

Vägledning för tillämpning av

RIDAS

Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet

Kapitel 3:3
Betongdammar
Tillämpningsanvisningar

2000-04-19

3.3 BETONGDAMMAR

3.3.1 ALLMÄNT

Giltighet

Dessa tillämpningsanvisningar är i första hand avsedda att användas vid uppförande av nya betongdammar i Sverige. Det ingår även vissa anvisningar som kan tillämpas vid kontrollberäkning och förstärkning av befintliga äldre dammar.

Anvisningarna gäller för betongdammar och för betongkonstruktioner ingående som delar i dammar. De tillämpas för alla konstruktionsdelar som har någon betydelse för att upprätthålla dammens funktion. För vissa delar av dammen kan även andra normer och anvisningar behöva tillämpas, t ex bronormen BRO 94 för dimensionering av brobanor över utskov och intag.

Anvisningarna ger vägledning genom att ange generella krav för dimensionering av betongdammar. Ibland kan det dock visa sig vara lämpligt eller nödvändigt att använda andra kriterier än de som anges nedan. Anledningen till detta kan t ex vara att speciella förutsättningar råder vid dammen. Ny kunskap och teknik framkommer dessutom kontinuerligt vilket medför att en utveckling av nya tillämpningar bör uppmuntras.

Dimensionering av betongdammar skall ske enligt Boverkets konstruktionsregler BKR 94 samt Boverkets handbok om betongkonstruktioner BBK 94, med ändringar och tillägg enligt dessa anvisningar. För dammar av betong skall säkerhetsklass 3 tillämpas generellt. Vidare skall livslängdsklass L2 alltid väljas.

Projektering och konstruktion av dammanläggningar skall ledas av person med mångårig erfarenhet av likartade vattenbyggnadsprojekt.

Redovisningskrav

Dimensionering av dammen genomförs och redovisas med laster och andra beräkningsförutsättningar, beräkningar och beräkningsfigurer. Den valda utformningen redovisas på ritningar med sammanställningar, mått- och armeringsritningar inklusive detaljer.

En byggnadsbeskrivning som innehåller specifikationer anpassade till lokala förhållanden och vald dammutformning skall upprättas.

Utförda undersökningar och utredningar redovisas var för sig så att det klart framgår vad som är undersökningsresultat och vad som är tolkningar.

Dammtyper

Betongdammar kan indelas efter sitt verknings sätt i gravitationsdammar och valvdammar. Gravitationsdammar förekommer i flera olika utföranden där de

vanligaste är massivdammar och lamelldammar. Valvdammar, som i Sverige är en mindre vanligt förekommande dammtyp, behandlas ej i dessa anvisningar.

Val av dammtyp och konstruktionsutformning skall anpassas till dammläget, grundförhållanden och andra specifika omständigheter som råder för dammen.

Detaljregler om utformning

För att underlätta tillsyn av dammens luftsida bör man, i den utsträckning som det med rimliga medel är möjligt, vidtaga åtgärder mot att det kan bildas större vattensamlingar på nedströmssidan.

Inspektionsgångar skall vara lätt tillgängliga och tillräckligt rymliga så att inspektion och nödvändiga underhålls- och reparationsarbeten kan ske. När de utförs som stängda gångar i massiva konstruktioner skall de vara väl ventilerade.

Lamelldammar vars nedströmssida vetter mot luft bör vara försedd med isolerande vägg på nedströmssidan.

3.3.2 LASTER OCH BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

Nedan anges riktlinjer för bestämning av lastvärden för laster verkande på betongdammar.

Egentyngd

Vid uppförande av nya dammar skall tungheten för armerad betong antas vara 23,0 kN/m³, om ej annat värde visar sig vara riktigare genom utförda materialprover.

Vid kontrollberäkning av äldre dammar bestäms betongens tunghet genom materialprov eller genom bedömning baserad på uppgifter om dammens uppbyggnad.

Egentyngder av luckor, spel och nålar beaktas vid stabilitetsberäkning. Hänsyn tas till att lucka och spel kan vara demonterade.

Vattentryck

Hänsyn tas till vattentryck verkande på dammens uppströms- och nedströmssida. Vattentryck antas på ogynnsammaste sätt utifrån de kombinationer av uppströms- och nedströmsvattenstånd som realistiskt kan uppträda vid dammen.

Hänsyn skall bl a tas till:

- nivåer vid både normala och onormala driftförhållanden vid anläggningen
- nivåer i samband med avbördning av flöden upp till dimensionerande flöde
- ogynnsammaste kombination av lucköppningar i utskov

- vattentryck som kan uppstå p g a svallning och tryckslag i vattenvägar
- variationer i vattentryck i strömmande vatten vid avbördning

Upptryck

Hänsyn tas till invändigt vattentryck (portryck) och vattentryck mellan damm och grund (upptryck).

