

Fogar och fogreparationer

Elforsk rapport 04:23



Fogar och fogreparationer

Elforsk rapport 04:23

Fogar och fogreparationer

Elforsk rapport 04:23

Per-Erik Thorsell

Sammanfattning

Livslängden för vattenkraftbranschens anläggningar av betong och utsatta för ensidigt vattentryck har av bedömare uppskattats till mellan 50-160 år [5]. Många konstruktioner börjar därför komma upp i sådan ålder att ett ökat reparationsbehov framöver är troligt.

I betongkonstruktioner förekommer såväl gjutfogar som dilatationsfogar (rörelsefogar). Om fogarna finns i vattentäta konstruktioner måste båda typerna göras vattentäta och underhållas.

En felaktigt utformad eller ej fungerande fog kan ödelägga hela eller delar av konstruktionens funktion och kan äventyra dammens säkerhet.

I Sverige har använts i huvudsak två olika typer av fogband, dels den äldre typen av rostfria plåtfogbleck och dels på senare tid fogband bestående av någon form av PVC. När de första fogbanden av PVC kom på 50-talet var åldersbeständigheten dålig under den första tiden, men med tiden blev det mycket bättre.

Dilatationsfogar utformas vanligen med dubbel tätningsanordning eftersom fogar försedda med enkel tätning i praktiken ofta har visat sig bli otäta [7]. Fogarna förses därför med två tätningsband och med en asfaltfylld kanal mellan dessa. Denna kanal kan trycksättas och värmas upp vid behov.

Vanliga defekter på fogband är:

- För stora rörelser i fogarna.
- Hela fogområdet har sämre betongkvalité.
- Fogbandet har skadats i samband med installation.
- Skarvningen av fogbandet är dåligt utfört eller har inte utförts alls.
- Fogband som placerats så att fullgod kringgjutning inte erhållits.

Exempel på reparationsmetoder är:

- Stålplatta med tätande gummimembran över fogen.
- Diktad fog med ifyllt elastiskt förseglingsmaterial.
- Injektering med ett elastiskt material.
- Ersätta eller komplettera med en asfaltfylld kanal i fogen.

I det enskilda fallet beror metodvalet på faktorer som fogvidd, rörelsegrad, verkande hydrauliskt tryck och vattenflöden genom fogen, miljö, typ av konstruktion, ekonomi, tillgänglig tid för utförande och möjlighet att komma åt uppströmssidan.

Att reparera dilatationsfogar är mycket svårt och reparationsinsatserna leder ofta till otillfredsställande slutresultat.

Jag vill passa på att tacka följande personer som jag fått mycket värdefull muntlig information ifrån.

Harald Eriksson, Lars Lindström, Stig Jansson och Erland Johansson.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	3
2	FOGBANDSTYPER	4
2.1	FOGBAND AV PVC.....	4
2.2	PLÅTBAND	5
3	KONSTRUKTIONSUTFORMNING.....	6
3.1	TRYCKSATTA FOGAR	8
3.2	ÖVERGÅNGSKONSTRUKTION	9
3.3	GJUTSKEDET	10
4	TILLSYN, SKADOR OCH REPARATIONSMETODER	12
4.1	KUNSKAPSÅTERFÖRING PÅ BETONGOMRÅDET FRÅN DET AMERIKANSKA REMR-PROGRAMMET [5]	13
4.2	REPARATIONER AV LÄCKANDE DILATATIONSFOGAR; FALLSTUDIER OCH ERFARENHETER.....	13
5	PRAKTIKFALL	17
5.1	STORFINNFORSEN 1993-1994	17
5.2	MIDSKOG KRAFTSTATION, DAMMSÄKERHETSÅTGÄRDER, DILATATIONSFOGAR	17
5.3	BERGEFORSSEN [1]	18
6	FORTSATT ARBETE & FORSKNINGSBEHOV.	19
7	SLUTSATSER	20
8	REFERENSER.....	21

Bilagor

- A** **ARBETE I KASSUN**
- B** **VATTENBILAT OMRÅDE**
- C** **SITUATIONSPLAN MIDSKOGS DAMMAR**

1 Inledning

Livslängden för vattenkraftbranschens anläggningar av betong och utsatta för ensidigt vattentryck har av bedömare uppskattats till mellan 50-160 år [5]. Många konstruktioner börjar därför komma upp i sådan ålder att ett ökat reparationsbehov framöver är troligt.

I konstruktioner utsatta för ensidigt vattentryck har placering och utformning av fogar stor betydelse. Med hänsyn till arbetsutförande, gjutkapacitet och risk för sprickbildning uppdelas vanligen betongkonstruktioner i mindre partier genom fogar. Vanliga avstånd mellan fogar i dammbyggnader är 8-15 meter.

I betongdammar förekommer såväl gjutfogar som dilatationsfogar. Båda typer måste göras vattentäta och underhållas så att de behåller sin täthet om de finns i vattentäta konstruktioner. Detta projekt behandlar framförallt dilatationsfogar där även fogskador är vanligast förekommande. En felaktigt utformad eller ej fungerande fog kan ödelägga hela eller delar av konstruktionens funktion och äventyra en damms säkerhet på sikt.

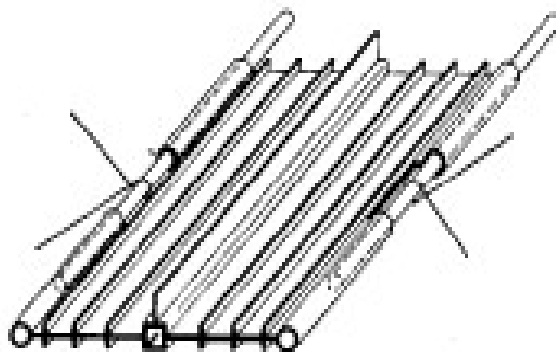
2 Fogbandstyper

I Sverige har använts i huvudsak två typer av fogband, dels den äldre typen av rostfria plåtfogbleck och dels fogband av någon form av PVC. Tätbleck av koppar har även använts vid något enstaka ställe i början av 1900-talet. Tätningsbleck av koppar är dock vanligt förekommande i USA.

Dilatationsfogar av trä har använts vid Vargöns kraftstation [1].

Beständigheten för de rostfria plåtarna är synnerligen god medan beständigheten för PVC-band är omdiskuterat. Den oftast ogynnsamma miljön (vattentryck, hög alkalihalt, temperaturvariationer, upprepade töjning, etc.) gör att man måste ställa höga krav på materialegenskaperna.

2.1 Fogband av PVC



Figur 2.1 Fogband av PVC

Tätningar med PVC och gummi har använts från 50-talet och framåt.

De första fogbanden av PVC på marknaden hade mycket dålig beständighet. Banden blev snabbt hårda och spröda efter ingjutning. Från 70-talets början blev kvalitén på PVC-fogbanden bättre och kan accepteras [1].

