10 m³/time.

Støbetid, og betonleverance skal afpasses, således at betonen har den krævede bearbejdelighed i mindst ½ time efter støbning. Der må maksimalt gå 2 timer fra støbningen starter til den afsluttes.

Betonens bearbejdelighed og -temperatur skal måles ved modtagelse på pladsen, samt umiddelbart inden støbning.

Under støbning skal den udførende have tilstrækkelig mængde beton til at kunne fylde pælen i én arbejdsgang.

Betonens bearbejdelighed som funktion af tidspunktet efter blanding skal bestemmes af den udførende, og dette skal anvendes ved planlægning og kontrol af støbning.

Der skal anvendes tremie-rør og afhængig af "tør/lukket tremie-rør" eller "våd/åben tremie-rør" skal der under start af støbning anvendes en "gris" for at undgå segregering af beton, dvs. at beton opblandes med borevæske (typisk vand eller bentonit suspension).

Der skal anvendes en cylinder af flamingo eller lignende som "gris", der skal efterlade et lille mellemrum til tremie-rørets inderside. Oppustelige bolde er ikke tilladt pga. risiko for punktering. Højden af denne "gris" skal minimum være lig tremie-rørets diameter.

KRAVSPECIFIKATION

For selve støbeprocessen henvises til EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018, idet følgende bemærkes:

- Til at starte med placeres tremie-røret på pælens bund, hvorefter dette løftes mindre end tremie-rørets diameter/"grisen" højde
- Beton ifyldes betontragten indtil "grisen" er trykket i bund og beton kommer op i betontragten
- Tremie-røret løftes herefter tilstrækkeligt til at "grisen" kan udløses og beton omslutter tremie-rørets bund, hvorefter støbningen fortsætter.

I henhold til EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018 anbefales tremie-rørets bund altid at være minimum 1,5 m under betonoverfladen. For borediameter ≥ 1200 mm anbefales tremie-rørets bund minimum 2,5 m under betonoverfladen, jf. DS/EN 1536, afsnit 8.4. Maksimalt anbefales 8 m.

God praksis for tremie-støbningen skal generelt følge retningslinjerne i EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018.

Under støbning kontrolleres for vand indvendigt i tremie-røret på top af beton. Hvis vand registreres indvendigt i tremie-røret kontaktes straks HOFOR tilsyn.

Betonniveau skal pejles under støbning, som minimum efter hvert betonlæs, samt før og efter at hvert stykke borerør trækkes, således at det sikres, at betonen altid er mindst 3 gange borerørets diameter oppe i borerøret. Samhørende værdier af betonniveau og betonmængde afrapporteres.

Surging (hurtigt løft og sænkning af tremie-røret) tillades ikke og skal generelt ses som et tegn på, at betonen ikke er tilstrækkelig bearbejdelig.

Overskydende slam, vand og beton fra borearbejdet og støbeprocessen skal afledes kontrolleret til bundfældningskar eller lignende. Støbningen skal fortsætte indtil pælen fremstår med ren beton i toppen og uden segregeret beton og/eller klumper af jord.

For pæle, der skal afsluttes i terræn, foretages overflow af beton over kanten af sidste borerør, og først når ren beton er konstateret, kan sidste borerør optages/fjernes.

3.8.3.5 Kapning og kantbjælke

Kapning af pæle skal udføres i henhold til DS/EN 1536, afsnit 8.4.11.

Medmindre andet er beskrevet i SAB og/eller vist i tegningsmaterialet, skal en kantbjælke støbes på toppen af alle sekantpæle for at skabe en fastholdelse mellem alle pæletoppe. Kantbjælken skal være 30 cm over det omkringliggende terræn.

3.8.4 Kontrol under udførelse

Der henvises til DS/EN 1536, afsnit 9.1 samt Annex B for vejledning om kontrol under udførelse.

Eventuelle afvigelser/usædvanlige hændelser skal straks meddeles HOFOR, noteres i borejournalen og kommenteres af den udførende.

KRAVSPECIFIKATION

3.8.5 Prøvning

Der henvises til DS/EN 1536, afsnit 9.2 og Annex B for vejledning om frekvens af prøvning.

For pæle gælder følgende:

- Vertikaliteten skal verificeres på alle pælene under borearbejdet med loddestok. Under udgravning verificeres 10% ved opmåling.
- Permanente pæles integritet (strukturelle stabilitet) skal undersøges ved Sonic forsøg eller lignende på minimum 10 % af sekundær pælene. Den udførende skal specificere antal og placering af pæle, som skal testes, på relevante tegninger.
- Dæklaget på permanente, sekundære pæle skal verificeres ved dæklagsmålinger kalibreret op mod udborede kerner. Der henvises til kravspecifikation Beton (BET 101) for prøvning af permanente pæle.

3.8.6 Journaler

Der henvises til DS/EN 1536, afsnit 10 og Anneks C for journaler for/dokumentation af sekantpæle.

Eventuelle afvigelser/usædvanlige hændelser skal straks meddeles HOFOR, noteres i borejournalen og kommenteres af den udførende. Fokus skal bl.a. specielt rettes mod registrering af grundbrud/opskydning af materiale, dvs. hvor pælens bund ved nedsænkning af boregrej kan konstateres højereliggende. Desuden hvis pæletolerancer ikke er overholdt.

Støbejournaler skal indeholde en graf, hvor den anvendte betonmængde, der er ifyldt pælen, holdes op mod den teoretiske betonmængde afhængig af dybden for hver pælestøbning.

Der henvises desuden til kravspecifikation Beton (BET 101) for journaler for/dokumentering af permanente sekantpæle.

