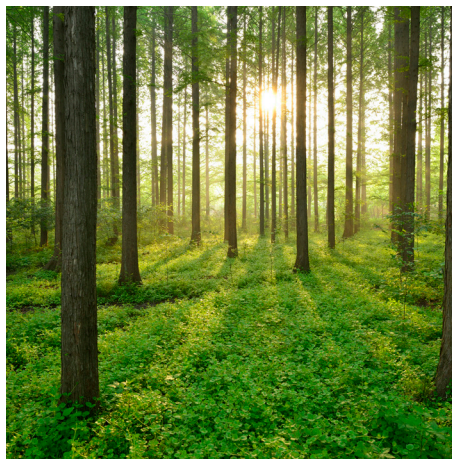
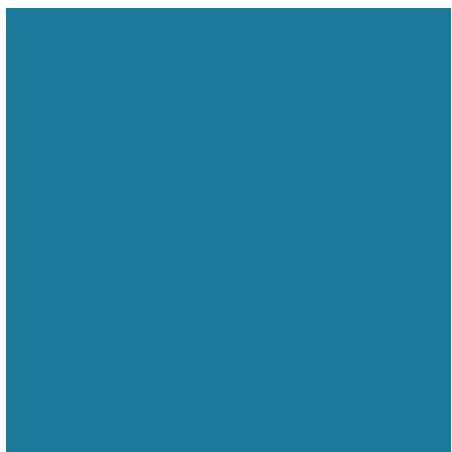


FÅNGDAMMAR – EXEMPEL OCH ERFARENHETER

RAPPORT 2024:985



DAMMSÄKERHET



Fångdammar

Exempel och erfarenheter

MARTIN HANSSON, TINA PÅHLSTORP

ISBN 978-91-7673-985-3 | © Energiforsk januari 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Förutsättningarna för mätningar och övervakning av fångdammar skiljer sig från permanenta dammar och det finns ett behov av vägledning inom det här området. Fångdammar byggs ofta under helt andra förutsättningar än permanenta dammar, och det är inte självklart vilka krav som bör ställas. I nya RIDAS finns grundläggande information men teknisk information som exempelvis dimensioneringskriterier saknas. RIDAS ger heller ingen djupare vägledning kring vattenhanteringen kopplad till fångdammar.

Projektet har genomförts av Martin Hansson och Tina Pålstorp från AFRY som utförare och författare till rapporten. Intern granskning gjordes av Tomas Ekström från AFRY. Dessutom har Carl-Oscar Nilsson från Uniper, Peter Viklander från Vattenfall, Anders Sjödin från Statkraft, Daniel Sjöstedt från Skekraft, Maria Bartsch från Svenska Kraftnät samt Magnus Svensson från Fortum bidragit som referensgrupp och granskare.

Projektet har genomförts inom Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogram med medverkan från industrin och Svenska kraftnät. Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Förestående rapport handlar om fångdammar som används främst inom vattenkraft. En fångdamm är en temporär konstruktion som används för att torrlägga ett område för att kunna utföra arbete i torrhet vanligen på den permanenta dammkonstruktionen.

Mål och syfte med projektet har varit att ge ökad kunskap och vägledning kring uppförande och drift av fångdammar i dammanläggningar.

Inom projektet har det utförts en litteratursökning, viss genomgång av dokumentation från dammägare från genomförda projekt samt erfarenheter från dammägare, konstruktörer och till viss del entreprenörer. En viktig del har varit rapportskrivarnas egna erfarenheter från fångdammsprojekt.

Några viktiga slutsatser:

- Mycket av kunskapen finns hos de personer som har erfarenheter från tidigare projekt hos anläggningsägare, konsulter och entreprenörer och är viktiga resurser i projektering och uppförande av fångdammar.
- Projektering och byggande av fångdammar styrs till största del om att utnyttja de förutsättningar som finns på plats och den kunskap/erfarenhet som finns hos de som aktivt deltar i projektet.
- Designvillkor för en fångdamm som är lika som för en motsvarande permanent damm kan vara svåra att uppfylla. Avvägda avsteg kan behöva göras. Analys och riskbedömning behövs dock för att frångå huvudregeln.

Förslag på kommande arbete:

- Ta in dokumentation även från kommande fångdammsprojekt. Fler erfarenheter kommer under kommande projekt och det bästa är att dokumentera dessa under pågående projekt.

Nyckelord

Dammsäkerhet, fångdamm, projektering, byggnation, drift, damm

Summary

A cofferdam is a temporary structure built to enclose an ordinary submerged area to maintain or construct a permanent structure. The aim and purpose of the project has been to provide increased knowledge of construction and operation of cofferdams build for hydropower structures.

Within the project, a literature search has been carried out, some review of documentation from dam owners from completed projects as well as experiences from dam owners, consultants and to some extent contractors. An important part has been to write down the writers' own experiences from cofferdam projects.

Some important conclusions:

- Much of the knowledge is with the people who have experience from previous projects with dam owners, consultants and contractors and are important resources in the design and construction of cofferdams.
- Design and construction of cofferdams are largely governed using the conditions on site and the knowledge/experience of the dam owner, consultants and contractors in the project.
- The same design criteria for a cofferdam as for a permanent dam can be difficult to meet. Carefully considerations have, however, to be made. Analysis and risk assessment are needed to deviate from the main rule.

Suggestions for future work:

- Take in documentation also from upcoming dam projects with cofferdams. More experience will come during future projects and the best is to document these during ongoing projects.

Innehåll

1	Introduktion	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syfte och mål	8
1.3	Metod och Avgränsningar	8
2	Olika fångdammstyper	10
2.1	Mobila fångdammar för små vattendjup	10
2.2	Fyllningsdamm	11
2.3	Spontfångdammar	12
2.3.1	Enkel spont	12
2.3.2	Dubbel spont	15
2.4	Cellfångdammar	16
3	Regelverk och riktlinjer för fångdammar	20
3.1	Sverige	20
3.2	Norge	20
3.3	Övriga Europa	21
3.4	USA	21
4	Projektering, konstruktion, byggande och drift av fångdammar	24
4.1	Kunskap och erfarenhet	24
4.2	Risker	24
4.3	Utredning och Projektering	25
4.3.1	Krav på fångdammen	25
4.3.2	Avbördningskapacitet och fribord	25
4.3.3	Placering	26
4.3.4	Strömningsförhållanden	26
4.3.5	Grundläggningsförhållanden	26
4.3.6	Anslutningar mot befintlig konstruktion	26
4.3.7	Tillgång till material och masshantering	27
4.3.8	Vattenhantering	27
4.3.9	Upptagning av dämning samt rivning av fångdammen	27
4.3.10	Övervakning	28
4.3.11	Kostnader	28
4.4	Tillstånd och miljöaspekter	28
4.5	Arbetsmiljö och Beredskap	29
4.5.1	Beredskapsplanering	29
4.6	Vattenplanering	29
5	Erfarenheter från byggda fångdammar	32
5.1	Exempel på byggda fångdammar	32
5.1.1	Fångdamm 1. Homogen jordfyllningsdamm av morän	32
5.1.2	Fångdamm 2. Stenfyllningsdamm, uppströms tätning av morän	49

5.1.3	Erfarenheter från andra fyllningsdammar	52
5.1.4	Fångdamm 3. Spontfångdamm	53
5.1.5	Fångdamm 4. Cellfångdamm	57
5.1.6	Fångdamms haveri vid Munkebotvatn i Norge	58
6	Slutsatser och diskussion	62
6.1	Erfarenheter från projektering och konstruktion	62
6.2	Erfarenheter från byggande, drift och rivning av fångdammar	63
6.3	Lärdomar från haverier	63
7	Förslag på vidare arbete	64
8	Referenslista	65

1 Introduktion

1.1 BAKGRUND

Delar av vattenkraftanläggningar är ofta eller alltid under vatten. Detta komplicerar reparationer eller andra åtgärder på dessa anläggningsdelar. Om det rör sig om mindre åtgärder så kan vanligen arbeten utföras i vatten med hjälp av till exempel dykare. För lite större arbeten eller där åtgärdsmetoden kräver torrläggning så är första alternativet att sänka av vattenytan där det är möjligt. Det finns dock ofta flera skäl att det inte låter sig göras att ta ned vattenytan som till exempel säkerhetsmässiga, miljö, juridisk och tekniska hinder. Inte sällan så återstår bara att utföra en fångdamm.

Fångdammar är temporära dammar som byggs för att möjliggöra byggande eller andra åtgärder i torrhet. Eftersom en fångdamm är en temporär konstruktion är det angeläget att få en så kostnadseffektiv konstruktion som möjligt samtidigt som den ska vara tillräckligt säker. Riktlinjer för permanenta dammar går därför generellt inte att tillämpa rakt av utan kräver en viss anpassning vid konstruktion och byggande av fångdammar.