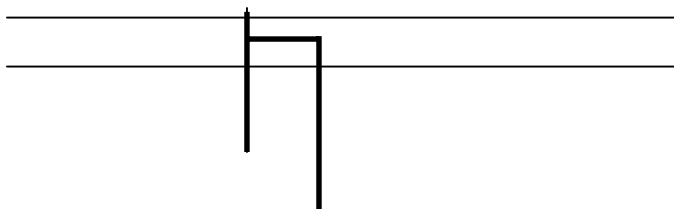
Den största fördelen med fogband av PVC är att de med rätta redskap är relativt enkla att forma och skarva. Vid skarvning är det väldigt viktigt att ha rätt temperatur och se till att banddelarna inte blir förskjutna. Det är ganska vanligt med dåligt utförda skarvar i Sverige. [3] På grund av materialets formbarhet kan man också tillåta betydligt mer komplicerade fogutformningar än med tätningsplåt. Nackdelen är att fogbandet lätt skadas eller kommer ur läge vid ingjutningen.

Mjukgörare i fogband av PVC tenderar att ha en avklingande effekt och därigenom minskar fogbandet sin rörlighet. Detta kan innebära risk för brott vid placering i rörelsefogar. Tillverkare av PVC-fogband använder olika typer av mjukgörare och det finns ingen säker undersökning på vilken typ av mjukgörare som är bäst ur beständighetssynpunkt.

Fogband av plast innehåller, förutom PVC, mjukgörare, stabilisator, fyllmedel och smörjmedel. Stabilisatorn som vanligen utgörs av oorganiska blyföreningar motverkar materialets nedbrytning genom värme och ljus. [6] Fyllmedlet är ett oorganiskt ämne som i fogband används i endast ringa mängd. Smörjmedlet balanserar materialets friktions- och flytegenskaper vid profiltillverkning. Mjukmedel som vanligen utgörs av organiska estrar d.v.s. reaktionsprodukter mellan en alkohol och en svag syra, reglerar mjukheten och köldbändigheten. PVC består till ungefär 2/3 av PVC, resten är i huvudsak mjukmedel.

Leverantörer av fogband av PVC bör ange vilka vattentryck, temperaturer och fogrörelser bandet förväntas tåla. På marknaden finns det certifierade PVC-fogband som regelbundet provas och godkänns. Det finns på marknaden PVC-band med fastmonterad injekteringsslang som kan användas för att återställa undermålig funktion vid behov. Dessa band är förhållandevis dyra och svåra att skarva. Fogbandets bredd bestäms bl.a. av vattentryck, betongdimensioner och fogens rörelser. Skarvning bör undvikas vid stora vattentryck. Banden skall fixeras noggrant innan gjutning för att förhindra att bandet hamnar i fel läge.

2.2 Plåtbånd



Figur 2.2 Fogband av plåt

De rostfria plåtfogblecken kan vara raka eller bockas i en ”Z-bock” som i figur 2.2.

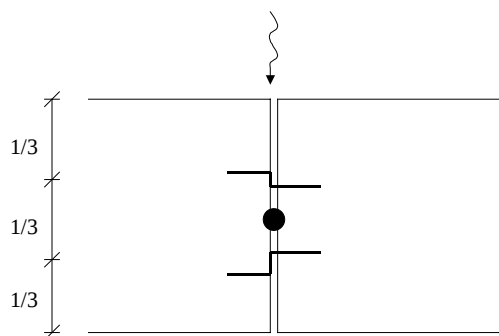
Tätningssplåt deformeras inte vid gjutning, vilket är en fördel. Särskilt gäller detta rostfritt stål. Nackdelen är att metallen är svår att skarva, särskilt vid komplicerade korsningar och detaljer. Plåtbleden är dessutom tunga att hantera. Det rostfria plåtfogblecket är slätt och har en tjocklek på 0,8-1mm. Vanlig bredd är 200-400 mm.

3 Konstruktionsutformning

Dilatationsfogar används normalt för att dela upp betongkonstruktioner i lämpliga enheter med hänsyn till de rörelser som konstruktionen måste kunna ta upp. Dammar med relativt stor utsträckning i längd kräver fogar som tar upp längdändringar vid varierande temperatur, svällning och krympning. En damm som vilar på jord kan delas upp i längre monoliter än dammar på berg p.g.a. den lägre friktionen. Fogarna placeras i sådana lägen och på lämpliga avstånd att de förhindrar skadlig sprickbildning i dammen eller dess anslutningar. Vanliga avstånd mellan fogar i dammbyggnader är 8-15 meter.

Vid användning av fogband av PVC i kyla skall aktsamhet ske då banden blir hårda och spröda och på så sätt lätt skadas vid bl.a. hantering av armering.

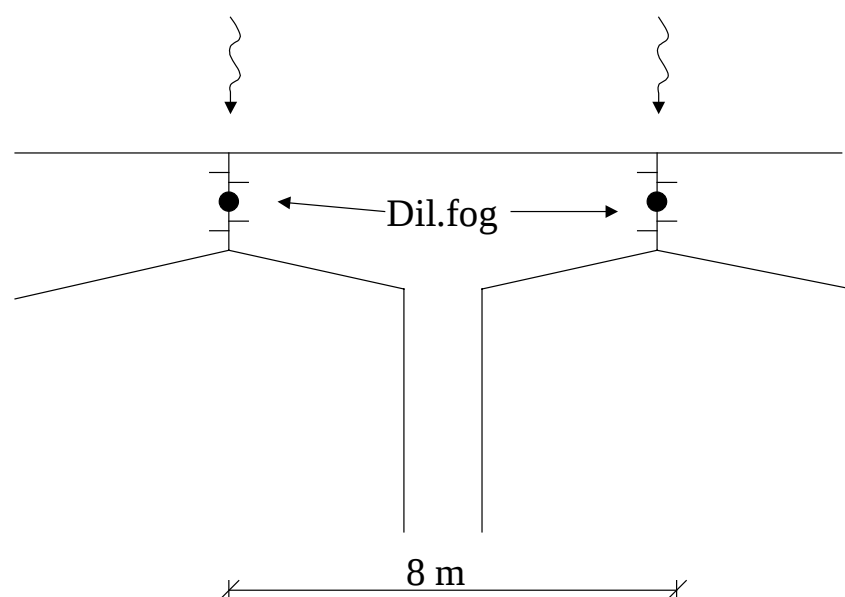
Dilatationsfogar utformas gärna med dubbel tätningssanordning då fogar försedda med endast en enkel tätning i praktiken ofta har visat sig bli otäta. Då det är svårt och kostnadskrävande att tätta läckande fogar i efterhand rekommenderas att både konstruktion och utförande av fogar ägnas stor omsorg. Fogarna förses gärna med två tätningsband med en kanal i fogen mellan dessa.