3.8.7 Tilsyn

Permanente sekantpæle skal udføres under skærpet kontrolklasse. Den udførende er ansvarlig for den samlede proces og skal sikre at relevante krav overholdes. Dette gælder også, såfremt der benyttes underentreprenører.

Den udførende skal sørge for passende kvalitetskontrol og tilsyn af arbejderne og skal føre tilsyn med eget mandskab, som skal have erfaring med sekantpælearbejde. Den tilsynsførende skal føre tilsyn med alle sekantpælearbejder.

Den udførende skal aflevere udspecificering af de foreslåede metoder til forsegling af alle eventuelle lækager. Der må ikke opstå lækager i konstruktionen i forbindelse med udgravningen. Planer og metodebeskrivelser for forsegling af lækager skal udarbejdes inden udgravningen påbegyndes, og materialer anvendt til reparationer skal forelægges HOFOR til accept. Lækager skal forsegles så snart de opdages for at undgå jordtab og uforholdsmæssigt stor indstrømning.

KRAVSPECIFIKATION

3.9 Slidsevægge

For udførelse af slidsevægge henvises generelt til DS/EN 1538, ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls, 3rd edition og EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018.

Boreudstyret for udførelse af slidsevægge skal være af typen "Hydrofraise/Hydromill": Boreudstyr af typen "Grab" må ikke anvendes generelt, men kun indledningsvist indtil paneludgravningen kan fortsættes med Hydrofraise/Hydromill.

Slidsevægge udføres som armerede in-situ støbte vertikale elementer.

3.9.1 Hensyn til jordbunds- og grundvandsforhold

Der skal gøres særlige tiltag til at sikre kvaliteten af arbejdet, hvis slidsevægge skal udføres i blødbundsaflejringer med lav styrke, dårligt komprimerede fyldlag eller i meget permeable lag (grus, velsorteret sand, opsprækket kalk) med risiko for tab af borevæske.

Relevante særlige tiltag kan være:

- Udskiftning af blødbund med velegnet materiale
- Injicering af permeable lag for reduktion af permeabilitet

Opmærksomheden skal tillige rettes mod artesisk vandtryk, enten i form af en vandstand nær eller over terræn/planum for slidsevægge udførelse eller jordlag med egentlige spændte grundvandsforhold. Som udgangspunkt skal niveauet af borevæsken under udgravningsfasen og udstøbningsfasen være minimum 1,5 m over middel grundvandsspejl.

Der henvises til resultater af forundersøgelser udført og rapporteret ved de enkelte projekter, jf. krav til geoteknisk projektgrundlag, kapitel 2.4.

Mejsling for gennemboring af hårde lag / større sten eller kalk/flint er ikke tilladt.

Forboring i mindre diameter ved hjælp af konventionel roterende boreudstyr kan anvendes for gennemboring af hårde lag / større sten eller kalk/flint i tilfælde af ringe fremdrift med "Hydrofraise/Hydromill"

3.9.2 Tolerancer

Design og udførelse skal være baseret på følgende tolerancer

3.9.2.1 Boreskabelon (Guide wall)

Udførelsestolerancer for boreskabelonen skal specificeres af entreprenøren således at tolerancer for slidsevægge er overholdt.

Tolerancen for afsætning af boreskabelonen i plan er ± 25 mm

Den færdige inderside af boreskabelonen skal være vertikal med maksimal vertikal afvigelse 1/200, hvor top kanten af boreskabelonen er referencen.

KRAVSPECIFIKATION

Afvigelsen fra planlagt position i længderetning må ikke være større end ± 15 mm over en længde på 5 m.

Minimumsafstand mellem boreskabelonens sider (bredderetning) er slidsevæg paneltykkelse + 25 mm.

Maksimumsafstand mellem boreskabelonens sider (bredderetning) er slidsevæg paneltykkelse + 50 mm.

3.9.2.2 Slidsevæg panel

Den færdige inderside af panelet skal være vertikal med maksimal vertikal afvigelse 1/200, hvor top kanten af panelet er referencen. Afvigelsen fra lodret må ikke være større end 15 mm for vertikal målt længde 3 m.

Paneltykkelsen må ikke være mindre end projekteret tykkelse.

3.9.2.3 Armering

Armeringen skal fastholdes under udstøbning således at en vertikal tolerance af + 50 mm / - 50 mm er sikret i forhold til projekteret afskæringsniveau / top niveauet.

Tolerancen for armeringsplacering i panelets tværretning kan være ± 50 mm men således at et minimumsdæklag angivet i kravspecifikation Beton (BET 101) er sikret.

Tolerancen for armeringsplacering i panelets længderetning er ± 75 mm.

3.9.2.4 Indbygningsdele

Tolerancen for indbygningsdele såsom armeringskoblinger eller rørgennemføringer for forankringer m.m. er ± 50 mm vertikalt og horizontalt.

3.9.2.5 Beton niveau efter udstøbning

Hvis det planlagte afskæringsniveau / top niveau for panelet er mindre end 1 m under top niveauet af boreskabelonen, skal udstøbning, med ren, uforurenede beton, udføres til top af boreskabelonen.

Hvis den planlagte afskæringsniveau / top niveau for panelet er dybere end 1 m under top niveauet af boreskabelonen, skal udstøbning med ren, uforurenede beton udføres til 1 m over planlagt afskæringsniveau med tolerancen ± 150 mm.

3.9.3 Installationsmetode

3.9.3.1 Boreskabelon (Guide wall)

Der skal etableres en fastholdt boreskabelon, der sikrer, at afsætningstolerancer og vertikalitet, som beskrevet i afsnit 3.9.2.1.