Eftersom fångdammar är just temporära har dokumentation och erfarenhetsåterföring ofta varit begränsade. Detta gäller både nationellt och internationellt. Vanligen är kompetensen kopplat till de personer som varit med och uppfört samt kontrollerat och underhållit fångdammar i driftskedet.

I RIDAS, Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, beskrivs fångdammar översiktligt. I tillämpningsvägledningen till RIDAS *Kapitel 9 – Övriga dammar*¹ beskrivs vad som skiljer fångdammar från permanenta dammar och i generella ordalag vad man bör beakta vid konstruktion, byggande och rivning av fångdammar. RIDAS innehåller dock inga detaljerade riktlinjer avseende fångdammar.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Följande rapport syftar till att sammanställa kunskap samt utifrån detta sammanställa några råd kring uppförande och drift av fångdammar vid vattenkraftanläggningar.

1.3 METOD OCH AVGRÄNSNINGAR

En litteratursökning har utförts samt diskussion med en handfull projektledare som arbetat med fångdammar. I övrigt har erfarenheter där rapportförfattarna själva deltagits använts som underlag till rapporten. Mängden tillgänglig litteratur om fångdammar är begränsat. Rapporten är skapad med det material som rapportförfattarna har från egen erfarenhet, offentligt tillgängligt material eller det som gjorts tillgängligt.

¹ RIDAS. *Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Stockholm: Energiföretagen Sverige – Swedenergy – AB, 2022

Flertalet internationella referenser om enskilda fångdammar där ett specifikt problem har lösts eller diskuterats har hittats men har inte redovisats. Några referenser redovisas i kapitel 3 Regelverk och riktlinjer för fångdammar. Detta är de referenser som hittats som anses relevanta.

Avstängningar av typen bågsättar eller luck-konstruktioner som förs ned i förberedda falsar har inte studerats i detta arbete. Inte heller olika former av kassuner eller liknande som kan användas till exempel vid arbeten på betongdammars uppströmsyta har studerats.

2 Olika fångdammstyper

En fångdamm är en temporär konstruktion som byggs för att möjliggöra byggande eller andra åtgärder i torrhet. Efter avslutat arbete rivs fångdammen oftast bort och vattennivån i området återställs till det normala.

De vanligaste fångdammstyperna redovisas nedan.

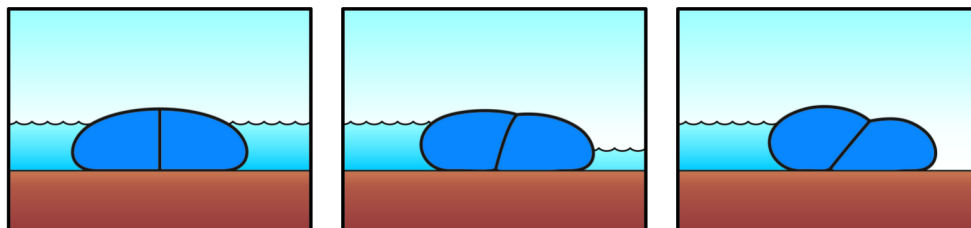
2.1 MOBILA FÅNGDAMMAR FÖR SMÅ VATTENDJUP

För låga vattendjup finns det många alternativ till exempel med sandsäckar eller enklare varianter av fyllningsfångdamm eller spontfångdamm. Det finns flera olika mobila system som marknadsförs för användning vid översvämning. Ofta är de utvecklade för mindre vattendjup och är anpassade för att enkelt kunna läggas ut på längre sträckor. Några av systemen skulle kunna användas även som enklare fångdammslösningar inom tillämpningsområdet för vattenkraft.

En typ av system som kan vara intressant är den återanvändbara vattenfyllda fångdammen, se Figur 1. Fångdammen, som är sektionerad för att bli stabil, fylls med vatten, se Figur 2. Olika system finns och de klarar vanligen vattendjup upp till maximalt 1,5 – 2 m. Fördelarna är att de är relativt snabba att lägga ut och fylla liksom att ta bort eller flytta och att risken för grumling är liten vid installation och rivning. Nackdelar kan vara säkerhet mot sabotage samt vinterdrift. Materialet kan bli sprödare vid låg temperatur och vid isbildning inuti fångdammen behöver det finnas utrymme för isen att expandera. Fångdammen kan även behöva skyddas från drivas.



Figur 1 Återanvändbar vattenfylld fångdamm. Fångdammsystemet medger att flera vattenfyllda dammar ansluts till varandra genom överlappning. Material av polyester med vinylbeläggning. Från Detroit Tarp (<https://detroittarp.com>)



Figur 2 Den vattenfyllda fångdammen är sektionerade i tvärs dammens längdriktning för att vara stabil. Hydro Baffle (<https://www.hochwasserschutz-agentur.de>)

2.2 FYLLNINGSDAMM

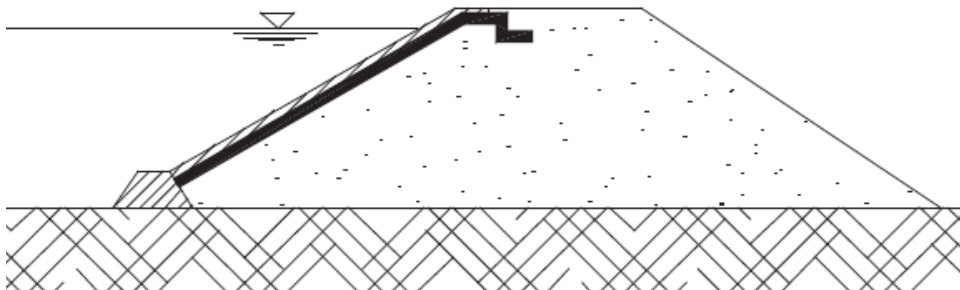
Ofta utförs fångdammar som fyllningsdammar. Fyllningsdammar kan utföras på olika sätt beroende på de platsspecifika förutsättningarna såsom tillgång till fyllningsmassor i närområdet och om fångdammen ska byggas i torrhet eller i vatten. Om fångdammen ska byggas i vatten är det att föredra stödfyllningen utgörs av grövre massor. Om jordmassor ska användas som stödfyllning när man bygger i vatten får man räkna med att massorna flyter ut med flacka slänter vilket ökar åtgången på massor. Ofta blir då släntlutningen 1:3² eller flackare. För sprängsten blir släntlutningen vanligen samma, till exempel 1:2, som då den läggs ut torrt.

Den enklaste formen av fyllningsdamm är en homogen damm uppbyggd av tillräckligt täta massor.

Om stödfyllningen utgörs av sten krävs tätning av fångdammen. Denna kan utgöras av morän, geomembran eller spont. Byggs dammen i torrhet kan dammen utföras med en tatkärna av morän omgiven av stödfyllning av grövre material. Byggs dammen under vatten är en variant att tippa i sprängsten och därefter täta med morän på uppströmssidan. I Bilaga 1 beskrivs ett exempel på en sådan fångdamm där tätningen åstadkoms genom att skapa ett sug genom dammen som drog med sig moränen in i sprängstenen och på så sätt tätade dammen. Suget fås i otätheterna genom att sänka av vattenytan innanför fångdammen.

Ett alternativ till tätning med morän är att täta med geomembran på dammens uppströmsdel. Geomembran är mindre väderkänsligt än morän och tål både nederbörd och frost vid utläggning. Det kan dock vara svårt att få anslutningen mot botten tillräckligt tät med geomembran.

² RIDAS TV9, övriga dammar. 2020



Figur 3 Principskiss på fyllningsdamm med uppströms tätning av geomembran³

Tätningen kan också utgöras av en spont som installeras i fyllningsdammen. Till exempel kan fångdammen utgöras av en stödjande sprängstensbank som man slår ner en stålspont i. Spontbarheten ger då en maximal stenstorlek (t.ex. 90 mm).

Grundläggningen behöver kontrolleras så att det inte finns ett vattenförande lager under grundläggningen. Botten behöver också kontrolleras och eventuellt rensas så att det blir en tät anslutning mot botten.

Beroende på hur utsatt fångdammen kan bli för vågor kan det krävas ett erosionsskydd på uppströmsslänten.

2.3 SPONTFÅNGDAMMAR

När vattendjupet vid den tilltänkta arbetsplatsen är stort, tillgången på fyllningsmassor i närheten är begränsad eller tillgängligt utrymme är begränsat kan en spontfångdamm vara ett alternativ. Två varianter av spontfångdammar förekommer; den ena med en enkel spontvägg stabiliserad med strävor, stag eller stödfyllning alternativt utformad som en konsolspont, och den andra med en dubbel spontvägg ifylld med fyllningsmassor.