Figur 3.1 Fogtätning med dubbla "Z-bockade" plåtband med asfaltstättning

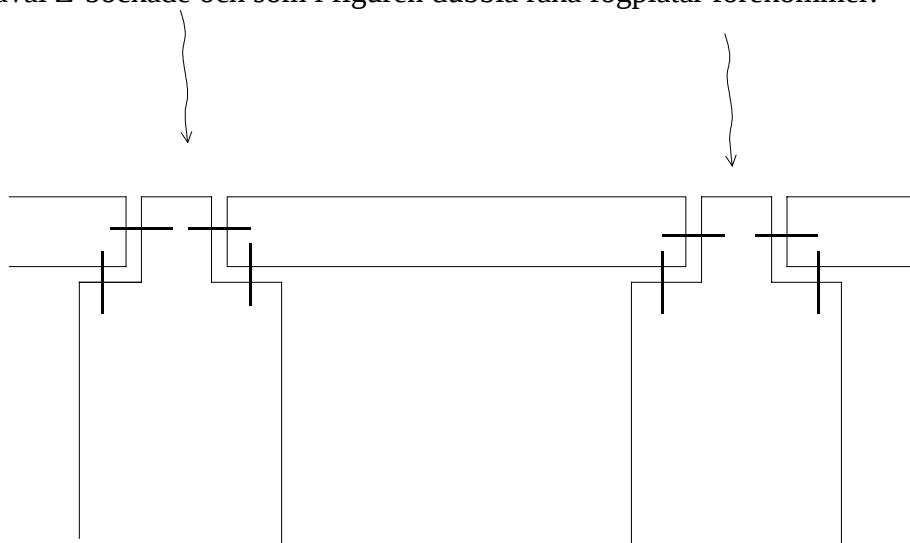
Kanalen kan användas för injektering i fogen med asfalt eller annat tätande material. Fogbanden för tätning av fogen monteras stadigt och i rätt läge.

Formen måste vara tät vid banden för att undvika läckage vid gjutning. Spikning i PVC-band får bara göras i avsedda spiklister och fogbanden måste skyddas mot åverkan före och under gjutning. I anslutning mot berg förs bandet ner i en sågad slits och kringgjuts med bruk. Vid fogtätning med asfatlösning ska fogen utformas så att asfalt kan fyllas på längs hela fogen och under dammens hela livslängd.



Figur 3.2 Konstruktionsutförande

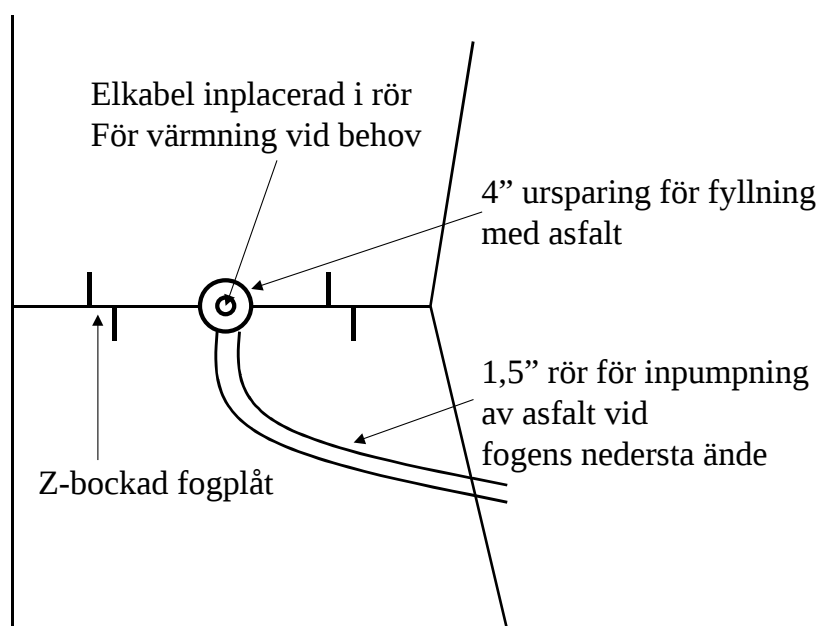
Ett mindre vanligt, men förekommande konstruktionsutförande enligt nedanstående figur. Såväl Z-bockade och som i figuren dubbla raka fogplåtar förekommer.



Figur 3.3 Konstruktionsutformning med raka dubbla fogplåtar

Fogytorna behandlas med kallasfalt, sedan varmasfalt, varpå klistras en 3-5 mm tjock asfaltmatta för att klara dilatationen mellan gjutdelarna (vidhäftningen och friktionen minimeras). I vissa fall har asfaltmatta uteslutits.

De Z-bockade blecken är utformade för att bättre kunna klara rörelserna i fogen. Det förekommer både enkla och dubbla Z-bockade bleck samt raka bleck.



Figur 3.4 Fog med trycksatt asfaltsmassa

3.1 Trycksatta fogar

I mitten av konstruktionen (se ovanstående figur) har konstruktionen försetts med en asfaltsträng (asfaltkorv), som i regel står i förbindelse med ett tryckkärl till vilket man kan anbringa tryckluft, för att tätat det eventuella läckvatten som tränger genom "korven". Trycket skall vara något större än det vattentryck som fogen normalt skall tätat mot. 10 % högre tryck kan anses som lämpligt [4].

Tryckkärlet skall inte vara allt för små, då det är lätt att nipplar och manometrar blir igensatta av asfaltsmassa. Vid ursparingar med asfaltsmassa som mynnar på konstruktionens ovansida och som inte är trycksatt sker kontroll av asfaltnivån okulärt. Det är mycket vanligt att en hinna bildas på asfaltsytan medan asfalten under hinnan kan ha läckt ur fogen. För att undvika att bli lurad på nivån skall man ta håll på denna hinna.

Vissa tryckkärl finns en bit ner i dammkonstruktionen och är då trycksatta. Det finns inte något riktigt bra sätt att kontrollera om asfaltmassan tryckts bort ur både kärl och fog.

Om asfaltmassan trycks bort från fogen mister rör och röranslutningar sitt rostskydd och det är risk att komplicerade reparationer blir nödvändiga. Är dessutom rör och fog vattenfyllda måste en dyrbar nedfrysning ske för att nödvändiga reparationer ska kunna bli genomförda. Is i rör och fog ska avlägsnas. Därefter kan ny asfaltsmassa fyllas på. Finns det is kvar när varm asfalt fylls på är det överhängande risk att en explosion inträffar med risk för stora materiella och framför allt personella skador. Vanligen

kontrolleras nivåer och tryck två till fyra gånger per år. Någon damm har ända upp till 80 påfyllningställen.

Mellan de dubbla tätningsbanden görs en ursparing på 75-100mm för eventuell fyllning med asfalt. Fyllningen utföres vid en tidpunkt, då fogen öppnat sig. Asfalten värms till ca 100°C och inpumpas vid lågpunkt genom ett rör med diameter ca 40mm. Vid berg anbringas röret så nära bergytan som möjligt. Vid krökt fog anordnas vid behov även rör för avluftning i högpunkter. I samband med asfaltinjektering inläggs i kanalen ett krent rör (vid raka fogar), vari vid behov en elektrisk värmekabel kan inplaceras för uppvärmning av asfalten vintertid.

Tättningsband i dilatationsfogar måste ha god draghållfasthet, töjbarhet och beständighet. De måste behålla en viss mjukhet även vid låga temperaturer och kunna motstå mekanisk åverkan under montering, gjutning etc.

Stor noggrannhet fordras vid tätningsbandens montering, skarvning ingjutning etc. Spikning får endast utföras i för ändamålet avsedda spiklister.