Boreskabelonen skal udføres som en armeret betonkonstruktion med tilstrækkelig styrke til at modstå kræfter som optræder i forbindelse med udførelsen, herunder flytning og håndtering af boreudstyr, armering, tilkørsel af beton etc.

Dybden af boreskabelon skal tilpasses de aktuelle jordbundsforhold, men skal som minimum være 1.0 m. Minimumsbredde af boreskabelon er 0.3 m.

KRAVSPECIFIKATION

Top niveauet for boreskabelonen skal være 1.8 m over middel grundvandspejl således at et borevæskeovertryk på minimum 1.5 m kan overholdes uden risiko for overløb af borevæske.

Boreskabelonen skal holdes med tilstrækkelig indvendig afstivning indtil panel udgravning påbegyndes.

3.9.3.2 Udgravning af slidsevægspaneler

Paneludgravning skal udføres i henhold til DS/EN 1538, afsnit 8.4.

Paneludgravning - og udstøbningsarbejdet skal ledes af en kyndig person med erfaring fra andre projekter med lignende omgivelser og geologi.

Kortlagte hindringer i jorden i slidsevægstraceet skal fjernes inden paneludgravning påbegyndes. Tilbagefyldning efter fjernelse af hindringer skal udføres med kompakteret velegnet materiale med lav permeabilitet.

Panel udgravning må kun foregå under anvendelse af borevæske. Niveauet af borevæsken skal holdes konstant under udgravning og som minimum i det niveau, som er krævet for panel stabilitet.

Efter panelet er udgravet til slut dybde, skal boreværktøjet udbygges med børster. Der skal som minimum udføres et kontrolløb fra overfladen til slutdybden med børste monteret på «Hydrofræse/hydromill» for at sikre at evt. overskydende boremudderkage er fjernet inden installation af armering og udstøbning.

Primære panelerne på hver side af et sekundært panel skal udføres forud for etablering af sekundærpanelet, se figur 2.



Figur 2, Slidsevæg, definitioner og udførelsesrækkefølge

Udgravning af et sekundært panel må ikke påbegyndes før de tilstødende paneler har opnået tilstrækkelig styrke.

I tilfælde af pludselig og signifikant tab af borevæske, skal panel udgravning standses og udgravning tilbagefyldes med enten en speciel borevæske iblandet tætningsmateriale eller med en lav-styrke beton (5 MPa). Udgravning af panelet kan fortsætte når borevæske niveauet er stabiliseret eller når den tilbagefyldte beton er tilstrækkelig hærdnet.

Der skal være en tilgængelig reserve af færdigblandet borevæske på byggepladsen svarende til minimum 2,5 gang volumen af det enkelte panel.

Armeringskurven må ikke installeres før resultaterne af KODEN ultralydmålinger af paneludgravningsgeometri har verificeret geometrien.

I tilfælde af manglende overholdelse af vertikalitetskrav eller geometri skal panelet udstøbes med en lavstyrke beton (5 MPa) og bores om, når den tilbagefyldte beton er tilstrækkelig hærdnet.

KRAVSPECIFIKATION

3.9.3.3 Borevæske / Bentonit suspension

Borevæsken må kun bestå af en suspension af ren naturligt natrium bentonit og rent ferskvand.

Den komplette kemiske og mineralogiske specifikation for den anvendte bentonit skal foreligge til godkendelse før slidevægsarbejdet påbegyndes. Bemærk krav til godkendelse iht. §19, se afsnit 3.1.1.

Kravene til borevæsken er sammenfattet i tabel 4.

Følgende standard skal anvendes ved test af borevæske: EN ISO 13500, 2008 Petroleum and natural gas industries — Drilling fluid materials — Specifications and test.

Tabel 4, Krav til borevæske

	Frisk Bentonit suspension	Regenereret bentonit suspension	Bentonit suspension før udstøbning
Densitet (g / cm ³)	< 1,10	< 1,20	< 1,10
Marsh viskositet (s)	35 - 45	35 – 55	35 - 45
Væsketab (cm ³)	< 30	< 50	< 30
pH	7 - 11	7 - 11	7 - 11
Sandindhold (% af volumen)	N/A	N/A	< 3
Filterkage tykkelse (mm)	< 3	< 5	< 3

Der skal udføres forsøg med forskellige bentonit typer for at sikre anvendeligheden af bentonitblandingen. Bentonitblandingen skal eftervises at være stabil i laboratorieforsøg forud for anvendelse.

Fravigelser fra kravene til borevæsken kan tillades under særlige forhold:

- I aflejringer med høj permeabilitet eller hulrum, hvor tab af borevæsken er sandsynlig
- Højt grundvandspejl under artesiske forhold
- Meget løst sand eller blødbundsaflejringer med meget lav styrke
- Grundvand med højt saltkoncentration

For ovennævnte forhold skal entreprenøren foreslå relevante borevæske parametre til HOFOR's godkendelse, som sikrer panel stabilitet under udgravning og udstøbning.

Udstyr til regenerering af borevæske skal som minimum inkludere følgende elementer med tilstrækkelig kapacitet og antal for overholdelse af kravværdiene udspecificeret i tabel 3:

- Vibrationssigte
- Desander
- Desilter
- Dekantercentrifuger

KRAVSPECIFIKATION

Regeneret borevæske skal udskiftes før udstøbning med en borevæske som opfylder kravene opstillet i tabel 3, Bentonit suspension før udstøbning.

Længere standby tid end 24 timer med regeneret borevæske i færdigudgravede paneler er ikke tilladt.