För dammar med helt tryckta tvärsnitt utan dränage eller injekteringsskärm antas upptrycket variera linjärt från vattentrycket H_1 på uppströmssidan till vattentrycket H_2 på nedströmssidan, se [figur 1 bilaga 1:1](#). Vid förekomst av slag eller krosszoner i berget under dammen kan det vara nödvändigt att anta större upptryck.

Om det beräkningsmässigt visar sig att spricka kan uppstå i uppströmsdelen av dammen eller mellan damm och grund antas fullt uppströmsvattentryck i alla delar av tvärsnittet där tryckspänning ej råder, se [figur 2 bilaga 1:1](#).

Vid ovanliga lastfall med kortvarig variation av uppströms- och/eller nedströms vattenytan t ex vid svallning och vågbildning kan man räkna med det upptryck som antas råda omedelbart innan lastfallet inträffar, d v s upptrycket antas ej förändras vid en så kortvarig förändring av uppströms- eller nedströmsvattenytan.

Vid bestämning av upptryckets fördelning tas hänsyn till dränering och injekteringsskärmar. Nedan anges anvisningar för antaganden om upptrycksfördelning vid olika dammtyper och utföranden med dränage och injekteringsskärmar:

Massiva gravitationsdammar:

För massiva gravitationsdammar utan dränagetunnel eller injekteringsskärm vid uppströmssidan antas upptrycket variera linjärt från vattentrycket H_1 på uppströmssidan till vattentrycket H_2 på nedströmssidan, se [figur 1 bilaga 1:1](#).

För massivdammar försedda med dränagehål i berget och dränagetunnel vid bergytan kan upptrycket vid dränagetunnelns uppströms- och nedströmskant reduceras till $0,30(H_1 - H_2) + H_2$, se [figur 3 bilaga 1:1](#). Vid utförande med dränagetunnel i dammen och dränagehål i betongen och i berget kan upptrycket vid dränagehålens läge reduceras till $0,50 (H_1 - H_2) + H_2$, se [figur 4 bilaga 1:1](#).

Dränagehålen bör ha diametern 75 – 100 mm och ett c/c avstånd på ca 1,5 – 3,0 m och vara borrhade ned till djupet $0,5 H_1$ för att ge en upptrycksreducerande effekt enligt ovan.

För att dränagehålens upptrycksreducerande effekt skall få tillgodoräknas krävs att hålens funktion övervakas, antingen genom installering av mätutrustning eller genom regelbundna inspektioner. Vid inspektion skall kontroll ske att hålen verkligen dränerar tillfredsställande. Krav på övervakning av dränagehål skall vara införd i anläggningens driftinstruktion (DTU-manual).

Om dränagehålen slutar att fungera skall de uppborras med samma diameter och till ursprungligt djup.

En injekteringsskärm i berget under dammens uppströmsdel kan sänka upptrycket med ca 50 % av $H_1 - H_2$, se figur 5 bilaga 1:2. Effekten kan dock upphöra med tiden eftersom cementen så småningom kan urlakas av genomströmmande vatten, se figur 6 bilaga 1:2. Därför skall tätskärmen endast betraktas som en extra säkerhet såvida inte tryckmätning eller återinjektering sker.

Om tryckreducering av injekteringsskärm tillgodoräknas skall krav på återinjektering införas i DTU-manualen.

Vid återinjektering från injekteringstunnel med dränagehål kan en ogynnsam effekt erhållas p g a att den tätande injekteringsskärmen bygger upp en tätande skärm längre nedströms och dessutom försvårar utdräneringen i befintliga och även uppborrade dränagehål.

Lamelldammar:

Vid lamelldammar antas upptryck endast verka under frontplattan. Linjärt avtagande upptryck antas från H_1 vid dammens uppströmssida till H_2 vid nedströmssidan, se figur 7 och 8 bilaga 1:2.

Istryck

Horisontellt istryck antas med intensiteten 50 – 200 kN per meter dammlängd beroende på geografiskt läge, höjd över havet samt lokala förhållanden vid dammen.

Som vägledning kan t ex för dammar på låg höjd över havet i södra Sverige (Skåne, Blekinge, Halland, Bohuslän och Västergötland) antas 50 kN/m. Norr därom upp till en linje genom Stockholm och Karlstad kan antas 100 kN/m. För övriga Sverige kan antas 200 kN/m.

Beroende på lokala förhållanden kan istrycket vara större än ovan angivna värden. Det kan då bero på att dammen kan antas bli speciellt utsatt för ispressning där stor istjocklek observerats och där motsstående stränder kan erbjuda mothåll vid temperaturhöjning i isen.

Isen bildar valv över utskovsöppningar, varför islasten beräknas till ett värde motsvarande hela utskovsbredden, även då isfrihållning sker framför luckor. Hänsyn skall även tas till att osymmetrisk isbelastning kan uppstå, t ex runt en dammpelare i utskov.

Istrycket antas angripa på en tredjedel av isens tjocklek räknat från isens överkant (dämningsgränsen). Som riktvärde för istjocklek antas 0,6 m söder om linjen mellan Stockholm och Karlstad och norr därom 1,0 m.