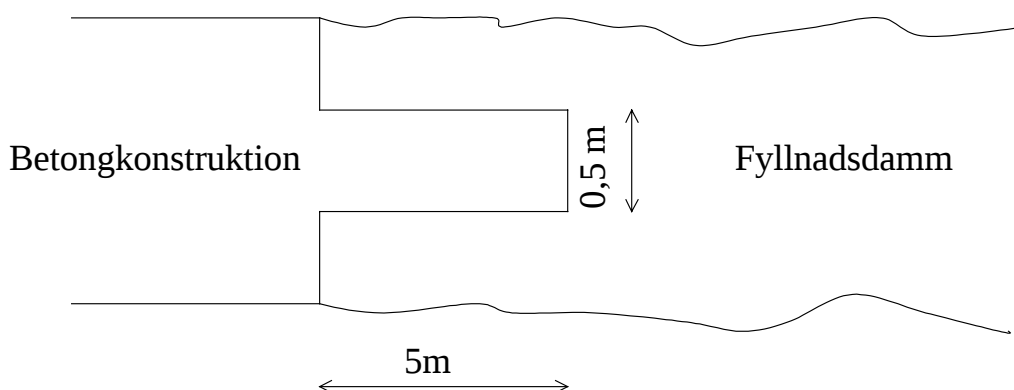
I fogar mot berg förs plåten ner i en sågad slits. Slitsen skall vara minst 250 mm djup och sedan fyllas med expanderande bruk. Vid behov skall bergytan närmast fogen tätas noga genom t.ex. injektering.

Det är nödvändigt att fogarbetet i vattentäta konstruktioner utförs av yrkeskunnig erfaren personal samt att det föreligger ett väl genomarbetat ritnings- och anvisningsunderlag.

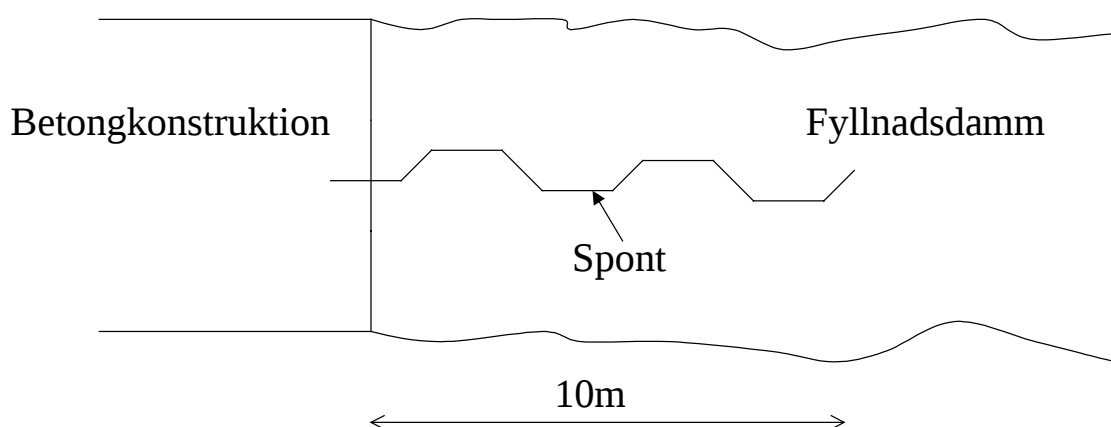
Det är väsentligt att man undviker gjutsår, då dessa ofta är orsak till otätheter. Gjutfogarna bör om möjligt läggas i tryckzoner eller där dragkraften är så liten som möjligt.

3.2 Övergångskonstruktion

För att övergång mellan betongkonstruktion, (t.ex. utskov) och fyllnadsdamm skall vara tät utförs oftast konstruktionen på något av nedanstående två sätt. Antingen gjuts en betongklack in i dammen eller så placeras en spont enligt nedanstående figurer. Avsikten är att förlänga eventuell läckväg för vattnet.



Figur 3.5 Exempel på övergångskonstruktion



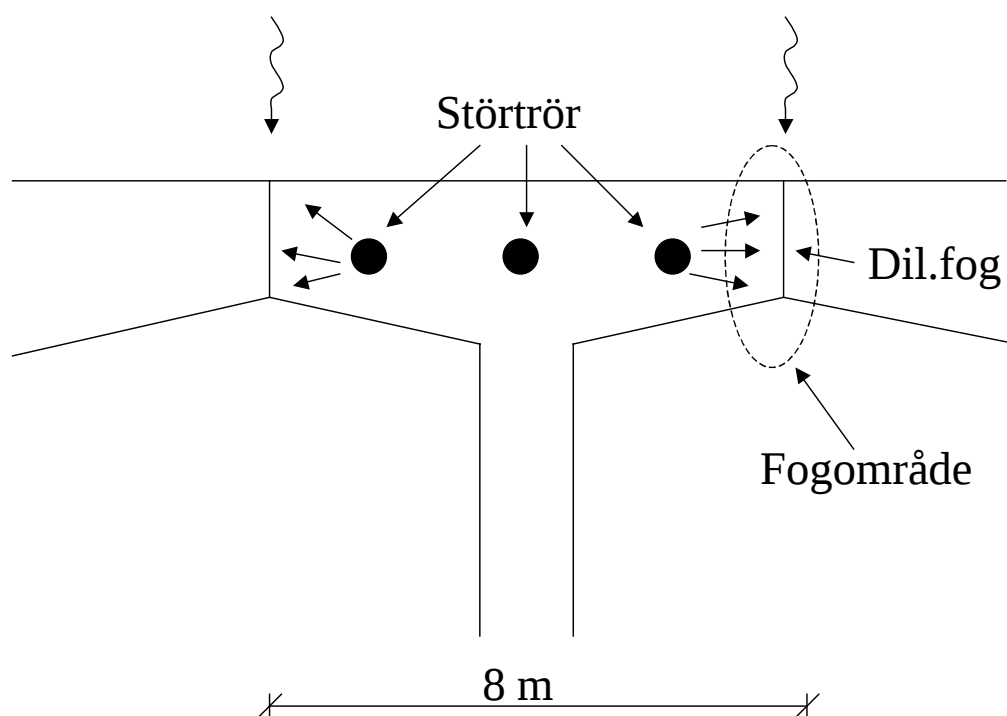
Figur 3.6 Övergångskonstruktion med spont

3.3 Gjutskedet

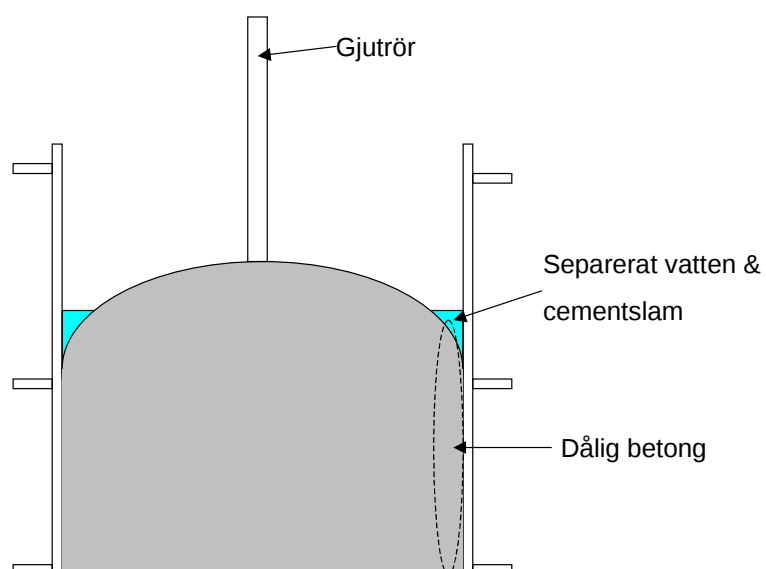
Det vanligaste gjututförandet vid i stort sett samtliga höga betongdammar (lamelldammar) i Sverige har varit följande [2]:

Betongen gjöts genom 3st störtrör enligt figur 3.7 och 3.8. Den färska betongpallen (betongen) transporterades genom vibrering fram mot dilatationsfogen och man fick ofta en lutning mot fogen. Dessutom gjöts det med stighöjdsgjutning vilket bidrog till att det blev stående vatten intill fogen som i regel vibrerades in i nästa pall. En vanlig stighöjd är ca 0,3 m/timme. Man fick större vatteninnehåll i denna betong med högre porositet, som i sin tur ger snabbare urlakning mm.