Förr användes främst träspontar men idag är stålspontar vanligast.

2.3.1 Enkel spont

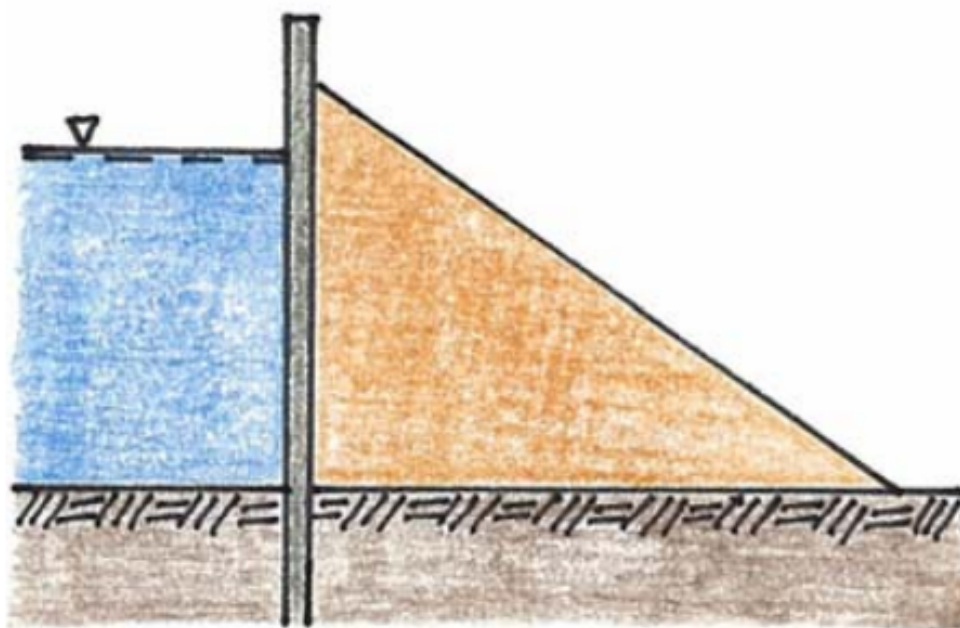
Det finns många tänkbara varianter av spontfångdammar. Några konstruktioner som är möjliga är:

- Konsolspont (självbärande) som slås ned tillräckligt djupt i botten så att den är stabil och tät utan ytterligare åtgärd. Bottenförhållandena avgör om sponten kan drivas ned tillräckligt för att vara stabil. Konsolsponter drivs ned i botten till en punkt där rotationsstabiliteten för dessa uppnås. Ofta innebär det ett minsta djup motsvarande halva vattendjupet, så att inte jorden på nedströmssidan efter torrläggning lyfts till följd av vattentryck. Markförhållandena i området kan dock kräva att sponterna drivs ner till ännu större djup för att erhålla tillräcklig inspanning i grunden⁴.

³ ICOLD Bulletin 135. 2010

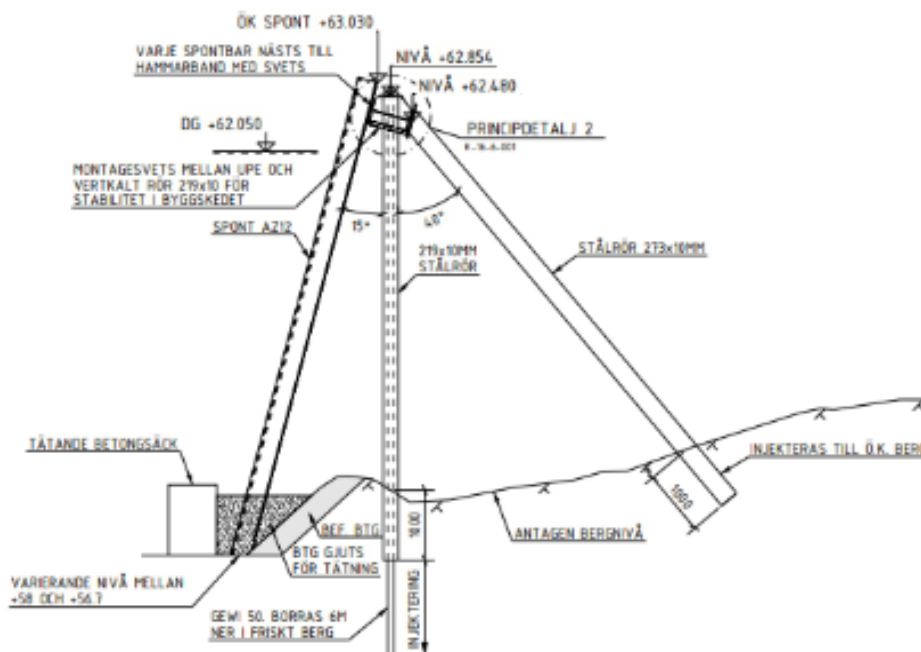
⁴ Reinius. 1973.

- Ett enkelt sätt att stödja upp spanten är att lägga massor på nedströmssidan, se Figur 4. Eventuellt läggs tätare massor på uppströmssidan om spanten för att minska läckaget genom spontlåsen samt öka läckvägen under spanten, se Figur 5 (vänster).
- Enkelspanten kan utföras med lutande uppströmsyta. Vattentrycket trycker då ned konstruktionen, se Figur 5.
- Som alternativ till stödjande fyllningsmassor kan dragstag som grundläggs uppströms spanten användas. Ett annat alternativ är att utföra spanten med trycksträvor (ofta tillsammans med lastfördelande hammarband) som installeras nedströms spanten, se Figur 6.



Figur 4 Skiss på en sektion av en spontfångdamm med stödjande massor på nedströmssidan av spanten⁵

⁵ Lindgren. 2007.



Figur 5 . Stålspons med stödkonstruktion av rör. Lutande enkelspons där vattentrycket stabiliserar genom att trycka konstruktionen mot botten. Ett bergstag används för att föra ned dragkrafter i berget

Några saker att ta hänsyn till vid val av spontfångdamm:

- Installation av spons som ger upphov till vibrationer kan påverka befintliga dammkonstruktioner negativt.
- Tryckta strävor är vanligen på den torra sidan av spanten efter vattentömning vilket gör dem enklare att inspektera. Dragstaگا befinner sig vanligen i vatten vilket försvårar inspektion och övervakning.
- En tryckt sträva riskerar ett plötsligt brott vid en överbelastning eller skada t.ex. från ett tappat element från en byggkran som knäcker en sträva.
- Själva spanten får en dragande kraft av tryckta strävor vilket kan göra det svårt med tätning mot botten.

För att sätta sig in i de tekniska detaljerna för spantar så är Sponthandboken 2018⁶ en bra referens att börja med. På Pålkommisionens hemsida finns flera rapporter som kan vara nyttiga.

⁶ Fredriksson mfl. 2018.



Figur 6 Exempel på en enkelspont med tryckt bakåtskrävning. Betongfundamenten för spont och fundament för strävan har bergförankringar. Denna spont byggdes helt i torrhet. Rivningen skedde till stor del med dykare

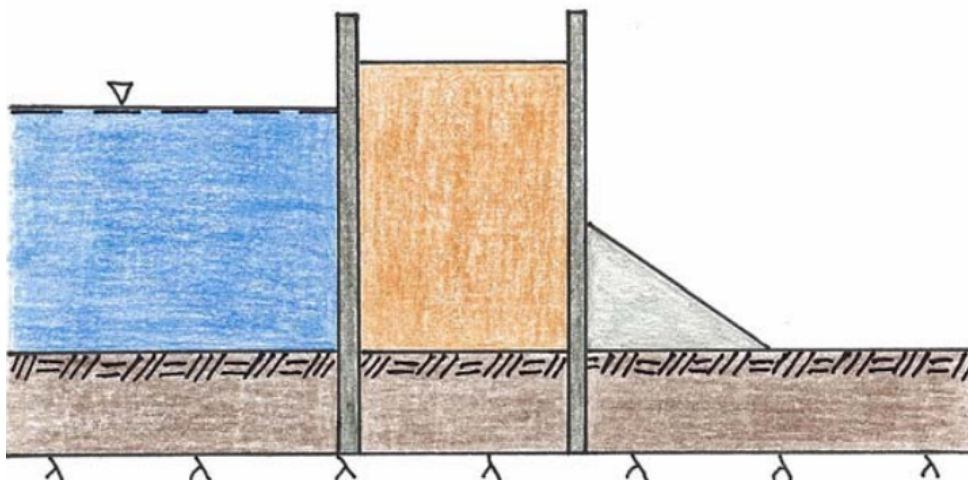
2.3.2 Dubbel spont

För större vattendjup kan dubbla spontrader användas, se Figur 7 och Figur 8. Vanligen fylls mellanrummet mellan sponterna med en jordfyllning och det kan sättas ett dragstag i sponttoppen mellan de olika spontraderna. Stabiliteten på dubbelspontdammen bestäms bland annat av avståndet mellan sponterna. Avståndet mellan sponterna kan dessutom ökas för att minska läckaget under fångdammen om grunden är genomsläpplig.