Jordtryck

Där en betongdamm är motfylld med jord- eller stenfyllning skall jordtryck mot dammen förutsättas.

Jordens tunghet och jordtryckskoefficient antas i enlighet med utförda undersökningar på fyllningsmaterialet eller på annat sätt med hänsyn till fyllningens art och egenskaper. Om inga andra uppgifter finns kan värden enligt nedanstående tabell 1 användas.

Material	Tunghet kN/m ³		Friktionsvinkel ϕ	Koefficienter för jordtryck	
	Över vattenytan	Under vattenytan		vilof - K_o	aktivt - K_a
Sprängsten	17,5	11	42	0,33	0,20
Grus	18	11	35	0,43	0,27
Sand	18	11	32	0,47	0,31
Packad morän	21	13	ca 33,5	0,45	0,29

Tabell 1. Exempel på tungheter och jordtryckskoefficienter.

Vilofjordtryck skall tillämpas i alla lastfall där det är ogynnsamt. I övriga fall räknas med aktivt jordtryck, t ex vid mothåll.

Överlast som inte verkar stabiliserande t ex från trafiklast skall beaktas.

Vertikalt jordtryck p g a vidhäftning mellan en motfylld betongyta och jorden får ej tillgodoräknas som stabiliserande last.

I de fall då överytan ej är horisontell skall hänsyn därtill tas vid bestämning av jordtryck

Trafiklast

Där trafiklast kan uppstå skall den medräknas om den är ogynnsam. Trafiklastens storlek avgörs från fall till fall. Det bör observeras att betydande bromskrafter kan påverka brobanor och underliggande pelare.

Krafter på grund av temperatureffekter, krympning och krypning

Hänsyn skall tas till de tvångskrafter som kan uppstå p g a temperaturvariationer samt betongens krympning. Hänsyn skall även tas till betongens krypning vid bestämning av spänningsfördelningen i dammkonstruktionen.

3.3.3 LASTFALL

Betongdammar skall dimensioneras med hänsyn till alla belastningar och kombinationer av belastningar som realistiskt kan tänkas uppstå vid dammen. Laster som

rimligen, eller med hänsyn till driftinstruktioner angivna i DTU-manual, utesluter varandra behöver ej kombineras.

Belastningsfallen delas in i vanliga lastfall, exceptionella lastfall och olyckslastfall.

Vanliga lastfall

Följande vanliga lastfall skall beaktas där så är tillämpligt:

1. Vattenytan vid dämmningsgränsen (DG), maximalt istryck och stängda luckor.
2. Vattenytan vid DG, provisoriska avstängningar, inget istryck vid isfrihållning.
3. Vattenytan vid DG kombinerat med luckavstängning i ett utskov och nål-avstängning vid intilliggande utskov, inget istryck vid isfrihållning.
4. Vattenyta vid DG samt ogynnsammaste kombination av öppna och stängda utskov samt tillhörande vattenyta på nedströmssidan.
5. Avbördning av alla flöden upp till dimensionerande klass II-flöde enligt Flödeskommitténs riktlinje och därtill hörande vattenytor på uppströms- och nedströmssidan. För befintliga dammar kan detta lastfall i enstaka fall innebära överdämning.

Exceptionella lastfall

Följande exceptionella lastfall skall beaktas där så är tillämpligt:

6. Vattenytan vid betongdammens krön eller till nivå för lägsta överkant tåtkärna vid anslutande fyllningsdamm, inget istryck, ogynnsammaste kombination av stängda eller öppna utskov.
7. Avbördning av dimensionerande klass 1-flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer och därtill hörande vattenytor på uppströms- och nedströmssidan. Detta lastfall gäller endast dammar i konsekvensklass 1.
8. Om dränagets funktion inte kan kontrolleras, skall dammar med dränering kontrolleras för lastfallet igensatt dränage, dvs. dammen beräknas för samma upptryck som dammar utan dränering.
9. Asymmetriskt istryck, t ex ensidigt tryck från utskovspelare.
10. Lastfall som kan uppstå under byggnadstiden.

Olyckslastfall

Olyckslaster är sådana laster som kan uppträda vid olyckor och naturkatastrofer. Även laster som följd av krig och sabotage kan räknas dit.

Följande händelser kan betraktas som olyckslastfall:

11. Exceptionellt hög vattennivå p g a att ett utskov är ur funktion vid dimensionerande klass II-flöde. Detta lastfall tillämpas där ett utskov av någon anledning kan befaras bli obrukbart, t ex p g a utebliven lucköppning.
12. Exceptionellt hög vattennivå som följd av stort släntras ner i litet magasin.

13. Sabotage, explosion eller annan olycka som kan medföra extrema laster.

Om olycksfall behöver beaktas bestäms i varje enskilt fall utifrån de specifika förutsättningar som råder vid anläggningen. Olyckslasternas storlek och lastkombinationer för dessa bestäms i varje enskilt fall.