Givet vis fanns även dammar där man var väldigt noga med att hålla ”pallarna” höga mot ytterkanterna.



Figur 3.7 Gjututförande med störtrör



Figur 3.8 Gjututförande med försämrat fogområde

4 Tillsyn, skador och reparationsmetoder

I den driftmässiga tillsynen enligt RIDAS finns bl.a. en punkt där man tittar på onormalt läckage eller uppvattning.

En fördjupad dammsäkerhetsutvärdering (FDU) skall utföras med intervall som varierar mellan 15 och 30 år beroende på dammens konsekvensklass och där även fackområdet betongteknik bör representeras. I checklista för dammbesiktning finns en punkt med där man skall titta på fogarnas kondition.

I samband med tillsyn, inspektioner och besiktningar av nedströmssidorna av sådana dilatationsfogar konstateras inte sällan läckage i fogarna. Detta måste tas på fullaste allvar. Om sådan fog är ansluten till ett övertryckssystem, så skall man omedelbart initiera detta system om det inte är gjort. I många fall får man räkna med att sådana system ständigt skall vara driftsatt. Se även till att utrustningen är skyddad mot rostangrepp och andra skador. Se till att drift- och underhållspersonal är vaksamma på händelser som kan uppstå i fogområdet. Säkerställ att personal har tillräcklig kompetens kring fogars funktion och betydelse.

Då betongen oftast har en sämre kvalité i fogområdet finns risk att vattenförande sprickor mynnar nedströms det nedre fogblecket/fogbandet. Det är en besvärlig situation och är svår att åtgärda.

Har det av någon anledning uppkommit läckage i dilatationsfogen nedströms nedre blecket/fogbandet, så bör man i varje fall se till att området nedanför dammen eller fogområdet är frostskyddat för att undvika frostskador. Området mellan nedströms betongplatta och isoleringsvägg förses lämpligen frostskyddat. Som värmekälla kan det vara lämpligt med spillvärme från kraftverket eller en annan värmekälla.

Kylan kan även gå genom tunna betongväggar och orsaka frostskador även på uppströmssidan trots att fogområdet är i gott skick [1].

Utvändig renovering av skadade fogband är möjlig med olika typer av gummibaserade membran som limmas uppströms eller nedströms den skadade fogen. Se figur 4.1 Även utanpåliggande PVC-fogband kan vara användbara. Problemet kan vara att man har vattenfyllda porer som kan frysa loss det limmade membranet samt att tätningar nedströms gör att fogen vattenfylls och riskerar att frysa sönder. Betongen bör vattenbilas och membranet bör appliceras på uppströmssidan.



Figur 4.1 Limmat gummimembran

4.1 Kunskapsåterföring på betongområdet från det amerikanska REMR-programmet [5]

Ett av de mer omfattande forsknings- och utvecklingsprogrammen inom de områden som rör befintliga vattenbyggnadskonstruktioner startade 1994 vid Waterways Experimental Station (WES) i USA, det så kallade REMR-programmet (Repair, Evaluation, Maintenance and Rehabilitation). Programmet har drivits av US Army Corps of Engineers under 14 år.

Tillståndsläget för Corps of Engineers betongkonstruktioner inom vattenkraftsindustrin i USA har kartlagts. Informationen baseras på en genomgång av rapporter från regelbundet återkommande inspektioner av Corps of Engineers betongkonstruktioner, med start 1965.

Corps of Engineers äger och ansvarar för driften av 536 stora dammar och 260 slussbassänger på 596 platser i USA. 60 % av konstruktionerna är mer än 20 år gamla (1985 års siffror), och mer än 40% är mer än 30 år gamla. Platsbesök och genomgångar av inspektionsrapporter har visat att det för många av konstruktionerna kommer att krävas betydande underhålls-, reparations- och renoveringsinsatser framöver.

Efter genomgång av arkivmaterial från ca 2000 rapporter har över 10 000 rapporterade skador registrerats. I genomsnitt uppvisar varje anläggning 17 skador. Skadorna har delats in i 8 olika typer: sprickor (38%), läckage (20%), avskalning (19%), vridning/rörelser (7%), erosion (6%), delaminering (4%), konstruktionsfel (2%) och fogskador (2%). 2 % fogskador kan verka lite, men å andra sidan är fogskador oftast farliga för konstruktionen och väldigt svåra att reparera. I 16 % av dessa fall har skadeorsaken rapporterats. De dominerande skadeorsakerna är erosion (nötning, kavitation), sättningar eller rörelser, krympning samt utförande fel av något slag. I de fall skadorna är allvarliga eller till och med hotar konstruktionens säkerhet (sammanlagt i 6 % av fallen) framgår en trend där undermålig betong ökar i takt med ökande medelålder.

4.2 Reparationer av läckande dilatationsfogar; fallstudier och erfarenheter

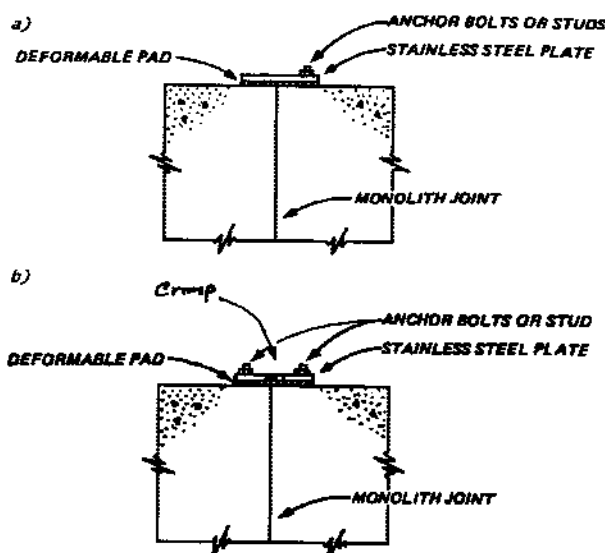
För att förhindra att vatten transporteras genom de dilatationsfogar som finns mellan en konstruktions betongmonoliter så bygger man i regel in någon form av fogband. Både styva material (stål, koppar, bly eller trä) och flexibla material (vanligtvis PVC) förekommer. Ett läckage uppstår om fogbandet av någon anledning skadas; i vissa fall kan en sådan skada medföra att konstruktionens funktion och säkerhet hotas. Anläggningars skadehistoria är i mycket liten omfattning dokumenterade. Man tror dock att läckagen många gånger har uppstått till följd av skador på dilatationsfogarnas fogband.