3.9.3.4 Armeringsinstallation

Armering i slidsevægge skal opfylde kravene i DS/EN 1538, afsnit 6.6 og 6.7.

Installation af armering skal udføres i henhold til DS/EN 1538, afsnit 8.7.

Præfabrikerede armeringskurve skal tydeligt mærkes med panelnummer/paneltype, orientering og henholdsvis ned samt eventuel orientering i det relevante panel.

Der skal tages højde for, hvor TBM skal bore gennem slidsevæggen, i form af et "tunneløje" med glasfiberarmering. Dette gælder også for andre steder, hvor slidsevæggen skal gennembøres.

På armeringskurve skal der fastmonteres afstandsklodser til sikring af dæklag. For permanente slidsevægge skal afstandsklodser enten laves af beton som opfylder krav i kravspecifikation for beton (BET 101) eller laves i rustfri stål. Robuste wheel spacers i plastik tillades også til permanente slidsevægge, se krav til disse i kravspecifikation for beton (BET 101).

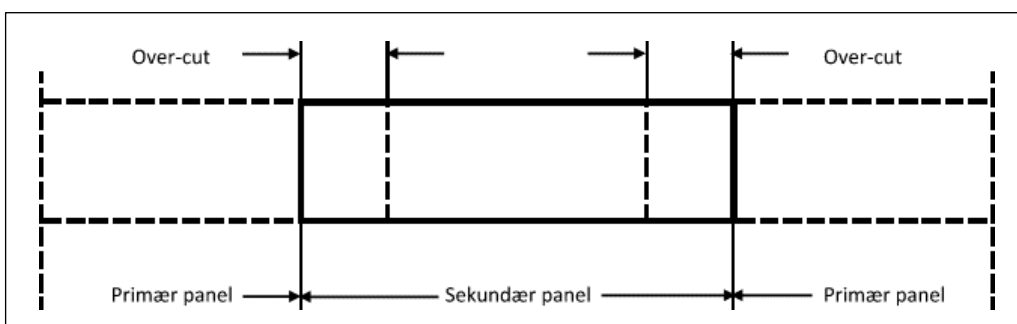
Vertikal afstand mellem afstandsklodser skal være mindre end 5,0 m og den horizontale afstand mellem afstandsklodser mindre end 2,5 m.

Sonic rør (3 rør per testpanel) til senere integritetstest af slidsevægpanel skal være monteret på armeringen ifølge de tegninger, som den udførende skal udføre (jf. afsnit 3.8.5). Tilsvarende gælder for rør (1 rør per testpanel) til inklinometer installation.

3.9.3.5 Samlinger mellem slidsevæg paneler

Samlinger mellem panelerne kan udføres med over-cut eller med stop-ender i henhold til DS/EN 1538.

Panelsamling med over-cut udføres iht. Figur 3.



Figur 3, Slidsevæg, overcut samling

Størrelsen af overcut skal være konsistent med vertikal tolerance og dybden af slidsevæg panelet.

Entreprenøren skal i metodebeskrivelse udspecificere om panelsamlinger med stop-ender er med blivende indstøbte stop-ender eller med midlertidig stop-ender som fjernes i takt med udstøbning.

KRAVSPECIFIKATION

Stop-ender skal have tilstrækkelig længde, tykkelse og materialstyrke til formålet samt rene glatte overflader.

Det skal sikres at stop-ender er fasholdt mod horizontale bevægelser.

For midlertidige stop-ender som fjernes i takt med udstøbning, skal det sikres, at optrækning sker jævnt under udstøbning og med tilstrækkelig overlap. Proceduren for tilbagetrækning af midlertidig stop-ender skal være beskrevet i metodebeskrivelsen.

3.9.3.6 Udstøbning

Støbning skal udføres i henhold til DS/EN 1538 afsnit 8.8 og 8.9 og EFFC/DFI Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2018.

Før udstøbning skal den regenererede borevæske udskiftes med ren borevæske som opfylder de specificerede krav i tabel 3, afsnit 3.9.3.3.

Der skal støbes med en vertikal støbehastighed på mindst 5 m/time.

Støbetid, og betonleverance skal afpasses, således at betonen har den krævede bearbejdelighed i mindst ½ time efter støbning.

Betonens bearbejdelighed og -temperatur skal måles ved modtagelse på pladsen, samt umiddelbart inden støbning.

Under støbning skal den udførende have tilstrækkelig mængde beton til at kunne fylde et slidsevæg panel i én arbejdsgang. Som udgangspunkt skal udstøbningskapaciteten være minimum 30 m³/time.

Betonens bearbejdelighed som funktion af tidspunktet efter blanding skal bestemmes af den udførende, og dette skal anvendes ved planlægning og kontrol af støbning.

Der skal anvendes 2 tremie-rør, med minimums indvendig diameter 300 mm, for en standard panellængde af 2,8 m. Under start af støbning anvendes en "Gris" for at undgå segregation af beton, dvs. at betonen opblandes med borevæsken under adskillelse/opdeling af betonens bestanddele.

"Gris" kan være en hård plast kugle eller en polystyrencylinder med diameter svagt mindre og en højde svarende til indvendig diameter af tremie-røret. Oppustelig ballon er ikke tilladt pga. risiko for punktering.

For selve støbeprocessen bemærkes:

- Tremie-røret placeres på panelets bund, hvorefter tremie-røret løftes mindre end tremie-rørets diameter
- Beton ifyldes tremietragten indtil "Gris" er trykket i bund og hele tremie-røret er fyldt med beton op til tremietragten
- Tremie-røret løftes herefter tilstrækkeligt, dog maksimum 0.5 m, til "buffer" slipper igennem bunden af tremie-røret og betonen omslutter tremie-rørets bund, hvorefter støbningen fortsætter.