Vid olycksfall tillåts överströmning av betongdammar förutsatt att damm och undergrund tål det utan att riskera dammbrott. Vid överströmning krävs därför normalt att dammen är grundlagd på berg. Överströmmande vatten får ej heller påverka dammslänter på intilliggande fyllningsdammar på sådant sätt att det kan medföra risk för dammbrott.

Olycksfall kan tillåtas medföra skada på anläggningen, men får ej medföra dammbrott.

3.3.4 STABILITETSVILLKOR

Betongdammar skall uppfylla följande stabilitetsvillkor:

- A. Dammen skall vara säker mot stjälpning
- B. Dammen skall vara säker mot glidning
- C. Betongens och grundens hållfasthet får inte överskridas

Kontroll utförs för både vanliga och exceptionella lastfall samt för olyckslaster. Lastvärden skall beräknas utan partialkoefficienter.

Kontroll utförs för såväl enskilda som monolitiskt sammanhängande konstruktioner. Därvid kontrolleras att konstruktionen har till tillräcklig styvhet och hållfasthet så att monolitisk samverkan råder.

Säkerhet mot stjälpning

För de flesta dammtyper kan stjälpssäkerheten kontrolleras genom kontroll av att resultanten till alla krafter som verkar på dammen faller innanför nedan angivna gränser. Stjälpning i längsled skall i förekommande fall kombineras med stjälpning i tvärlid. Det är även nödvändigt att kontrollera att förhållandet mellan stabiliserande och stjälpande moment inte underskrider angivna minimivärden för stjälpssäkerhet.

För vanliga lastfall skall resultanten av alla krafter som verkar på dammen falla inom kärngränsen. Vid exceptionella lastfall skall resultanten falla inom de mellersta tre femtedelarna av basarean. I den zon där tryckspänningar beräkningsmässigt ej råder mellan berg och betong skall spalt med fullt uppträck antas.

Stjälpningsaxelns läge bestäms i förhållande till betongens eller undergrundens styvhet och hållfasthet. Stjälpningsaxeln kan normalt läggas vid dammpelarens nedströmskant vid grundläggning på bra berg. Dock skall hänsyn tas till

hållfastheten och styvheten hos konstruktionen och grund vid bestämmande av stjälpningsaxeln.

Stjälpsäkerhetsfaktorn, s , beräknas som förhållandet mellan stabiliserande och stjälpande moment:

$$s = \text{stabiliserande moment} / \text{stjälpande moment}$$

Följande säkerhetsfaktor mot stjälpning skall tillämpas:

Vanligt lastfall	$s = 1,5$
Exceptionellt lastfall	$s = 1,35$
Olyckslastfall	$s = 1,1$

Säkerhet mot glidning

Säkerhet mot glidning kontrolleras genom att tillse att horisontalkrafterna kan överföras från konstruktionen till grunden.

Kohesion i snittet mellan damm och undergrund beaktas normalt ej i Sverige vid beräkning av det totala motståndet mot glidning.

Glidkontroll utförs för anliggningsytan mellan berg och betong samt för eventuella svaghetsplan i grunden. Dessutom skall kontroll mot glidning ske för farliga snitt i själva dammkroppen, t ex vid gjutfogar eller sektionssäkringar.

Glidvillkoret uppfylls om aktuell framräknad glidfaktor μ ej överstiger tillåtna värden μ_{till} . Värdet μ uttrycker förhållandet mellan resulterande krafter parallellt respektive vinkelrätt glidplanet.

Värdet μ_{till} erhålls genom att friktionsvinkelns brottvärde $\tan\delta_g$ divideras med en säkerhetsfaktor s_g enligt tabell 2 nedan. Värdet på $\tan\delta_g$ bestäms utifrån resultat från undersökningar.

$$\mu = (R_H / R_V) \leq \mu_{\text{till}} = (\tan\delta_g / s_g)$$

där

R_H = resultanten av krafterna parallellt glidplanet

R_V = resultanten av krafterna vinkelrätt glidplanet

$\tan\delta_g$ = brottvärdet för friktionskoefficienten i glidyta

s_g = säkerhetsfaktor enligt tabell nedan

Grundläggning	Normalt lastfall	Exceptionellt Lastfall	Olyckslastfall
Berg	1,35	1,10	1,05

Morän, grus, sand	1,50	1,35	1,25
Grovsilt	1,50	1,35	1,25

Tabell 2. Säkerhetsfaktor s_g för beräkning av μ_{till} .

Vid grundläggning på berg av god kvalitet samt på morän, grus, sand och grovsilt kan värden på α_{till} enligt tabell 3 nedan användas för kontroll av glidsäkerhet i snittet mellan damm och grund.

Grundläggning	Normalt lastfall	Exceptionellt lastfall	Olycks- lastfall	Brottvärde för $\tan\delta_g$
Berg	0,75	0,90	0,95	1,00
Morän, grus, sand	0,50	0,55	0,60	0,75
Grovsilt	0,40	0,45	0,50	0,60

Tabell 3. Tillåten friktionskoefficient μ_{till} vid grundläggning på gott berg eller packad morän, grus, sand eller grovsilt.