Till typiska defekter på fogband hör:

- Omfattande rörelser i fogen som leder till att fogbandet skadas.
- Hålrum i anslutning till fogbandet orsakad av dåligt komprimerad betong. För att lokalisera sprickor och dålig betong kan följande undersökningsmetoder användas: rök, tryckluft, IR-kamera och färgat vatten, samt med akustiska oförstörande provningsmetoder.
- Förorening av fogbandets yta som försämrat vidhäftningen mellan fogband och betong.
- Punktering av fogbandet under konstruktionsfasen, alternativt att fogbandet överhuvudtaget inte installerats.
- Brott i fogbandet beroende på dålig eller ingen svetsning av fogbandets skarvar.

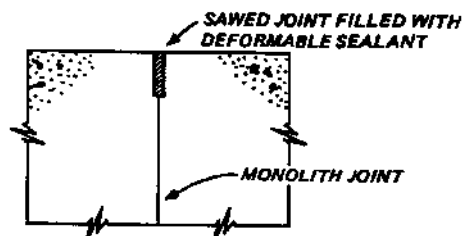
I samband med tillsyn, inspektioner och besiktningar av nedströmssidorna av dilatationsfogar konstateras inte sällan läckage i fogarna. Detta måste tas på fullaste allvar. Eftersom det vanligtvis är svårt att avlägsna tillräckligt med betong utmed en fog så att ett fogband kan bytas ut så väljer man ofta någon av nedanstående metoder som är grupperade med avseende på fyra basutförande:

En platta, i allmänhet i rostfritt stål, kan användas för att täcka över fogen. Plattan kan förankras mot konstruktionsbetongen med bultar på ena sidan av fogen (se figur) eller, om plattan har ett dilatationsmaterial, via bultar på bägge sidor om fogen (se figur). Reparationen är enkel att utföra och speciellt lämplig då reparationsområdet är lätt att komma åt. Metoden är inte lämplig när stora rörelser i konstruktionen kan förväntas.



Figur 4.2 Två exempel på utförande av tätande plattor över läckande konstruktionsfogar [5].

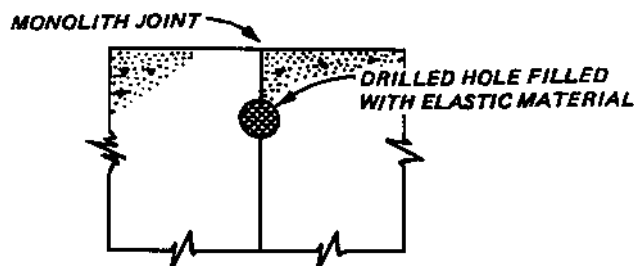
Diktade fogar. En enkel och billig metod som innebär att ett spår sågas upp utmed fogens längd. Urtaget fylls med ett elastiskt förseglingsmaterial. Metoden är bäst lämpad då reservoarens vattennivå kan sänkas under läget för reparationen.



Figur 4.3 Typutförande av diktad fog [5].

Ett kemsikt injekteringsbruk pumpas till det skadade området via ett förbindelseborrhål. Injekteringsbruket skall vara lågvisköst, gela/härda snabbt, erhålla god vidhäftning mot fuktiga/våta ytor, vara arbetbart under vatten, uppvisa bra elastisk styrka och tolerera förekomst av skräp (t.ex. borrhax). Metoden har framgångsrikt använts för att reparera isolerade områden i anslutning till inre dilatationsfogar och därmed förhindra läckage. Injektering har även använts för att försegla ytligt liggande fogar på konstruktionens uppströmssida. En viktig fördel är möjligheten att exakt kunna borra sig fram till de problemutsatta områden som behöver repareras.

Borrhål som sträcker sig från konstruktionens överyta ned till dess bas borras utmed de enskilda betongmonoliternas vertikala dilatationsfogar (typisk diameter 75-150mm). Borrhålet fylls därefter med ett elastiskt material t.ex. asfalt. Kravspecifikationen på fyllnadsmaterialet omfattar: god förmåga att undantränga vatten, bibehålla elasticitet under konstruktionens livstid, praktiskt hanterbar i fält, ekonomiskt samt att klara hydrauliska tryck utan att pressas ut från borrhålet. Metoden används i allmänhet i de fall reparationsarbetet inte kan göras från konstruktionens uppströmssida. Vid något fall har borrhålet filmats och det har visat sig att borrhålets väggar varit ojämna med inslag av skjuvskador. Här har man installerat ett foderrör (motståndskraftig nylonförstärkt brandslang av polyvinyl) som fyllts med en 10%-ig bentonitslurry.



Figur 4.4 Tvärsnitt genom en fog som reparerats med ett borrhål utfyllt med ett elastiskt material [5].

I det enskilda fallet beror metodvalet på faktorer som fogvidd, rörelsegrad, verkande hydrauliskt tryck och vattenflöden genom fogen, miljö, typ av konstruktion, ekonomi, tillgänglig tid för utförande och möjlighet till att komma åt uppströmssidan.

5 Praktikfall

5.1 Storfinnforsen 1993-1994

I samband med reparation av Storfinnforsen, som är en av de större lamelldammarna i landet undersöktes betongkvaliteten i fogområdet.

Nedströmssidan av ca 10 monoliter vattenbilades och man kunde konstatera att betongen var porösare och betydligt mera lättforcerat intill fogen än i övrigt. Man fick avsluta insatsen ”i förtid” och i stället ersätta den undermåliga betongen med ny sprutbetong.

Att betongen i fogområdet var av sämre kvalitet än övrig betong kan bero på gjutsättet med störtrör och vibratortransporterad betong (se 3.3).

För att kunna vattenbila i torrhet byggdes kassuner (se bilaga A).

Kassuner som användes vid Storfinnforsen kan mycket väl användas vid andra reparationer på uppströmssidan. Vid större djup än 10-15 meter behöver kassunen förstärkas så mycket att den blir allt för komplicerad och tung att använda och manövrera.

Bild över vattenbilat område se bilaga B.

5.2 Midskog Kraftstation, dammsäkerhetsåtgärder, dilatationsfogar

Midskogs Kraftstation togs i drift 1944. Dammarna har utformats med en rörelsefog vid anslutning vänster jorddamm med vänster betongdamm samt vid anslutning höger jorddamm med höger betongdamm (se bilaga C).

Genom mätningar har sidorörelser konstaterats i fogen vid anslutning vid vänster jorddamm och vänster betongdamm. Rörelserna är så stora att dess nuvarande funktion ifrågasätts. Kraftstationen skall rustas för att klara en större avbördning och tätfogarnas kondition skall klarställas och dess framtida funktion säkras.

Fogen vid vänster damm har utformats som en rörelsefog med ett tätbleck, 1mm rosthärdig mjukvalsat bandstål.

Med stöd av de utförda mätningarna anses tätbleckets största töjning teoretiskt bli 0,04 %, vilket är mindre än sträckgränsen som ligger på 0,2%. Tätblecket bör tåla en sådan töjning.

Den största delen av deformationerna, ca 70 %, skedde under de första åren efter i drifttagning. Orsaken till deformationerna tros bero på dålig packning samt låg finmaterialhalt i fyllnadsmassorna.