Om grunden är mycket genomsläpplig och det finns risk för vattenläckage trots jordfyllningen, kan fångdammen kompletteras med stödfyllning på nedströmssidan respektive tätjord på uppströmssidan.

Avståndet mellan de dubbla sponterna avgörs främst med hänsyn till fångdammens stabilitet respektive grundens samt fyllningens vattengenomsläpplighet. För höga dammar kan det bli aktuellt med tvärväggar eller diagonalstag mellan de dubbla sponterna för att öka styvheten av fångdammen. I de fall där det förekommer berggrund kan fångdammen vidare stöttas av strävor förankrade i grunden på nedströmssidan om det behövs⁷.

⁷ Reinius. 1973.



Figur 7 Skiss på en sektion av en dubbel spontfångdamm. Nedströms läggs stödjande grus och uppströms kan tätande jord läggas⁸



Figur 8 Dubbelspont under uppförande (foto Fortum)

2.4 CELLFÅNGDAMMAR

I större projekt och vid relativt stora vattendjup används ibland den så kallade cellfångdammen som konstruktionsmässigt påminner om den dubbelspontade fångdammen. I en cellfångdamm drivs stålponter ner formande ett cirkulärt- eller bågmönster, se Figur 9. Cellerna sätts bredvid varandra, varvid de sammanhålls med mellanbågar i fallet med cirkulära celler, alternativt förstyvas med raka skiljeväggar i fallet med bågceller. Anslutningarna görs vattentäta för att hindra

⁸ Lindgren. 2007.

vatten från att tränga in, varefter vattnet inuti cellerna pumpas ut och cellerna förstärks med fyllning på liknande sätt som för den dubbelspontade fångdammen.

Fördelen med cellfångdammar är att de är stabila i sig själv när de är fyllda med fyllningsmassor. Cellfångdammar motstår yttre belastning samt vattentryck med hjälp av cellernas egentynghet och friktion mot underlaget. Fyllningen inuti cellerna utsätter dock spontplankorna för radiellt jordtryck vilket ger upphov till dragande spänningar mellan plankorna längs med cellernas omkrets. Plankorna förses därmed med spontlås som är konstruerade för att uppta dessa spänningar⁹. Cellfångdammar är kostsamma att bygga och väljs oftast då andra alternativ av fångdammar valts bort.

I Figur 11 och Figur 12 ses hur två celler ingår i en kombinerad fångdamm med flera olika typer av konstruktioner. På uppströmssidan finns rörspont som borrar djupt ned i friskt berg, cellfångdamm med två celler samt dubbelspont. Val av spont har bland annat bestämts av tillgängligt utrymme och brist på bärighet i gamla konstruktionen. Projektet var mycket beroende av vattenplaneringen. Beredskap fanns för att släppa vatten genom arbetsplatsen om avbördningskapaciteten i de kvarvarande utskoven inte skulle räcka vid ett eventuellt höglöde.

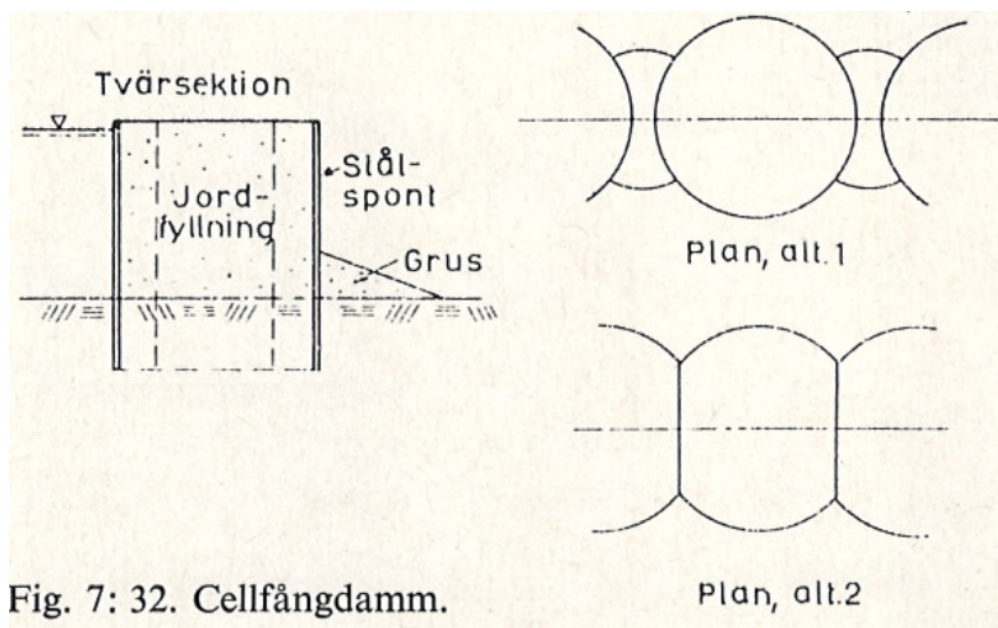


Fig. 7: 32. Cellfångdamm.

Figur 9 Skisser på tvärsektion och planer för två olika cellfångdammar¹⁰

⁹ Näsman, L. et al. 1979.

¹⁰ Reinius. 1976.

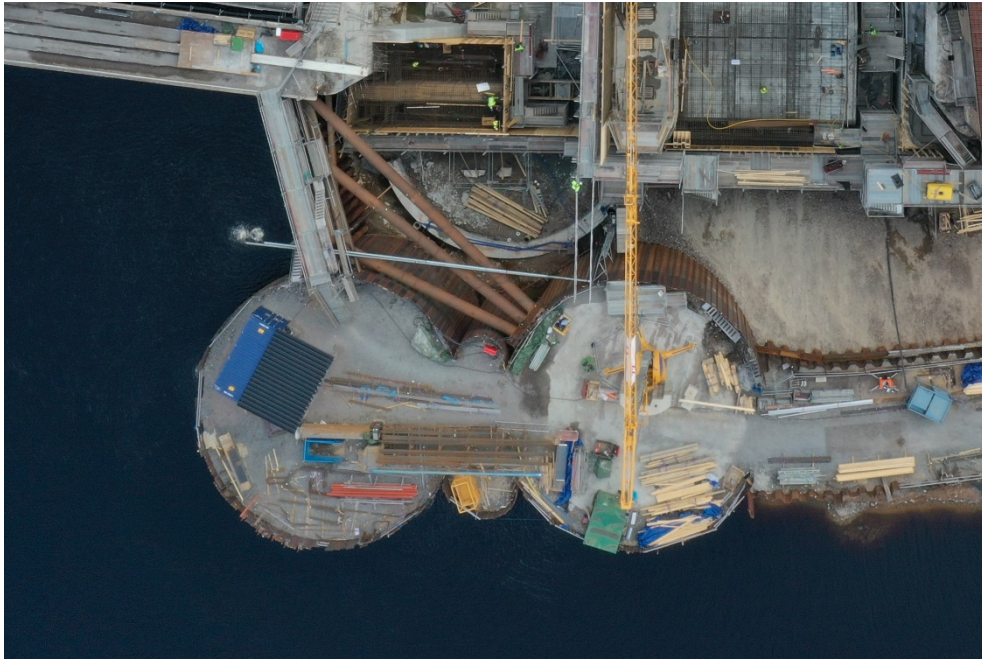


Figur 10 Exempel på cellfångdamm. Utbyggnad av Lilla Edet kraftverk aggregat 4 (maj 1978 till april 1979)¹¹



Figur 11 En kombination av olika fångdammar. Två celler under byggnation (foto Fortum)

¹¹ Svenska kraftverksföreningen. 1981.



Figur 12 Fångdammen med de två cellerna och torrlagt på nedströmssidan (foto Fortum)

3 Regelverk och riktlinjer för fångdammar

Inom ramen för uppdraget har en litteraturgenomgång gjorts av regelverk och riktlinjer för fångdammar i Sverige och internationellt.

I följande avsnitt görs en sammanfattning av de riktlinjer för fångdammar som hittats.

3.1 SVERIGE

I Sverige finns inga specifika riktlinjer för fångdammar. I RIDAS¹² behandlas fångdammar översiktligt.