Vid kontroll av glidning skall hänsyn tas till glidplanets lutning samt möjliga brutna glidplan. Kritiska glidplan kan finnas i dammen, i anliggningsytan mellan damm och grund, i grunden eller genom damm och grund. Inverkan av glidplanets lutning kan beaktas genom att verkande krafter delas upp i komponenter längs glidplanet och vinkelrätt planet. Vid kontroll av glidplan i grunden bestäms tillåten friktionskoefficient med hänsyn till gjorda grundundersökningar.

Vid grundläggning på friktionsmaterial skall glidstabilitet föreligga i kontaktytan mellan dammkropp och grund, men även längs lägre liggande svaga skikt under dammkroppen. Dessutom måste säkerheten mot cirkulärcylindriska eller andra glidbrott kontrolleras.

Kontroll av grundpåkänningar

Grunden kontrolleras för aktuella tryck- och skjuvspänningar. Tillåtna påkänningar i grunden bestäms från fall till fall utifrån resultat från grundundersökningar och/eller ingenjörsgelogiska bedömningar. På motsvarande sätt kontrolleras att påkänningar i betongen ej överskrider tillåtna värden.

Grundtrycksfördelningen kan normalt beräknas enligt elasticitetsteori med Naviers formel. När komplicerade grundläggningsfall föreligger kan dock mer avancerade beräkningsmodeller som tar hänsyn till dammkroppens och grundens deformationsegenskaper, t ex med finita elementmetoden, krävas för analys. (Finita elementmetoder kan ge andra spänningsfördelningar än de som framräknas på traditionellt sätt.)

Lyftning och sidostabilitet

Delar av en dammkonstruktioner kan behöva kontrolleras mot risk för lyftning och glidning, t ex utskovsbottnar. Vid kontroll mot lyftning och glidning kan samma säkerhetsfaktor som gäller vid glidning tillämpas, se tabell ovan.

Pelare i lamell- och pelardammar bör i vissa fall ha tillräcklig styvhet och stabilitet i sidled så att de kan motstå ensidigt vattentryck till följd av brott i intilliggande dammonolit. Detta fall räknas som olyckslast. För befintliga dammar kan fallet vara aktuellt om glidsäkerheten är låg och konsekvenserna av ett dammbrott är stora.

Inverkan av bergförankringar

Vid uppförande av nya dammar gäller som grundregel att bergförankringar ej skall tillgodoräknas i dammens stabilitet. Däremot är det en fördel att insätta grova bergförankringar ($\phi 25-32$) som extra säkerhet, vilket ofta utfördes på äldre dammar.

Vid vissa typer av konstruktioner, t ex låga utskovströsklar eller låga dammar utsatta för istryck, kan det emellertid vara svårt att klara stabilitetskraven utan att utnyttja bergförankringar. Om slaka bergförankringar utnyttjas för att motverka glidning eller stjälpning av en dammdel skall konsekvenserna av ett eventuellt brott begränsa sig till den förankrade dammdelen och ej kunna leda till totalt dammbrott vid anläggningen.

Vid låga dammdelar, nya och befintliga

När slaka förankringar utnyttjas beräknas upptrycket utifrån konservativa antaganden. Tillåten armeringsspänning är 140 Mpa, karakteristisk sträckgräns skall vara minst 370 Mpa.

Slaka bergförankringar får endast tillgodoräknas i tvärsnitt i vilka kraftresultanten beräknad utan utnyttjande av bergförankringar hamnar inom konstruktionens basarea. Slaka bergförankringar får ej heller medräknas för att klara glidstabiliteten om brottvärdet för $\tan\delta_g$ överskrids utan medverkan av bergförankringar.

För låga dammar (vattentryck ej högre än ca 5 m), där det är svårt och mycket oekonomiskt att uppnå stabilitet enbart genom dammens egentygnd, kan tillåtas användning av slaka bergförankringar för att uppta islasten. En förutsättning är att dammen ej tillhör konsekvensklass 1.

För låga trösklar som utsätts för stora horisontallaster och upptryck skall bergförankringar dimensioneras för att klara både upptryck och glidning.

Förstärkning av befintliga dammar

För befintliga dammar som ej uppfyller stabilitetskraven kan stabiliteten förbättras genom att installera spända förankringsstag. Dessa skall då utföras så att uppspanningskraften regelbundet kan kontrolleras genom provdragning.

I vissa fall, t ex vid dålig betong i dammkonstruktionen, kan det vara bättre att insätta flera slaka förankringsstag eller spända stag där spännkraften begränsas. Konservativa beräkningsförutsättningar skall tillämpas. Grova stag, min ϕ 25 mm, bör användas för att minska korrosionens inverkan. Beräknat antal stag bör ökas med 25 %. Samtidig medverkan av slaka och spända stag får inte antas p g a deras olika verkningssätt.