Fogen har tagits fram med kärnborrning. Tätblecket är helt utsträckt men i god kondition. Ingen större rörelsemarginal finns. Vid ett eventuellt högre flöde blir dammen och fogen utsatt för en högre belastning och det finns risk att tätblecket spricker.

TVå alternativa åtgärder diskuterades:

- Alternativ 1: Fogen tätas med t.ex. asfalt. Inspekterbarheten går förlorad. Ett ev. framtida läckage kan tätas genom injektering i dammens uppströmssida.
- Alternativ 2: Fogen hålls öppen. Förutsatt att det går att rensa fog och dränrör kan täthet övervakas. Ett läckage i fogen kan tätas genom injektering uppströms och/eller fylla fog med asfalt.

Fördelen med att hålla fogen öppen är att ett framtida läckage kan lokaliseras bättre. Nackdelen är att tätning av fogen då läckage redan uppstått torde bli sämre jämfört med att göra det mer kontrollerat före läckage.

Dammägaren prioriterade alternativ 2. Töjning i tätblecket upp till sträckgränsen ger en ytterligare marginal för rörelser. Risk för att framtida rörelser blir så stora att tätblecket spricker bedöms som små.

Efter samråd med Daniel Eklund Vattenfall Utveckling AB och Bengt Forsberg SwedPower föreslås i dagsläget följande vid ett läckage i dilatationsfogar:

- Tätning i dammens uppströmssida med ett material som kan deformeras på samma sätt som fyllningsmaterialet. Borrning med foderrör med ca 6 tum diameter. Fyllning med granulerad bentonit varefter foderröret avlägsnas.
- Tätning på bleckets uppströmssida med mjuk asfalt.

Handlingsplan enligt ovan vid framtida läckage skall skrivas in i DTU-manual för Midskog.

5.3 Bergeforsen [1]

Läckage har uppstått i dilatationsfog. Konstruktionsdelen har värmts upp för att undvika frostskador. Vatten i fogen dräneras ut. Under ca 30 års tid har inte läckaget ökat.

6 Fortsatt arbete & forskningsbehov.

Nedan listas några möjliga fortsättningsaktiviteter.

- Anläggningar med kända reparationsinsatser kan följas upp för att kontrollera hur lyckade insatserna har varit.
- En fog i en damm har borrats upp med hammarbörning. En slang har placerats i borrhålet och trycksatts med luft. Vid behov finns det möjlighet att fylla slangen med polyuretan eller något annat elastiskt material. Detta kan följas upp.
- I Forsmo i Ångermanälven har dykare limmat en gummiduk under vattenytan uppströms på en skadad fog. Vattennivån är relativt stabil, vilket förmodligen krävs för att inte de vattenfyllda porerna i betongytan ska frysa loss gummiduken. Detta kan följas upp.
- Följa upp ytterligare reparationsinsatser av dilatationsfogar. Litteratur skall enligt uppgift finnas i bl.a. Vattenfalls dammarkiv.
- Finns det bättre alternativ till asfaltsmassan som används i dag? Asfaltsmassans konsistens/viskositet förändras med temperaturen och kräver i många fall uppvärmning. Finns det andra lämpligare material som inte har detta temperaturberoende? Krav som materialet bör uppfylla är god förmåga att tränga undan vatten, bibehålla elasticitet under konstruktionens livstid, vara praktiskt hanterbart i fält, vara ekonomiskt samt att klara hydrauliska tryck utan att pressas ut från borrhålet. Det är speciellt viktigt att asfalt eller annat material har de rätta egenskaperna när inpressning sker med endast självtryck.
- Det finns problem att kontrollera nivån i asfaltsbehållarna som används vid trycksatta konstruktioner. En genomskinlig behållare blir kladdig på insidan. Kan en flottör användas? Kan behållaren ställas eller hängas på en robust och driftsäker våg? Kan kompressorns antal starter och drifttider registreras och hanteras på önskat sätt?
- Hur gör man lämpligast en övergång mellan plåtbleck och fogband av PVC vid en reparationsinsats?
- Hur ser fogarna ut i Månbo Avesta? Rivning kommer att ske och följas i ett annat Elforskprojekt.
- Vid uppgradering av dammar genom t.ex. injektering och sprutbetong räknar man med att dammen uppgraderas/föryngras med ett antal år. Hur bra är funktionen på t.ex. ett PVC-fogband som inte går att föryngra?

7 Slutsatser

När det gäller betongdammar, så är en av de svagaste punkterna dilatationsfogarna. Det är dessutom det besvärligaste stället att utföra reparationer på p.g.a. att fogbanden är ingjutna och på så sätt svåra att komma åt.

Uppstår det läckage i fogområdet är det viktigt att så snabbt som möjligt sätta in rätt reparationsmetod annars skadorna i övriga konstruktionsdelar blir allt för allvarliga.

Hittills finns det endast redovisat ett fåtal större fogskador i Sverige. I Amerika har det däremot inträffat flera partiella dammbrott med svåra reparationer som följd. Väldigt ofta blir inte resultaten av reparationsinsatserna helt bra.

Vilken fogbandstyp, PVC eller plåt, som klarat sig bäst i dammarna råder det olika uppfattning om, vilket hänger samman med att det finns för lite indata om detta.

Det finns ett fortsatt forskningsbehov, bl.a. finns det ett flertal äldre reparationsinsatser som bör följas upp för att se på den långsiktiga effekten av dessa reparationer. Asfaltmassan som i dag används mellan fogband i dilatationsfogarna är temperaturberoende och måste i vissa fall värmas upp för att erhålla önskad konsistens. Finns det lämpligare material?

Vid uppgradering av dammar genom t.ex. injektering och sprutbetong räknar man med att dammen uppgraderas/föryngras med ett antal år. Hur bra är funktionen på t.ex. ett PVC-fogband som inte går att föryngra?

8 Referenser

- [1] Lars Lindström, muntligt 2003
- [2] Harald Eriksson, muntligt 2003
- [3] Stig Jansson, muntligt 2004
- [4] Erland Johansson, Skellefteå Kraft, muntligt 2004
- [5] Kunskapsåterföring på betongområdet från det amerikanska REMR-programmet, Elforsk Rapport 98:33, Christian Bernstone
- [6] Rekommendationer för fogband av PVC, 1980
- [7] Vattenfalls Betonghandbok, 1972