I RIDAS huvuddokument avsnitt 10.3 anges: *”För fångdamm som ersätter ordinarie damm medför ett haveri konsekvenser likartade de som uppkommer vid ett haveri av ordinarie damm. För en sådan fångdamm gäller att arbetsutförande och kontroll under byggtiden utförs likvärdigt med en permanent dammbyggnad. Vidare omfattas den i driftskedet av kraven på inspektion och tillståndsovervakning såsom läckagemätning, rörelsemätning med mera.*

För fångdamm som inte ersätter ordinarie damm medför ett haveri att arbetsområdet översvämmas men några konsekvenser utanför detta uppkommer inte. Kraven på sådan fångdamm baseras på bedömningar av arbetsmiljörisker och risk för ekonomisk skada.”

I samma avsnitt anges även: *”Vid dimensionering av fångdammar kan det tillåtas att sannolikheten för flöden och andra händelser beaktas med hänsyn till att dammen är i funktion under en begränsad tid. Det betyder till exempel att mindre stränga krav kan bli aktuella vid dimensionering av avbördningskapacitet. Vissa andra dimensioneringskrav kan också mildras.”*

I RIDAS TV9 – Övriga dammar finns ett avsnitt som översiktligt beskriver olika typer av fångdammar och övergripande vad man bör tänka på vid byggande av fångdammar.

3.2 NORGE

I ”Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg”¹³, även kallad ”Damsikkerhetsforskriften” (DSF) ställs inte tekniska krav på utformningen av fångdammar, men det finns en del generella riktlinjer som sammanfattas nedan:

- Laster, dimensioner, material och konstruktion för fångdammar och andra tillfälliga konstruktioner som uppförs i samband med vattenanläggningar måste alltid dokumenteras.
- Dokumentationen måste finnas tillgänglig, men behöver inte skickas in till NVE, Norges vassdrags- og energidirektorat, innan byggstart för

¹² RIDAS. Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet – Tillämningsvägledning Kapitel 9: Övriga dammar. Stockholm: Energiföretagen Sverige – Swedenergy – AB, 2020.

¹³ Norges vassdrags- og energidirektorat. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). 2010 (senast ändrad 2022)

godkännande. Denna skrivning har dock i ett senare informationsbrev¹⁴ av NVE reviderats med anledning av ett fångdamms haveri i Munkebotvatn år 2018, se avsnitt 5.1.6. I brevet meddelar NVE att de i framtiden kommer att begära att planer och dokumentation av fångdammar skickas till NVE innan byggstart.

- Dokumentationen måste bevisa att fångdammen i fråga uppfyller alla nödvändiga säkerhetskrav med avseende på laster, dimensioner, material och konstruktion. På vilket sätt dessa nödvändiga säkerhetskrav skiljer sig från dem som gäller vid uppförande av ordinarie permanenta dammar framgår inte av DSF.

3.3 ÖVRIGA EUROPA

Det finns ett nätverk för tillsynsmyndigheter inom dammsäkerhet i Europa. Svenska kraftnät ingår i nätverket och ställde en fråga (till mer än tio länder) om vilka föreskrifter eller andra viktiga dokument som styr hur fångdammar projekteras och byggs. Utifrån de svar som kom in på frågan om fångdammar behandlas så saknas specifika föreskrifter som reglerar fångdammar i Europa.

I Frankrike saknas specifika regler för fångdammar men riskanalys behöver utföras för att få tillåtelse att utföra arbetet. I Frankrike görs skillnad på om fångdammen används för att skydda byggarbetsplatsen som torrläggs eller om ett fångdamms haveri även skulle kunna påverka allmänheten.

3.4 USA

För USA är regleringen av dammsäkerhet uppdelat på flera myndigheter.

United States Army Corps of Engineers, USACE

I "*Safety of Dams – Policy and Procedures*"¹⁵ nämns fångdammar som exempel på konstruktioner som entreprenören dimensionerar och ansvarar för. USACE föreskriver att sådana konstruktioner måste vara korrekt utformade, godkända och övervakade under byggskedet de är avsedda för. De konstruktioner vars brott kan orsaka förlust av liv eller egendomsskada ska konstrueras i enlighet med USACEs kriterier för ordinarie permanenta dammar. Vidare måste utformningen på dessa konstruktioner granskas och godkännas av projektets tekniska ledare (Dam safety modification lead engineer). En teknisk projektledare, även kallad DSM lead engineer, är en senior ingenjör eller geolog med lång erfarenhet inom yrket och som besitter omfattande kunskap inom området¹⁶.

I "*Safety of Dams – Policy and Procedures*"¹⁷ hänvisas vidare till föreskrift ER 1110-2-8152 "*Planning and Design of Temporary Cofferdams and Braced Excavations*"¹⁸ vilken

¹⁴ Norges vassdrags- og energidirektorat. *Informasjonsskriv om damsikkerhet 2019* – NVE. 2019.

¹⁵ United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Safety of Dams – Policy and Procedures (ER 1110-2-1156)*. 2014.

¹⁶ United States Army Corps of Engineers. 2014.

¹⁷ United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Safety of Dams – Policy and Procedures (ER 1110-2-1156)*. 2014.

¹⁸ United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Planning and Design of Temporary Cofferdams and Braced Excavations (ER 1110-2-8152)*. 1994.

omfattar planering och utformning av fångdammar, med speciell betoning på fångdammar där haveri kan resultera i en potentiell livsfara eller vars kostnad överstiger 10% av projektets totala kostnad. Följande står om fångdammar i föreskriften:

- Fångdammar i större projekt ska planeras, konstrueras, rapporteras, godkännas, specificeras och inspekteras av ansvarig myndighet på liknande sätt som för permanenta anläggningar. Vidare ska de dimensioneras och granskas av erfarna ingenjörer inom området.
- I planeringsfasen av fångdammar ska resultat av samtliga nödvändiga undersökningar och studier redovisas i en s k feasibility report. I genomförbarhetsrapporten ska bl a följande rapporteras: resultat av studier kring vald typ och geometri på fångdammen, konstruktionsförfarande samt avledningsplaner, inklusive alternativa system som har undersökts.
- För dimensioneringsvägledning av olika typer av fångdammar hänvisas till andra föreskrifter av USACE, såsom EM 1110-2-2503 för cellfångdammar samt EM 1110-2-1902 och EM 1110-2-2300 för fyllningsfångdammar.

I EM 1110-2-2300 "*General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-fill Dams*"¹⁹ delas fångdammar upp i större fångdammar (major cofferdams) och mindre fångdammar (minor cofferdams). Till större fångdammar hör fångdammar vars brott medför stora skador nedströms om och/eller betydande skador på den permanenta konstruktionen. Vid dimensionering av sådana fångdammar bör hänsyn tas till minimikrav för krönnivå, hydrologiska data, hydrografisk och topografisk information, undervattenundersökningar, slätskydd, läckagekontroll, samt stabilitets- och sättningsanalyser.

Vid arbete i strömmande vatten föreskriver USACE i sitt dokument "*Requirements for In-stream Construction Activities*"²⁰ att endast fångdammar av icke-eroderbart material får användas. Det är alltså inte tillåtet att använda fyllningsdammar i detta syfte. Vidare måste fångdammen i fråga konstrueras så att den möjliggör passage av höga flöden och minimiflöden samt motstår förväntad erosion. Följande ska även uppfyllas för fångdammar i samband med arbete i vattenväg:

- Arbetet ska planeras så att det äger rum vid lågvattenflöden.
- USACE ska kontaktas för översyn av den föreslagna arbetsplanen. Arbetsplanen måste godkännas av USACE innan arbetet påbörjas.
- Fångdammen ska konstrueras och byggas på ett sådant sätt att den inte hindrar vattenlevande organisms möjlighet att förflytta sig.

Illinois State

Dammsäkerhetsarbete i delstaten Illinois regleras av Illinois Compiled Statutes (ILCS), kapitel 615 ILCS 5 "*Rivers, Lakes and Stream Acts*"²¹. Utöver det finns ett flertal standarder sammanställda i "*Illinois Urban Manual*" (IUM).

¹⁹ United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: General Design Construction Considerations for Earth and Rock-fill Dams* (EM 1110-2-2300). 2004.

²⁰ United States Army Corps of Engineers. *Requirements for In-stream Construction Activities*. 2013.

²¹ Association of State Dam Safety Officials. *Summary of State Laws and Regulations on Dam Safety*. 2000.