KRAVSPECIFIKATION

- Nedsænkingsdybden af tremie-rør i beton skal være minimum 6 m før den første sektion af tremie-rør kan fjernes. Efterfølgende skal nedsænkingsdybden af tremie-rør i beton være minimum 3 m og maksimum 6 m før fjernelse af efterfølgende tremie-rør sektion.

Betonniveau skal pejles under støbning, som minimum efter hvert betonlæs, samt før den enkelte tremie-rør sektion trækkes, således at det sikres, at kravene til nedsænkingsdybde af tremie-rør overholdes.

Surging (hurtigt løft og sænkning af tremie-røret) tillades ikke.

Overskydende slam, vand og beton fra borearbejdet og støbeprocessen skal afledes kontrolleret til bundfældningskar eller lignende.

Støbningen skal fortsætte indtil panelet fremstår med ren beton i toppen og uden segregeret beton og/eller boreslam/sedimenter.

3.9.3.7 Kantbjælke

Med mindre andet er beskrevet i SAB og/eller vist i tegningsmaterialet, skal en kantbjælke støbes på toppen af alle slidsevægpaneler for at skabe en sammenhængende top fastholdelse mellem alle paneler.

Kantbjælken udføres efter nedbrydning af boreskabelonen og frihugning af armering i toppen af slidsevægpanelerne. Kantbjælken skal være 30 cm over det omkringliggende terræn.

Under frihugning af armering i paneler, skal det sikres at armering ikke beskadiges.

3.9.3.8 Udgravning efter installationsfasen

I udgravningsfasen skal slidsevægpaneler trimmes således at panelerne fremstå plane.

For slidsevægge hvor der skal installeres membraner, må fremspring på overfladen af panelerne ikke være større end 20 mm målt over maksimalt 2 m.

Lækager mellem slidsevægpaneler skal udbedres straks og løbende i takt med udgravningsarbejder. Lækager injiceres med en hurtig hærdnende cement suspension eller andre relevante godkendte materialer.

3.9.4 Kontrol under udførelse

Der henvises til DS/EN 1538, afsnit 9 samt Annex B for vejledning om kontrol og kontrolfrekvens under udførelse.

Eventuelle afvigelser/usædvanlige hændelser skal straks meddeles HOFOR, noteres i relevante journaler og kommenteres af den udførende.

Følgende kontrol af elementer er obligatorisk:

- Borevæske parametre iht. Tabel 3 i dette dokument.
- Vertikalitet af udgravet panel ved KODEN (ultralyd) opmåling umiddelbart efter afslutning af udgravning og før nedsænkning af armeringskurv.

KRAVSPECIFIKATION

- Modtagekontrol af armeringskurve.
- Afstandsklodser antal og fastgørelse.
- Beton egenskaber.
- Beton volume og niveau samt position af tremie rør under udstøbning iht. Annex C i DS/EN 1538.
- Vertikalitet af indvendig side af slidsevæg med maskinindbygget digital monitoringsystem (kontinuerlig i udgravningsfasen).

3.9.5 Prøvning

Der henvises til DS/EN 1538 afsnit 9 og Annex B for vejledning om omfang af prøvning.

For slidsevægspaneler gælder som minimum følgende:

- Vertikaliteten af alle slidsevægspaneler skal verificeres; under borearbejdet ved KODEN (ultralyd) opmåling og under udgravning ved opmåling/digital monitoringsystem.
- Integritet (strukturelle stabilitet) af permanente slidsevægspaneler skal undersøges ved Crosshole Sonic forsøg eller lignende på minimum 10 % af panelerne. Den udførende skal specificere antal og placering af paneler, som skal testes, på relevante tegninger og udføres succesiv så resultaterne kan anvendes for efterfølgende paneler.
- Dæklaget på permanente paneler skal verificeres ved dæklagsmålinger kalibreret op mod udborede kerner. Der henvises til kravspecifikation Beton (BET 101) for prøvning af permanente slidsevægspaneler.

3.9.6 Journaler

Der henvises til DS/EN 1538: afsnit 10 og Annex C for journaler for/dokumentation.

Som minimum skal følgende journaler/tegninger foreligge for hver panel:

- Borejournal med vertikalitetsmålinger og borehastighed m.m. under borearbejde.
- Borevæske journal med målinger af borevæske egenskaber iht. Tabel 3 og borevæskeforbrug under borearbejde.
- KODEN (ultralyd) opmåling af hver panel geometri før armeringsinstallation.
- Tegning af armeringskurv med angivelse af samlinger og afstandsklodser antal og placering.
- Armeringsinstallationsjournal.
- Betonprøvningsjournal iht. kravspecifikation for Beton (BET 101).
- Udstøbningsjournal iht. Annex C i DS/EN 1538.
- Sonic testresultater for de paneler hvor der er udført test.

Eventuelle afvigelser/usædvanlige hændelser skal straks meddeles HOFOR, noteres i den relevante journal og kommenteres af den udførende. Her tænkes bl.a. specielt på tab af borevæske, områder/niveauer af mér-/mindreforbrug af beton og manglende opfyldelse af tolerancer.

Der henvises endvidere til kravspecifikation Beton (BET 101) for journaler for/dokumentering af permanente slidsevægge.

KRAVSPECIFIKATION

3.9.7 Tilsyn

Permanente slidsevægge skal udføres under skærpet kontrolklasse. Den udførende er ansvarlig for den samlede proces og skal sikre at relevante krav overholdes. Dette gælder også, såfremt der benyttes underentreprenører.