För befintliga dammar i konsekvensklass 2

För befintliga dammar i konsekvensklass 2 kan befintliga slaka bergförankringar medräknas under förutsättning att brottvärden för glidning och stjälpning ej uppnås vid stabilitetsberäkning utan hänsyn till förankringarna samt att avrostning inte befaras.

3.3.5 GRUNDLÄGGNING

Allmänt

Betongdammar skall där så är tekniskt och ekonomiskt möjligt grundläggas på berg.

Dimensionering av grundläggningsåtgärder inklusive beräkningsantaganden skall dokumenteras. I samband med byggande och idrifttagning skall kontrolleras att antagna förutsättningar uppfyllts.

Grundundersökningar

Vid uppförande av nya betongdammar skall geotekniska och berggeologiska undersökningar utföras för bestämning av grundens materialegenskaper.

Om grundläggning på jord blir nödvändig skall grundundersökningar utföras med omfattning motsvarande de krav som gäller för fyllningsdammar, se kap 3.2.2-3.

Finns det efter utförda ingenjörsgelogiska undersökningar och stabilitetsanalyser osäkerhet om förhållanden som påverkar grundens stabilitet, skall det utarbetas och genomföras ett mätprogram för att registrera deformationer, porttryck och läckage.

Grundläggning på berg

Vid grundläggning på berg skall berget undersökas med avseende på täthet, sprickor, svaghetszoner och slag etc. Tillåtna grundpåkänningar skall fastställas. Speciell uppmärksamhet skall inriktas på att undersöka förekomsten av horisontella eller lutande slag eller sprickplan i berggrunden som kan utgöra glidplan för dammen.

Undersökning av bergets vattengenomsläpplighet och injekteringsarbeten skall ske i enlighet med kraven för fyllningsdammar, se kap 3.2.3.1.3.

Vid grundläggning på berg skall bergpartier som inte är bärkraftiga avlägsnas eller förstärkas. Eventuella håligheter och sprickor som kan medföra läckage skall tätas

med gjutningar och injektering. Skarpa övergångar skall avlägsnas så att olämpliga spänningstillstånd i konstruktionen inte kan uppstå.

Djupinjektering och kontaktinjektering utförs i den omfattning som anses erforderligt med hänsyn till bergkvalitet och läckage. Se tex Vattenfalls anvisningar för utförande av cementinjektering i berg. En injekterad tätskärm skall utformas med hänsyn till grundens beskaffenhet, vattentryck och tryckgradient. Normalt är tätskärmens höjd lika med halva dammhöjden. Tätskärmen urlakas med tiden.

I vissa fall kan en ”blanket” av tätande morän utläggas på berget uppströms dammen för att förlänga läckvägen. Vanligtvis bör ett erosionsskydd utläggas ovanpå moränen.

Grundläggning på jord

Vid grundläggning på jord skall en tätskärm eller tätspont utföras nära dammens uppströmskant. Skärmen eller sponten skall ommöjligt nedföras till berg. Om detta inte är tekniskt eller ekonomiskt genomförbart skall det verifieras att grunden tål aktuell genomströmning. Det skall därvid säkerställas att tryckgradienten över grundtvärsnittet ej kan ge upphov till inre erosion i grunden.

I vissa fall kan en ”blanket” av tätande morän utläggas på grunden uppströms dammen för att förlänga läckvägen. Vanligtvis bör ett erosionsskydd utläggas ovanpå moränen.

Vid grundläggning på jord skall dammens konstruktion, eventuella dränage- och tätningsanordningar utformas med stor omsorg så att risk för skada på dammen p g a läckage och ojämna sättningar inte uppstår.

3.3.6 TVÄRSNITTSDIMENSIONERING

Dimensionering av betongtvärsnitt i dammar skall ske enligt Boverkets handbok om betongkonstruktioner BBK 94, med ändringar och tillägg enligt nedan.

Dimensionering av betongtvärsnitt enligt BBK 94 bygger på partialkoefficientmetoden, enligt vilken dimensionerande laster erhålls genom att multiplicera karakteristiska lastvärden med partialkoefficienter för laster. Dimensionerande materialvärden erhålls på motsvarande sätt genom att dividera karakteristiska materialvärden med partialkoefficienter.

Dimensionerande materialvärden för betong och armering skall bestämmas utifrån BBK 94 kap2.3-5. varvid säkerhetsklass 3 skall gälla, dvs. $\gamma_n = 1,2$.

Istället för de lastvärden, lastfaktorer och lastkombinationer angivna i BKR 94 kap 3 skall lastvärden och lastkombinationer enligt punkt 3.3.2-3 ovan tillämpas utan lastkoefficienter. För att uppnå önskad säkerhetsnivå skall alla snittkrafter (moment, tvärkraft och normalkraft) multipliceras med en partialkoefficient här benämnd hydraulisk faktor γ_h vid dimensionering av betongtvärsnitt.