”Cofferdams – code 803” är ett avsnitt i manualen som innefattar fångdammar. Syftet med denna praxis är att möjliggöra arbete som ska utföras i vatten men samtidigt minimera påföljande grumlighet och sedimentation i angränsande och/eller nedströmsområden. Här anges bl a följande:

- Fångdammar får endast utföras av icke-eroderbart material som t. ex. sten, metall, geosyntetiskt material samt andra produkter godkända av ansvarig granskningsmyndighet. Det material som används i fångdammen ska vara fritt från potentiella föroreningar som jord, silt, sand, lera, fett och olja.
- För att undvika eller minimera påverkan på omgivningen, ska arbetet utföras under lågflödesperioder.
- Fångdammar övervakas dagligen och får inte lämnas utan uppsikt längre än 24 timmar. Väderrapporter bör observeras kontinuerligt och om en storm förväntas ska byggarbetsplatsen förberedas efter behov.

New York State

I New York omfattas dammsäkerhetsfrågor av miljöskyddslagen (Environmental Conservation Law). Ansvaret för tillämpning av miljöskyddslagen ligger hos New York State Department of Environmental Conservation (DEC)²². I sin publikation ”Guidelines for Design of Dams”²³ ställer DEC följande krav vid uppförande av fångdammar:

- Hantering av översvämningsplaner: en hydraulisk analys måste genomföras. Avbördning upp till och med 100 årsflöde ska utvärderas för att fastställa de potentiella skador som ett eventuellt fångdamms haveri medför på mark uppströms om fångdammen, och som inte ägs eller på något sätt kontrolleras av den anläggningsägaren.
- Dammsäkerhet: sökanden måste visa att ett eventuellt fångdamms haveri inte påverkar liv eller egendom negativt.

²² Association of State Dam Safety Officials. 2000.

²³ New York State Department of Environmental Conservation. *Guidelines for Design of Dams*. 1989.

4 Projektering, konstruktion, byggande och drift av fångdammar

Regelverk eller "best practice" saknas idag för fångdammar. För fångdammar måste man använda den kunskap som finns hos erfarna personer som varit med på liknande projekt tidigare. Det gäller kunskap och erfarenhet för samtliga inblandade (ägare, konsulter och entreprenörer). Förutsättningarna för en specifik fångdamm är dock sällan samma som någon annan. Det är därför viktigt att i ett tidigt stadium i processen få till ett bra team som komplettera varandra och som är med genom hela processen.

4.1 KUNSKAP OCH ERFARENHET

Mycket av kunskapen om hur fångdammar byggs finns hos de som tidigare aktivt deltagit vid tidigare fångdamsprojekt. Det är viktigt att säkerställa att projektteamet har tillräcklig kompetens som kan vara olika beroende på vilken fångdamm som väljs och kan variera något under projektets gång. Trots detta är det viktigt att ha kontinuitet i projektet. För projekt finns det rekommenderade krav på kompetens och erfarenhet i RIDAS TV5, kapitel 2.4.

4.2 RISKER

Inför att fångdammar uppförs behöver riskerna identifieras, dokumenteras och hanteras.

Vissa fångdammar ersätter befintlig damm vilket innebär att vid ett haveri av fångdammen kommer vatten att strömma ut okontrollerat och ge konsekvenser nedströms dammanläggningen. Andra fångdammar möjliggör arbete i torrhet och ger skydd åt de som arbetar med befintlig damm nedströms utan att ersätta den befintliga dammen. I dessa fall är det enbart arbetsplatsen mellan fångdammen och den befintliga dammen som påverkas vid ett haveri av fångdammen. För båda fallen kan människors liv och hälsa sättas på spel om fångdammen havererar eller det strömmar in vatten på ett okontrollerat sätt. Det är därför angeläget att under hela processen från projektering till rivning beakta säkerhetsaspekterna med beaktande av de konsekvenser som ett haveri av fångdammen skulle kunna få. I vissa fall då konsekvenserna av ett haveri inte blir så stora till exempel om arbetsplatsen inte är bemannad eller med god marginal kan utrymmas (med flera av varandra oberoende utrymningsvägar) kan fångdammen rimligen anpassas enbart för de ekonomiska förluster som uppstår inom arbetsplatsen.

Det finns ingen etablerad metod för att göra riskanalys specifikt för fångdammar. Grundläggande är dock att säkerställa att potentiella risker analyseras och hanteras. Detta ska ske i ett tidigt skede i projekteringen och sedan följas upp under hela projektets/entreprenadens alla faser. Det är vanligt att någon typ av riskanalys genomförs av projektgruppen genom en eller flera workshops. Deltagarna ska ha erforderlig kunskap och erfarenhet för att identifiera och hantera risker.

4.3 UTREDNING OCH PROJEKTERING

Det kan krävas utförliga utredningar för att välja rätt typ av fångdamm som kräver olika kompetenser beroende på förutsättningarna. Några frågor som bör beaktas vid projektering av fångdammar beskrivs nedan.

4.3.1 Krav på fångdammen

I ett tidigt skede behöver beslutas vilka krav som ska ställas på fångdammen. Kraven bör ställas i förhållande till konsekvenserna vid ett eventuellt haveri av fångdammen.

För fångdammar är det svårt att sätta absoluta generella krav på designparametrar såsom flödesdimensionering, säkerhetsfaktorer för stabilitet, materialkrav etc. Eftersom en fångdamm är en temporär konstruktion behöver bedömningar göras av vilken säkerhetsnivå som är rimlig utifrån specifika förutsättningar och dessa bedömningar kan behöva ses över flera gånger under projektets gång om förutsättningarna ändras. Hur länge fångdammen ska vara i drift påverkar, liksom huruvida personal och maskiner kommer att vara på plats hela tiden som fångdammen är i funktion.

I RIDAS avsnitt 10.3 anges: *"För fångdamm som ersätter ordinarie damm medför ett haveri konsekvenser likartade de som uppkommer vid ett haveri av ordinarie damm. För en sådan fångdamm gäller att arbetsutförande och kontroll under byggtiden utförs likvärdigt med en permanent dammbyggnad. Vidare omfattas den i driftskedet av kraven på inspektion och tillståndsovervakning såsom läckagemätning, rörelsemätning med mera."*

Att ställa exakt samma krav på en fångdamm som på en permanent damm i det fall fångdammen ersätter ordinarie damm bedöms dock inte rimligt utan vissa anpassningar kommer i de flesta fall att krävas. I RIDAS avsnitt 10.3 anges: *"Vid dimensionering av fångdammar kan det tillåtas att sannolikheten för flöden och andra händelser beaktas med hänsyn till att dammen är i funktion under en begränsad tid. Det betyder till exempel att mindre stränga krav kan bli aktuella vid dimensionering av avbördningskapacitet. Vissa andra dimensioneringskrav kan också mildras."*

För en fångdamm som inte ersätter en permanent damm utan enbart torrlägger mellan fångdamm och den permanenta dammen så kan konsekvenserna bli lägre vid haveri av fångdammen. Arbetsmiljöriskerna måste dock alltid beaktas.

4.3.2 Avbördningskapacitet och fribord

Kopplat till kraven på fångdammen är frågan om vilket flöde fångdammen ska dimensioneras för. Kraven bestämmer till exempel tillgänglig avbördningskapacitet och krönhöjden på fångdammen under fångdammens bygg-, drift- och rivningstid. De riktlinjer som finns för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar²⁴ är inte avsedda att användas för fångdammar och det är svårt att sätta upp några generella rekommendationer på hur stora flöden fångdammar ska dimensioneras för. En bedömning av lämplig säkerhetsnivå bör göras för varje enskilt fall där hänsyn tas till konsekvenserna vid ett eventuellt dammhaveri men även till vilket flöde som är tekniskt möjligt att dimensionera den enskilda fångdammen för

²⁴ Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige, SveMin. 2022

med rimliga medel, stighastighet i magasinet, beredskapsförutsättningar såsom möjlighet att evakuera arbetsplatsen. Vid bedömning om lämplig säkerhetsnivå används flödesstatistik som t.ex. medelvattenföring, medelhögvattenföring samt Q10 (flöde med återkomsttid på 10 år), Q50 och Q100. Ska fångdammen enbart vara i drift en kort tid, veckor eller några få månader, kan även flödesfördelningen mellan månader vara intressant. Det finns dock alltid en risk att entreprenadtiden behöver förlängas. Ibland kan det vara bra att studera ett historiskt höglödesexempel men det är inget som säger att ett högre höglöde inte kan uppträda. För fångdammar har internationellt använts ett flöde med återkomsttid 10 år²⁵. Det finns dock frågetecken kring denna uppgift och bör nog ses som ett minsta flöde för anläggningar med låga konsekvenser vid ett fångdamms haveri.

I några svenska projekt som haft fångdamm som ersatt en damm med dammsäkerhetsklass B har begränsad utskovskapacitet på 100-årsflöden accepterats med motivering att drifttiden för fångdammen varit begränsad.

Liksom för permanenta dammar behöver även risken för våguppspolning beaktas.