Den udførende skal sørge for passende kvalitetskontrol og tilsyn af arbejderne og skal føre tilsyn med eget mandskab, som skal have erfaring med slidsevægsarbejde. Den tilsynsførende skal føre tilsyn med alle slidsevægsarbejder.

Den udførende skal aflevere udspecificering af de foreslåede metoder til forsegling af alle eventuelle lækager. Der må ikke opstå lækager i konstruktionen i forbindelse med udgravningen. Planer og metodebeskrivelser for forsegling af lækager skal udarbejdes inden udgravningen påbegyndes, og materialer anvendt til reparationer skal forelægges HOFOR til accept. Lækager skal forsegles så snart de opdages for at undgå jordtab og uforholdsmæssigt stor indstrømning.

3.10 Sprøjtebetonforing (SBF)

Sprøjtebetonforing må ikke installeres mod indtrængende grundvand. Hvis sprøjtebetonforing ikke er dimensioneret for grundvandstryk, skal grundvandstryk udelukkes ved at dræne.

Yderligere krav til konstruktioner med SBF er beskrevet i projekt- eller udbudsmaterialet.

Overholdelse af designgeometrien skal dokumenteres.

3.11 Spunsvægge

Spunsvægge anvendes såvel i midlertidige som permanente konstruktioner.

For førstnævnte kan fuldstændig sløjfning komme på tale med omfang nærmere beskrevet i SAB.

Såfremt spunsprofiler ikke trækkes, skal de afskæres minimum 1,5 m under endeligt terræn.

Af hensyn til overførelse af vibrationer til bygninger, må spunsprofiler ikke trækkes ved vibrering, så længe, der er frost i jorden.

3.11.1 Tolerancer

Der henvises generelt til DS/EN 12063, afsnit 8.6 for tolerancer til installationen af spunsvægge, dog skal design og udførelse baseres på følgende:

- Afsætning: ± 100 mm
- Vertikal afvigelse: 1/50

Kravet til tolerancer og kontrollen heraf bør afpasses den ønskede funktion af spunsvæggen, og den valgte installationsmetode.

Hvis afsætnings- og/eller hældningstolerancer ikke overholdes, skal spunsprofilet optrækkes og genplaceres.

Brug af rammeleder skal altid overvejes af den udførende.

KRAVSPECIFIKATION

3.11.2 Installationsmetode

Der henvises til DS/EN 12063, særligt afsnit 8.5, anneks C og D.

Valg af metode for installation af spunsvægge afhænger i høj grad af jordbundsforholdene, overordnet som følger:

- Nedvibrering, velegnet i vandmættet sand
- Ramning, i fastere jordlag, enten som panel eller enkelt profiler

Nedbringning af spunsprofiler ved nedvibrering kan være bedre til at knuse/flytte rammehindringer og er mere skånsom for spunsen sammenlignet med ramning.

Nedvibrering skal ske under anvendelse af en højfrekvent og resonansfri vibrator til minimering af vibrationer og støj.

Hvor der er tvivl om nedbringning er mulig, kan muligheden herfor forbedres gennem:

- Forgravning ved eksempelvis udgravning af slidse med grab eller forboring, ved mange hindringer i jorden og fast sand og kalk,
- Spuling (lav-/højtryk)

Valget af installationsmetode skal baseres på de optrædende jordbundsforhold, herunder in-situ styrken i lagene samt tilstedeværelsen af sten/hindringer. Ydermere skal krav stillet i projektmaterialet, i normer og af myndigheder til specielt støv, støj og vibrationer medtages i vurderingen af egnet installationsmetode. Valg af installationsmetode skal inkludere, men er ikke begrænset til, følgende:

- Lokale erfaringer ved tilsvarende betingelser
- Prøvedbringning
- Accepterede empiriske korrelationer til relevante jordegenskaber (f.eks. defineret ved SPT, CPT, mv.)

Standses på sten skal det overvejes om spunsprofilet skal efterlades i den opnåede dybde/kote, og om der i forbindelse med udgravning skal forgraves, hvor spunsjern mangler, hvorved der kan svejses jern på. På denne måde vil låsesprængninger og problemer med tolerance kunne undgås.

I forbindelse med svejsearbejde skal gældende regler/retningslinjer for svejsning på arbejdspladsen overholdes, herunder arbejdsmiljø.

Rammehindringer kan enten sprænges eller frigraves og fjernes, hvis ikke de statiske forhold og grundvandsforhold for de opnåede spidskoter kan eftervises.

Ethvert tiltag i tilfælde af ikke-opnåede spidskoter, som f.eks. forstærkning af spuns, grouting m.m., skal eftervises og dokumenteres.

Enkelte for korte spunsjern kan være at foretrække frem for opnåede spidskoter med risiko for skader på spunsen.

Efter installation skal spunsprofiler, hvis påkrævet, afskæres i henhold til SAB.

KRAVSPECIFIKATION

Brug af bitumen i spunsprofil låse vil reducere risikoen for vandindsivning og hjælpe på nedramning. Bitumen påføres en dag før nedramning.

3.11.3 Tilpasninger og samlinger

Tilpasninger og samlinger skal følge DS/EN 12063, afsnit 8.4 og anneks B.

3.11.4 Kontrol under udførelse

Kontrol under udførelsen skal sikre, at der anvendes korrekt profiltype, stål kvalitet og længde.

Eventuelle afvigelser fra designkravene skal straks meddeles HOFOR, noteres i markjournalen og kommenteres af den udførende. Speciel fokus skal der være på låsesprængninger og sten/hindringer

3.11.5 Prøvning

Der henvises til DS/EN 12063, afsnit 9.2.