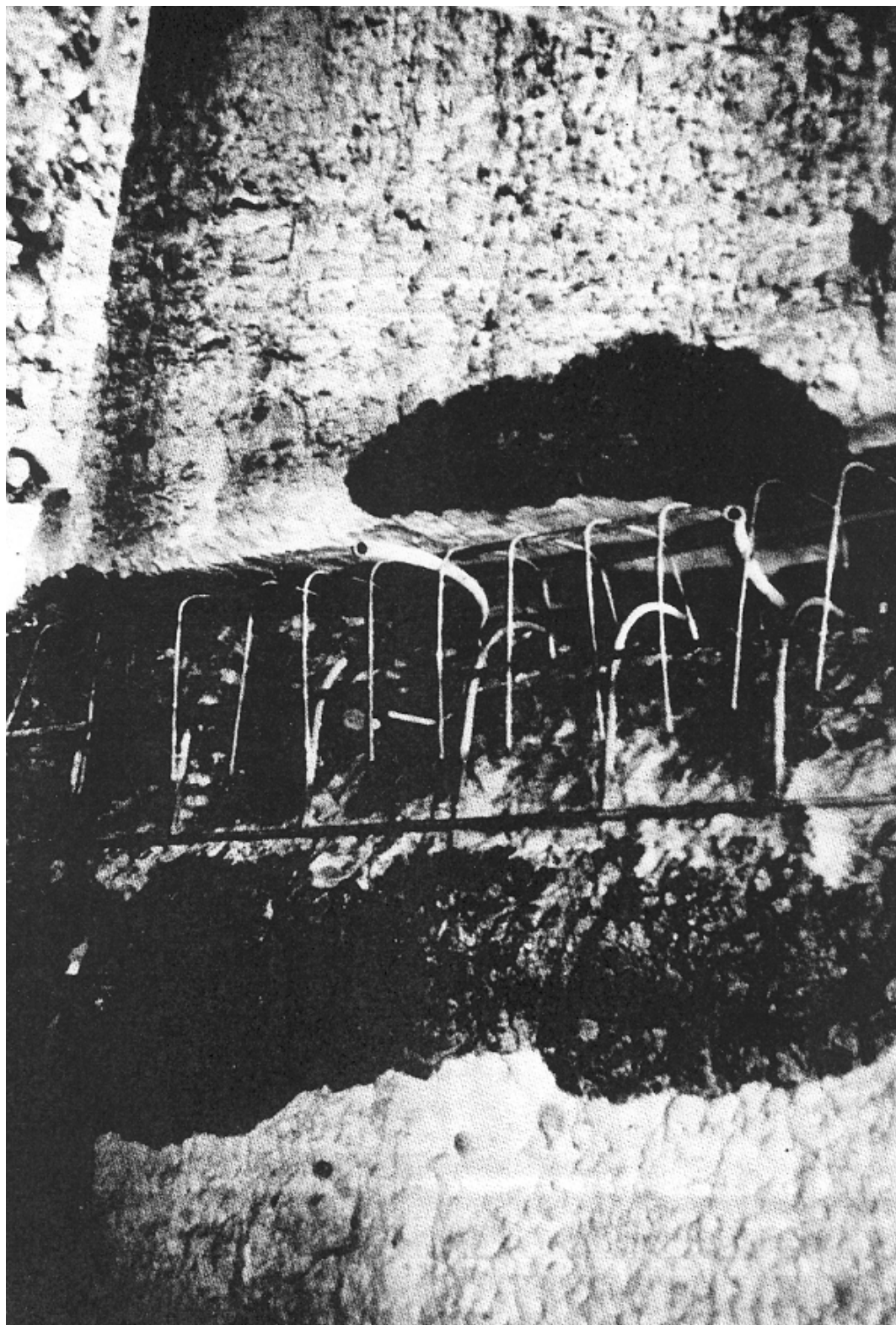
Bilagor

A Arbete i kassun



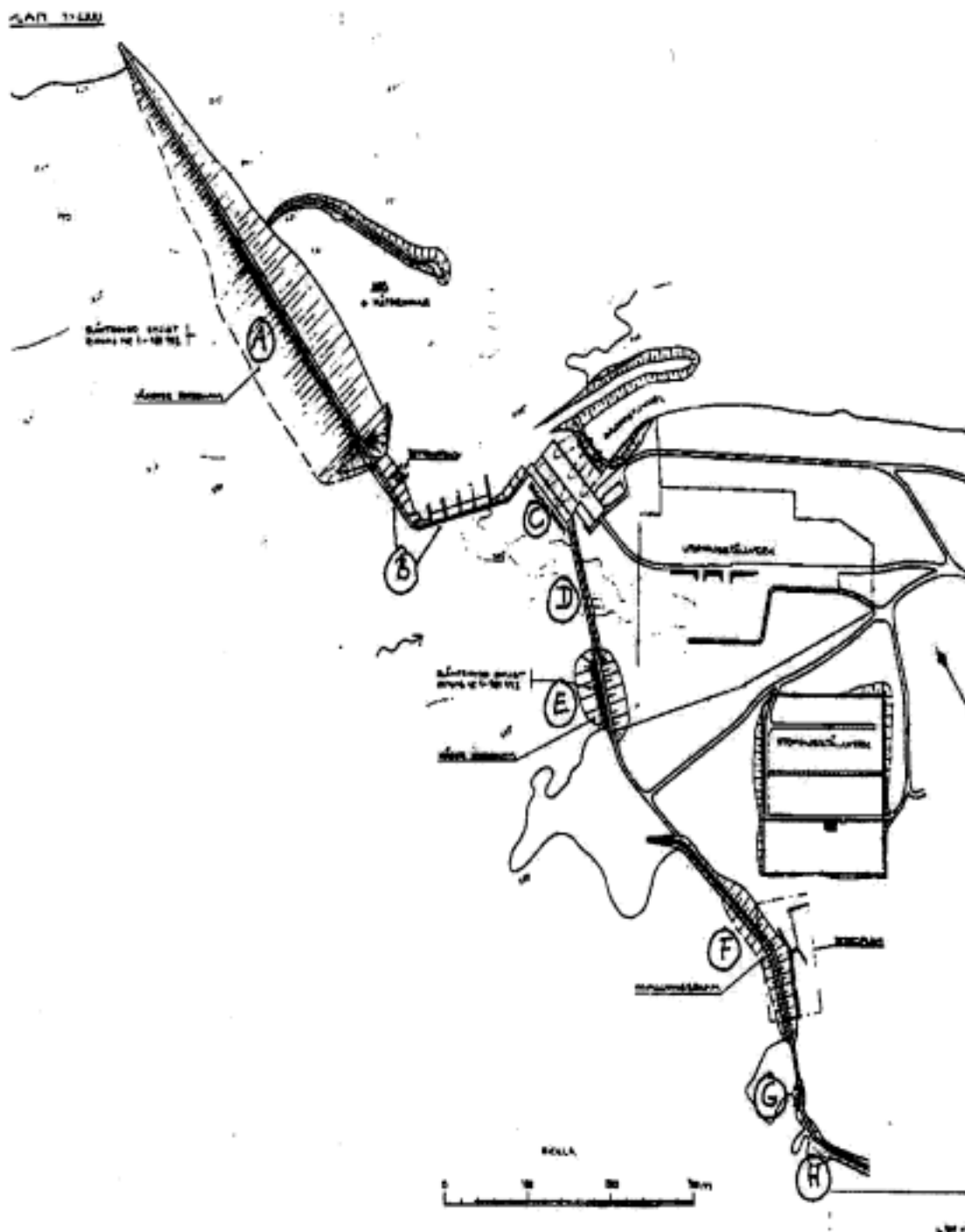
För att kunna t.ex. vattenbila i torrhet kan kassuner användas.

B Vattenbilat område



Vattenbilat område på monolit vid Storfinnforsen

C Situationsplan Midskogs dammar



Dammarna har utformats med en dilatationsfog vid anslutning vänster jorddamm (A) med vänster betongdamm (B), samt vid anslutning höger jorddamm(E) med höger betongdamm(D).

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se