4.3.3 Placering

Faktorer som påverkar placeringen av fångdammen är bland annat tillgängligt utrymme vid arbetsområdet samt vattendjup. Platsbrist kan uppstå till exempel nära kraftverksintag eller vid utskov. Fångdammen (och eventuella stödkonstruktioner) får inte heller vara i vägen för det arbete som ska genomföras.

4.3.4 Strömningsförhållanden

Vatten behöver kunna strömma fram till utskoven utan att fångdammen påverkas eller att fångdammen påverkar avbördningen nämnvärt i de utskov som är i drift. Där vattenhastigheten är hög till exempel nära utskov väljs vanligen inte fyllningsdammar av den anledningen.

4.3.5 Grundläggningsförhållanden

Grundläggningsförhållandena kan behöva undersökas inför projekteringen. Ofta är bottenförhållandena uppströms en damm inte helt kända utan kan behöva kontrolleras. Detsamma gäller för anslutning mot naturlig mark. Till exempel kan det bli aktuellt med geotekniska undersökningar för att kunna avgöra om undergrunden är spontbar eller tillräckligt tät.

4.3.6 Anslutningar mot befintlig konstruktion

Om fångdammen ska anslutas mot en befintlig betongdamm kan det behövas att den befintliga dammen kontrolleras avseende betongkvalité och att dammen klarar av de nya lasterna från fångdammen. Betongdammarna kan till exempel vara urlakade av ensidigt vattentryck eller ha sämre gjutningar som inte syns på utsidan. Provtagning (oftast genom att ta ut borrhälskärnor och genomföra försök av tryck- och/eller spräckhållfastheten) kan ibland bli aktuellt speciellt för äldre dammar. Det gäller att vara vaksam på att kärnor bara visar hållfastheten lokalt så att man väljer borrhälsplats där höga spänningar förväntas (för aktuella lastfall) och där betongen kan vara defekt. Befintliga betongkonstruktioner kan behöva

²⁵ Lindgren, 2007

förstärkas eller fångdammen dimensioneras för att vara självbärande, det vill säga att inga laster förs över till den befintliga dammen. Vid anslutning av en fyllningsdamm mot en befintlig fyllningsdamm behöver särskilt beaktas att den befintliga dammen inte skadas och att fångdammen kan anslutas till tillräckligt tätt material i den befintliga dammen.

4.3.7 Tillgång till material och masshantering

För större fyllningsfångdammar påverkas kostnaden mycket av avståndet till lämpliga materialtäckter. Det är därför lämpligt att inventera möjliga täkter i ett tidigt skede av ett projekt. Om inte fyllningsmassorna planeras att tas från en kommersiell täkt kan täktillstånd behöva sökas.

4.3.8 Vattenhantering

Vattenhanteringen under byggande, drift och rivning är en viktig aspekt att ta hänsyn till vid projektering av fångdammar. Hur stor tillrinning behöver ledas förbi fångdammen? Klaras det med tillgängliga utskov eller behöver temporär anordning för vattenavledning under byggtiden anordnas såsom hävert, rör genom fångdammen etc.? Vattenplanering i samband med fångdammar beskrivs närmre i avsnitt 4.6.

Vattenhanteringen inne på byggarbetsplatsen dvs läckagevattnet behöver hanteras. Det är inte ovanligt att det medför höga kostnader. Vanligtvis missbedöms mängden läckagevatten och det kan vara svårt att hålla undan vattnet. Kompletterande tätningar är att föredra men det kan innebära omfattande extraarbete för att tätta fångdammen då det är svårt att veta var tätningsåtgärderna skall utföras. När läckaget har stabiliserats på en acceptabel nivå kontrolleras läckaget genom övervakning med larm (hellre en nivåövervakning i pumpgropen än pumptid).

4.3.9 Upptagning av dämning samt rivning av fångdammen

När dämningen ska återställas i det torrlagda området behövs kontrollplaner både för fångdammen och den permanenta dammen. Det kan handla om att säkerställa en kontrollerad, vanligen låg, uppdämningshastighet och olika typer av övervakning av dammarna både med instrumentering med larmövervakning och utökade inspektioner.

Rivningen av fångdammar kan bli komplicerade då de ofta behöver rivas med vattentryck på båda sidor. Det är viktigt att det noga utarbetas ett program för hela detta skede med beredskap för olika scenarier som till exempel ökande läckage och onormala rörelser så att fångdammen inte havererar okontrollerat innan vattenytan är lika på dess båda sidor.

En plan för masshantering behövs inte bara för att uppföra fångdammen utan även för rivning av den. Att riva en spontfångdamm kan kräva dykare vilket bör beaktas såväl ur ett arbetsmiljöperspektiv som ett kostnadsperspektiv.

4.3.10 Övervakning

En effektiv övervakning av fångdammen är vanligen ett krav. Mängden läckagevatten är vanligen den viktigaste att övervaka gärna automatiserad och med larm inom arbetsplatsen under arbetstid och till driftcentral eller motsvarande övrig tid så att en åtgärd, enligt beredskapsplan, kan påbörjas så snart som möjligt.

Beroende på vald typ av fångdamm kan annan övervakning behöva ske som till exempel rörelseövervakning, mätning av vattennivåer i vattenståndsrör, grumlingsmätning etc. Videoövervakning som komplement kan vara ett snabbt sätt bekräfta till exempel högt läckage om byggarbetsplatsen inte är bemannad dygnet runt.

Inom arbetsplatsen är utrymningsplan och utrymningslarm (akustiskt och visuellt) viktiga. Dessa kan både vara automatiska om vissa larmgränser överskrids och manuella utplacerade larmknappar. Under en entreprenad kan dessa larmanordningar kontinuerligt behöva ses över och ändras så att alla på byggarbetsplatsen uppfattar utrymningslarmen. Utrymningsövningar utförs regelbundet för att säkerställa att utrymningsplanen fungerar som avsett och att alla vet vad de ska göra vid ett utlöst larm.

4.3.11 Kostnader

Då fångdammar är en temporär konstruktion är det extra angeläget att få till en kostnadseffektiv lösning. Att bedöma kostnader för en fångdamm kan dock vara förenat med betydande osäkerheter i ett tidigt skede i projektet innan alla förutsättningar är utredda och utformningen är bestämd.

4.4 TILLSTÅND OCH MILJÖASPEKTER

Som huvudregel gäller tillståndsplikt vid vattenverksamheter enligt 11 kap. 9 § miljöbalken. Undantag finns som enbart omfattas av anmälningsplikt enligt 19 § förordningen (1998:1388) om vattenverksamhet m.m. Till exempel behöver normalt inte tillstånd sökas vid uppförande av anläggning där bottenytan som verksamheten omfattar i vattenområdet uppgår till högst 500 m² vid anläggande i vattendrag resp. 3 000 m² vid anläggande i annat vattenområde än vattendrag. Däremot måste anmälan till länsstyrelsen göras. När anmälningsärendet är utrett kan tillsynsmyndigheten förelägga verksamhetsutövaren att vidta försiktighetsmått och även besluta om förbud då åtgärden anses utgöra tillståndspliktig vattenverksamhet. Vid planerade ombyggnadsåtgärder som omfattas av tillståndsplikt är det redan i ett tidigt skede viktigt att tänka igenom behovet av eventuella fångdammar för att kunna utföra arbetet, och att inkludera fångdammar i tillståndsansökan. I villkoren till tillståndet kan det komma att ställas krav på att begränsa grumlingen vid uppförande och rivning av fångdammen. Hur villkoren avseende grumling är formulerade varierar från projekt till projekt. Ibland anges enbart att grumlingen ska begränsas i möjligaste mån och ibland anges exakta gränsvärden för tillåten grumling. Det finns olika metoder att begränsa grumling såsom siltgardiner, halmbalar och sedimenteringsbassänger. Att helt undvika grumling vid uppförande och rivning

av fångdammar är i praktiken nästintill omöjligt och bör beaktas vid upprättande av tillståndsansökan.

4.5 ARBETSMILJÖ OCH BEREDSKAP

För praktiskt taget alla fångdammar ska en arbetsmiljöplan upprättas enligt arbetsmiljölagen. Bestämmelser om god arbetsmiljö i byggskedet finns i föreskrifter om Byggnads- och anläggningsarbete (AFS 1999:3²⁶) utgiven av Arbetarskyddsstyrelsen. Byggarbetsmiljösamordnare för planering och projektering, Bas-P samt motsvarande för utförandet, BAS-U ska upprätta och uppdatera arbetsmiljöplanen.

I AFS 1999:3 finns ett antal arbeten som man betecknar med särskild risk som ska behandlas i arbetsmiljöplanen. Vid entreprenad för fångdammar ska flertalet av de i föreskriften utpekade särskilda riskerna behandlas i arbetsmiljöplanen.