3.11.6 Journaler

Der henvises til DS/EN 12063, afsnit 9 og 10.

Journaler skal blandt andet dokumentere udførelseskontrol af type af spunsprofiler og stål kvalitet, inspektion for fejl og skader, installationsforløb, opnåede spidskoter og låsesvejsninger.

Inspektionsdokument type 3.1 i henhold til DS/EN 10204 skal medfølge leverancer af alle nye spunsprofiler.

Hvis den udførende anvender brugte spunsjern, skal den udførende ubetinget dokumentere, at spunsjernene er frie for fejl og skader samt at de lever op til designkravene. Brugte spunsjern må kun finde anvendes i midlertidige konstruktioner.

For alle konstruktionsdele, såsom stålprofiler, stålplader og træ gælder, at den udførende skal dokumentere, at materialerne er i henhold til designkravene.

Materialerne skal generelt være frie for fejl og skader.

3.12 Jordankre

Nærværende afsnit er generelt gældende for såvel væg- som opdriftsankre, med mindre andet er specifikt anført i SAB.

Jordankre skal udføres i henhold til DS/EN 1537:2013 samt leverandørens forskrifter og kontrolleres ved egnethedsforsøg og godkendelsesprøvning i henhold til DS/EN 1997-1:2007, DS/EN 1997-1 DK NA:2020 og DS/EN ISO 22477-5.

Hvor der efterlades midlertidige jordankre i jorden, skal disse afspændes.

Permanente ankere skal forspændes medmindre andet er angivet i SAB.

KRAVSPECIFIKATION

3.12.1 Tolerancer

Installation af jordankre skal udføres med tolerancer i overensstemmelse med DS/EN 1537.

3.12.2 Installationsmetoder

Der henvises til DS/EN 1537.

Under artesiske forhold, enten i form af ankerinstallation i/gennem jordlag med et vandtryk over terræn eller fra et (lavere/dybere) udgravningsniveau, skal risikoen for opstrømmende vand og tab/fortynding/udvaskning af grout enten (op) til terræn/udgravningsniveau og/eller til selve formationen håndteres.

Det understreges, at hvor ankerspids føres dybere end pumpeboringer til grundvandshåndtering af eksempelvis en byggegrube/skakt, da er vandtrykket at betragte som u-afsænket, og skal håndteres i henhold til DS/EN 1537.

3.12.3 Kontrol under udførelse

Installation og test af ankre skal overvåges og dokumenteres i overensstemmelse DS/EN 1537 og DS/EN ISO 22477-5.

Enhver afvigelse skal straks rapporteres til HOFOR, som angivet i kontrakten.

3.12.4 Prøvning

Alle ankre skal underkastes prøvning, som følger:

Egnethedsforsøg:

I henhold til DS/EN 1997-1 DK NA:2020, tabel A.6-2 NA skal 2%, dog min 3 stk. ankre underkastes egnethedsforsøg; testmetode 1 er obligatorisk iht. DS/EN ISO 22477-5.

Godkendelsesprøvning:

I henhold til DS/EN 1997-1:2007, afsnit 8.8 skal alle ankre, hvis ikke egnethedsprøvet, underkastes en godkendelsesprøvning. Ankre godkendelsesprøves efter metode 1, jf. DS/EN 1997-1 DK NA:2020, tabel A.6-3 NA og iht. DS/EN ISO 22477-5.

Der henvises generelt til DS/EN ISO 22477-5 for procedure for egnethedsforsøg og godkendelsesprøvning efter metode 1.

3.12.5 Journaler

For selve anker installationen henvises til DS/EN 1537 og for test af ankre til DS/EN ISO 22477-5.

Eventuelle afvigelser/usædvanlige hændelse skal straks meddeles HOFOR, noteres i borejournalen og kommenteres af den udførende.

KRAVSPECIFIKATION

3.13 Stræk og afstivninger

Kontakt i samlingerne mellem væg og stræk/afstivninger, samt mellem stræk og afstivninger skal sikres vha. shims, udstøbning med mørtel eller lignende.

3.14 Udgravning og face log

Under udgravning af skakten skal den udførende:

- Registrere og sammenligne den udgravede jord og geologiske lagfølge med de forventede forhold (face log)
- Løbende afrense indfatningsvægge og registrere vægge for fejl/skader og utætheder
- Monitere eventuel tilstrømning af vand, vurdere risici og straks tætte utætheder og
- Overholde/kontrollere udgravningsdybder

Registrering af den geologiske lagfølge (face log) skal udføres af en kvalificeret person, f.eks. en geolog eller geotekniker. HOFORs tilsyn skal medvirke under face loggen.

Den geologiske lagfølge skal registreres i en udgravningsfront, der er så opretstående som muligt. Eventuelt nedfaldent/løst materiale skal oprensnes inden registrering.

Jordarten skal beskrives i henhold til dgf-Bulletin 1.

I kalk skal hærdningsgrader registreres langs 2-3 lodrette linjer per 5 cm. Der skal registreres synlige sprækker, sprækkernes åbningsbredde, belægning og sprækkeorientering.

Udgravningsfronten skal fotograferes med synlig målestok med tilstrækkelig belysning til, at geologiske forhold gengives detaljeret.

Inspektionen dokumenteres med en kote-sat skitse, der viser lagdeling, registrerede hærdningsgrader, evt. strukturer m.m. og indstrømmende grundvand. Udgravningsfronten beliggenhed i udgravningen skal vises på en planskitse.