Genom att faktorn γ_h multipliceras med snittkrafterna i stället för lasterna erhålls en enhetlig hantering av laster och lastfall mellan stabilitetsberäkning och tvärsnittsdimensionering, vilket medför att snittkontrollen kan utföras med krafter och påkänningar direkt hämtade från stabilitetsberäkningar.

Brottgränstillstånd

I tabell 4 nedan anges värden för γ_h för brottgränstillstånd.

	γ_h vanligt lastfall	γ_h exceptionellt lastfall
Moment	1,50	1,25
Tvärkraft	1,50	1,25
Normalkraft, drag	1,50	1,25
Normalkraft, tryck	1,80	1,50

Tabell 4. Lastfaktorer, γ_h vid dimensionering av betongdamm i brottgränstillstånd.

Olyckslasttillstånd

Den hydrauliska lastfaktorn γ_n sätts lika med 1,0 för alla olyckslastfall.

Partialkoefficienter för bärförmåga och säkerhetsklass väljs enligt BBK 94, d v s med hänsyn till betongens hållfasthet är $\eta\gamma_m=1,2$, m h t armeringens hållfasthet är $\eta\gamma_m=1,0$ samt m h t säkerhetsklass är $\gamma_n=1,0$.

Bruksgränstillstånd

Den hydrauliska lastfaktorn γ_h sätts lika med 1,0 för alla lastfall. Faktorer för långtidslast väljs utifrån regler i BBK 94 kap 2.2.2.

Partialkoefficienter för bärförmåga och säkerhetsklass väljs enligt BBK 94, vilket innebär att partialkoefficienter för laster, bärförmåga och säkerhetsklass samtliga sätts lika med 1,0.

3.3.8 FOGAR

Fogar i dammar kan utföras antingen som gjutfogar eller som rörelsefogar. Beträffande fogar, förtagningar och armering, se BBK 94 och Betonghandboken.

Indelning av fogar skall utföras med omsorg så att risken för skadlig sprickbildning minimeras. Man skall därvid även eftersträva en betong och en gjutprocess som ger minsta möjliga temperaturstegring i betongen efter gjutning.

Vid långa monoliter kan åtgärder mot sprickbildning behöva vidtas genom t ex kylning eller sprickviddsbegränsande armering.

Gjutfogar

Gjutfogar förses med förtagningar för kraftöverföring. Före motgjutning behandlas fogytan så att den är rengjord och fri från cementslam samt förvattnad.

Tidigare utfördes ibland gjutfogar som avsvalningsfogar för att medge betongens sammandragning. Den spalt på ca 1,0 m bredd som efter betongens avsvälning igengöts medförde vanligtvis sprickbildning i spaltgjutningen varför detta förfaringsätt är olämpligt.

Rörelsefogar

Rörelsefogar, även kallade dilatationsfogar, tillåter rörelser i betongen.

Avståndet mellan genomgående rörelsefogar beror på bl.a. på dammtyp. Vid placering av fogarna skall hänsyn tas till förväntade rörelser, dimensionsändringar längs dammsektionen och vid grunden mm. Avstånden bör inte överstiga 15 m, normalt indelas dammen i ca 8-12 m breda monoliter mätt längs dammen.

Fogband

Rörelsefogar och vertikala gjutfogar som skall vara täta mot vattentryck, skall utföras med typpgodkända fogband. Bandbredden bestäms bl.a. av vattentryck, betongdimensioner och fogens rörelser. Montering av fogband utförs så att det inte deformeras eller rubbas under gjutning. Skarvning av fogband utförs enligt leverantörens anvisningar men bör undvikas vid stora vattentryck. Fogbandet ansluts till berget i en minst 250 mm djup uppborrad spalt som fylls med expanderande bruk.

Om man vill ytterligare säkra en dilatationsfogs täthet kan den utföras med dubbla tätningbands och mellanliggande asfaltfyllning från tryckkärl. Asfalten bör vara uppvärmd vintertid.

3.3.9 FRIBORD

Betongdammar utföras med ett tillräckligt fribord så att vågor ej kan slå upp över dammens brobana. För dammar i konsekvensklass 1 skall även hänsyn tas till eventuellt överdämning i samband med dimensionerande flöde. I detta fall kan viss överspolning tolereras. Betongdammar skall normalt ej utföras med mindre fribord än 1,0 m. Vanliga fribord på större betongdammar är 1,5-2 m.

3.3.10 MATERIAL

Miljöklasser

Betongkvalitet med hänsyn till miljön. Betongdammar hänförs till lägst miljöklass B3, måttligt betongaggressiv miljö.

Med hänsyn till risken för korrosion på armeringen hänförs betongdammar till lägst miljöklass A2, måttligt armeringsaggressiv miljö.