Såvel den udførende som HOFORs tilsyn underskriver den udarbejdede dokumentation, der dagligt skal rapporteres til HOFORs tilsyn.

For tunnelprojekter, skal der ved udførelse af face log være speciel opmærksomhed på lagfølgen, hvor TBM skal bore ud fra skakt eller ind til skakt. Ligeledes skal der være ekstra opmærksomhed på områder, hvor sekantpæle eller spuns har stødt på forhindringer under udførelsen.

Dokumentationen skal give den projekterende og HOFOR mulighed for at vedligeholde den geologiske og hydrogeologiske model for projektet.

Hvor der optræder afvigelser fra de forventede jordbundsforhold skal dette afrapporteres snarest muligt til HOFOR.

Den udførendes metodebeskrivelse for udgravning skal indeholde procedurer for øjeblikkelig indgriben i tilfælde af indtrængende vand og jord, hvilket er specielt kritisk i silt og sand.

Der skal endvidere foreligge en beredskabsplan for indsatsen i sådanne tilfælde, med relevante kontaktpersoner mv., og planen skal foreligge på arbejdspladsen. Ved sådanne hændelser orienteres

KRAVSPECIFIKATION

HOFOR straks. Denne skal samordnes med beredskabsplan for grundvandshåndtering, jf. kravspecifikation Grundvandshåndtering (TUN 103).

Når endelig udgravningsdybde er nået, skal denne beskyttes ved etablering af drænlag mv. snarest muligt, og således ikke efterlades åben i længere perioder.

Enhver udgravning skal afspærres på behørig vis, eventuelt med et fastmonteret rækværk monteret på skaktens kantbjælke eller tilsvarende. Rækværket skal være solidt og konstrueret efter DS/EN 13374.

3.15 Grundvandshåndtering

Der henvises til kravspecifikation Grundvandshåndtering (TUN 103).

3.16 Permanente konstruktioner

For udførelse af permanente konstruktioner henvises der til kravspecifikation Beton (BET 101).

Gennemgåede revner for konstruktioner udsat for vandtryk tillades ikke medmindre der anvendes en membran. Gennemgående hærderevner for konstruktioner udsat for vandtryk skal håndteres af entreprenøren jf. BET 101 afsnit 3.4.4.2.

3.17 Tilbagefyldning af skakten

Det skal verificeres og dokumenteres, at alle opfyldningsmaterialer overholder krav til kvalitet/materialespecifikationer (f.eks. kornstørrelsesfordeling, fugtindhold, mv.) inden ethvert opfyldningsarbejde på byggepladsen påbegyndes.

Udførelse af opfyldningsarbejder skal overholde kravene til designet (f.eks. lagtykkelse, komprimeringsgrad, pladebelastningsforsøg, mv.). Ved overfladenære konstruktioner og hvis mindre sætninger kan accepteres, kan komprimering foregå ved nedvanding, hvis pladsforholdene ikke tillader andet.

3.18 Retablering af terræn og belægninger

Al fertil jord i terræn på byggepladsområdet skal fjernes forsigtigt til opbevaring (uden skadelig indvirkning på materialets kvalitet og sammensætning) og genbruges ved retablering af arealerne efter endt arbejde, hvis kontrakten foreskriver det.

Alle belægninger skal retableres i koordinering med HOFOR og som defineret i kontrakten.

3.19 Udgravning med anlæg

Udgravninger med anlæg indgår generelt som midlertidige for etablering af bygværk/konstruktion og afsluttes med kontrolleret op-/tilbagefyldning og retablering af terræn.

Under udgravningsarbejdet separeres de opgravede materialer i henhold til retningslinjerne givet i SAB, og, hvis aktuelt, i henhold til den for udgravningen miljømæssige jordhåndteringsplan.

KRAVSPECIFIKATION

Gravearbejdet skal gennemføres således, at udgravningens sider generelt forbliver stabile fra start til endelig udgravning er nået, herunder at udgravningens planlagte geometri overholdes såvel i dybde som i planen.

Under udgravning skal det kontrolleres, at udgravningen føres gennem den forudsatte geologi, herunder, at de enkelte lag træffes i de forudsatte dybder og mægtigheder, at der ikke fra lag forekommer udstrømmende vand og/eller optræder egentlig erosion fra nedbør, tilløbende overfladevand og/eller grundvand.

Det skal generelt kontrolleres, at forudsætninger for gennemførte stabilitetsberegninger er overholdt, og hvor forholdene afviger fra det forudsatte eller ovenstående observeres orienteres HOFOR straks.

3.20 Bundplader

For udførelse af bundplader henvises der til kravspecifikation Beton (BET 101).

4 Indberetning og dokumentation

Ved projektets afslutning skal den udførende udarbejde og aflevere "som-udført" dokumentation til HOFOR.

Se HOFORs kravspecifikationer:

- OPM 101: Opmåling for forsyningerne Vand, Spildevand, Fjernvarme og Fjernkøling inkl. bilag for relevante forsyning
- ANL 101: Anlægsdokumentation inkl. relevante bilag

"Som-udført" dokumentationen skal bestå af

- Projekteringstegninger af de permanente konstruktioner – og opdateret i henhold til udførelse og skal dermed dokumentere alle fravigelser og afvigelse
- Alle fravigelser og afvigelsesrapporter vedr. permanente konstruktioner
- Registrering af "som-udført" detaljer for piloteringsarbejder (sekantpælevægge, spunsvægge, københavnervægge), inklusiv jordbundsforhold registreret under boring/nedbringning
- Alle tilbageblivende dele af de midlertidige konstruktioner skal indmåles og inkluderes i "som-udført" dokumentationen