Betong

För betongdammar skall följande krav ställas på betongmaterialet:

- Hållfasthetsklass minst K30
- Utförandeklass I, enligt tabell 7.3.2.2a i BBK 94
- Vattencementtal $v_{ct_{ekv}}$ max 0,55 i delar som kan bli utsatta för ensidigt vattentryck
- Betongen skall utföras frostbeständig med lufthalt enligt tabell 7.3.2.1a i BBK 94

Mer detaljerade anvisning angående betong återfinns i BBK 94 och Betonghandboken.

För konstruktioner utsatta för ensidigt vattentryck bör betongtvärsnittets tjockleken vara minst 300 mm.

Armering

Armering utförs enligt BBK 94 och Betonghandboken.

BBK 94:s regler under 4.5.6 om krympning är inte anpassade för grova vattenbyggnadskonstruktioner då den ger för låg armeringsprocent. Stödskivor i lamelldammar bör armeras med 0,6 % av tvärsnittsarean inom ett område ovanför berggrunden, 0,5 m – H/3 (H = pelarens höjd), om inte kylning av betongen tillämpas eller om den totala pelarlängden inklusive fronthuvud är kortare än 8 m.

Täckande betongskikt

För konstruktioner utsatta för vattentryck bör täckande betongskiktet vara minst 50 mm på vattensidan och 40 mm på luftsidan. Täckande betongskiktet gäller också för eventuell monteringsarmering. Vid användning av spännarmering bör täckande betongskiktet för kabelkanal vara minst 100 mm.

Med hänsyn till nötning skall täckande betongskikt för armering i betongdammar uppfylla minimivärden enligt tabell 5 nedan.

Del	TB _{min} (mm)
Skibord och pelarsidor mot strömmande vatten	70
Stötbotten och energiomvandlare nedströms utskov	100

Bottenplattas undersida vid gjutning mot jord	100
-"- -"- gjutning mot berg	70
Övriga konstruktionsdelar mot vatten	50
Övriga konstruktionsdelar mot luft	40

Tabell 5. Minimivärden för täckande betongskikt (TB).

Sprickbredder

För konstruktioner belastade av ensidigt vattentryck bör inte sprickbredden w_k överstiga 0,20 mm. Sprickbredden 0,20 mm innebär i många fall orimligt hög armeringsmängd, varför det i vissa fall kan tillåtas att $w_k = 0,30$ mm. För ytor mot luft bör w_k inte överstiga 0,30 mm.

Sprickbredd beräknas enligt BBK 94, 4.5.5. Därvid behöver inte täckande betongskikt sättas större än 50 mm.

3.3.11 INSTRUMENTERING

Installation av mätinstrument kan ibland vara nödvändig för att verifiera antaganden som gjorts i projekteringen eller för att övervaka förändringsprocesser i dammen eller undergrunden, speciellt vid grundläggning på jord eller vid grundläggning på berg där speciellt ogynnsamma förhållanden råder. I Sverige är det få betongdammar som är instrumenterade.

Anordningar för mätning av upptryck samt läckage bör dock installeras där så är möjligt och värdefullt för dammsäkerheten.

Vid grundläggning på jord kan instrumenteringen av grunden utformas enligt anvisningar för fyllningsdammar, se kap 3.2.4.

3.3.12 UTFÖRANDE

Allmänt

På byggarbetsplatsen skall arbetsledning och kontrollpersonal ha erfarenhet av att utföra betongdammar eller liknande större anläggningskonstruktioner.

Kontroll

Arbetet skall kontrolleras genom fortlöpande övervakning av arbetsutförandet. Arbetet och materialens kvalitet kontrolleras minst i den omfattning som föreskrivs i bygghandlingarnas specifikationer, som också skall innehålla minimikrav för materialundersökningar och frekvens för provtagningen.

Protokoll skall föras över provtagningar. Av protokollen skall framgå provens tidpunkt, resultat, eventuella avvikelser och gjorda rättelser m m. Härigenom skall de ställen där provningarna utförts även i efterhand entydigt kunna bestämmas.

Arbetsledning och kontrollorganisation skall verka oberoende av varandra och kontrollpersonalen skall ha rätt att avbryta byggnadsarbetena då använda material eller arbetsmetoder avviker från de som föreskrivs i bygghandlingarna.

Projektören skall medverka i kontrollen genom att följa genomförandet av åtminstone de mest kritiska arbetsmomenten och genom att granska provningsprotokollen.

Dokumentation

Resultat från grundundersökningar och beräkningar samt andra förutsättningar gjorda under projekteringen skall arkiveras på sådant sätt att de är lätt åtkomliga för framtida utvärderingar av dammens säkerhet och vid eventuella framtida reparationer eller förstärkningar.

Relationsritningar skall upprättas med underlag av mätningar som utförs under byggnadstiden. Relationsritningarna skall uppvisa det slutliga utförandet av grundläggningen och konstruktionernas utförande. Vidare bör det framgå var ändringar genomförts i samband med byggnadsarbetena.

Resultatet från alla provtagningar skall samlas på ett och samma ställe. Dessutom skall resultatet från provtagningarna sammanställas och utvärderas i text årsrapporter som arkiveras.

-----O-----