Byggherren ska i de allra flesta fall skicka in en förhandsanmälan till Arbetsmiljöverket innan det första praktiska arbetet påbörjas. För de enklaste fångdammarna utan några konsekvenser räcker ofta en väl genomgången arbetsmiljöplan.

4.5.1 Beredskapsplanering

En viktig del för att kunna ta hand om oväntade händelser är att ta fram en beredskapsplan och tillhörande handfasta handlingsplaner för att förhindra eventuella skadeutvecklingar för de risker som identifierats för fångdammen. Vattenplaneringen är en mycket viktig del i beredskapsplanen. Till beredskapsplanen kan även handlingsplaner tas fram till exempel för vad som ska göras om det uppstår sjunkhål i en fyllningsfångdamm, vad som ska göras vid kraftigt ökat läckage genom eller under en fångdamm eller vad som ska göras om ett högre flöde inträffar än det som fångdammen är dimensionerad för. Arbetsplatsen kan även behöva olika typer beredskap vid olika vädervarningar. Från SMHI kan olika typer av vädervarningar fås som om exempel regn, höga flöden, vind och åskoväder. Det vara befogat med olika inställelse tid för driftpersonal beroende på arbetsmoment under entreprenaden.

Ingen enhetlig praxis finns i branschen men någon typ av riskanalys används vanligen för att identifiera risker som underlag till beredskapsplanen. För att hitta de viktigaste riskerna behöver flera erfarna personer involveras och tid behövs för att granska och förbättra beredskapsplanen kontinuerligt under entreprenaden.

4.6 VATTENPLANERING

Tillrinningen måste kunna släppas förbi anläggningen (eller temporärt magasineras) utan att skada fångdammen eller de permanenta dammarna. Det kan även finnas krav på minimitappning som behöver tas hänsyn till.

²⁶ AFS 1999:3 Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.

Fångdammar är ofta inte dimensionerade för överströmning och ska därför undvikas. Vattenplaneringen behöver därför påbörjas tidigt och kontinuerligt uppdateras och följas upp. Vattenplaneringen behöver ta hänsyn till:

- Flöden i vattendraget. Inför och under pågående entreprenad är en viktig uppgift att ta fram och göra tillgängligt aktuella flöden och flödesprognoser. Dessa diskuteras med ansvariga på byggarbetsplatsen vid vattenplaneringsmöten inför och under entreprenaden.
- Flödesstatistik och dimensionerande flöden för dammanläggningen. För de flesta anläggningar finns detta framtaget sedan tidigare.
- Avbördningskapaciteter för samtliga tillgängliga luckor. Vanligen finns detta framtaget. Ibland kan siffrorna behöva ses över till exempel om det finns olika utförda beräkningsvarianter etc. Vid arbete i eller nära utskov kan man behöva dela upp arbetet i flera faser för att se till att tillräckligt med avbördningskapacitet finns i varje delfas. Viktigt är att inte glömma att planera hur arbetena och vattenplaneringen ska ske i övergången mellan faserna.
- Stignings- och avsänkingshastigheter. Stigningshastigheter ger en utgångspunkt för hur snabbt man når kritiska nivåer t.ex. innan fångdammen överströmmas. Snabb stigningshastighet eller avställda luckor kan ge kortare inställelsetid eller konstant bemanning för driftpersonal för att vid behov kunna reglera dammluckorna på plats.
- Magasineringsförhållanden i aktuellt magasin samt uppströms och nedströms.
- Andra restriktioner på anläggningen eller vattendraget.

För arbeten där utskov spärras av fångdamm finns det exempel på att luckor satts in i fångdammen, se Figur 13. Luckorna öppnas endast enligt den vattenhanteringsplan som satts upp och att byggarbetsplatsen iordningställts och evakuerats.



Figur 13 Fångdamm med luckor kan vara ett alternativ om byggarbetsplatsen kan utrymmas och vattenvägen nedströms fångdammen klarar avbördning (foto Fortum)

5 Erfarenheter från byggda fångdammar

I detta avsnitt har erfarenheter samlats från fångdammar som byggts under de senaste åren. I avsnittet beskrivs först några exempel på byggda fångdammar och därefter sammanfattas de erfarenheter som gjorts.

5.1 EXEMPEL PÅ BYGGDA FÅNGDAMMAR

Här beskrivs några fångdammar som byggts i Sverige under senare tid. Rapportförfattarna har själv i olika omfattning deltagit vid planering och byggande av fångdamm 1, 2 och 3. Beskrivning av de andra fångdammarna baseras på information från andra källor. I avsnittet beskrivs även ett fångdamms haveri som skedde i Norge under 2018.

Examensarbetet "Fångdammar vid Vittjärn och Näs kraftstationer. En utvärdering av projekterfarenheter"²⁷ rekommenderas. Det beskriver processen, byggnation, drift samt lärdomar av två fyllningsfångdammar.

5.1.1 Fångdamm 1. Homogen jordfyllningsdamm av morän

Allmänt

Vid Burvattnet dammanläggning som ägs av Indalsälvens Vattenregleringsföretag pågår för närvarande dammsäkerhetshöjande åtgärder. Åtgärderna omfattar utbyte av befintlig bottenutskovskulvert mot en ny samt rivning och återuppbyggnad av omgivande fyllningsdamm. För att kunna riva och återuppbygga befintlig fyllningsdamm och bottenutskov i torrhet byggdes hösten 2021 en ca 200 m lång fyllningsdamm uppströms den befintliga dammen. Eftersom arbetena skulle ske i den djupaste delen av dammanläggningen krävdes en relativt omfattande fångdamm med en högsta dammhöjd på ca 10 m.

I Figur 14 visas den färdiga fångdammen.

²⁷ Lindgren, 2007



Figur 14 Färdig fångdammen i bakgrunden under pågående återuppbyggnad av huvuddammen

Konsekvensutredning och krav på fångdammen

I ett tidigt skede utreddes konsekvenserna av ett eventuellt fångdamms haveri och det konstaterades att konsekvenserna om fångdammen skulle gå till haveri skulle bli lika stora som om huvuddammen (som tillhör dammsäkerhetsklass B) skulle gå till haveri. Det beslutades därför att betrakta fångdammen som tillhörande dammsäkerhetsklass B. Detta tillsammans med det faktum att magasinet under stor del av byggtiden skulle ligga nära DG ledde till bedömningen att fångdammen skulle uppfylla samma krav som huvuddammen avseende nivåer på tätning och dammkrön. Dock bedömdes att säkerhetskraven för material och utförande kunde sättas lägre än för en permanent damm i dammsäkerhetsklass B baserat på följande:

- Fångdammen är en temporär konstruktion
- Under vintern efter att fångdammen byggts, och det inte skulle pågå någon entreprenad, skulle den befintliga dammen finnas kvar i sin helhet som extra säkerhet.
- När den befintliga dammen rivits skulle entreprenaden pågå med personal och maskiner tillgängliga på plats, vilket ökar möjligheterna till upptäckt och åtgärdande ifall något skulle ske med fångdammen.

Projektering

Projektering av fångdammen skedde i samverkan mellan beställare, entreprenör och konsult.

Dammanläggningen är placerad i väglöst land vilket innebär att allt material, maskiner och personal måste transporteras via båt, skoter, bandvagn eller helikopter. Detta hade stor påverkan på utformningen av fångdammen där målet

var att kunna använda så mycket som möjligt av tillgängliga massor i närområdet. Olika typer av fångdamm var uppe till diskussion under förstudiefas och projekteringsfas - fristående spontvägg, kombination av spont och fyllningsdamm, fyllningsdamm med centralt placerad spont samt ren fyllningsdamm.

Geotekniska borrhningar och provgroppsgrävning genomfördes i förstudiefasen för att kunna bedöma grundläggningsförhållanden, spontbarhet och tillgång på lämpliga fyllningsmassor i direkt anslutning till dammanläggningen.

Provgroppsgrävningarna visade på god tillgång till moränmassor i närområdet vilket ledde till att fångdammen slutligen utformades som en homogen damm av morän för att minimera behovet av kostsamma båttransporter. Till uppströms erosionsskydd och nedströms stödbank användes utsorterad sten från närområdet och som övergångslager mellan morän och erosionsskydd/stödbank valdes geotextil för att undvika kostsam transport av filtermaterial.

Placering av fångdammen styrdes av topografin och erforderlig plats mellan fångdamm och befintlig damm för att komma åt med maskiner under entreprenaden.

Under projekteringsfasen genomfördes stabilitetsberäkningar av fångdammen. Enligt RIDAS ska säkerhetsfaktorn $SF \geq 1,5$ för normalt lastfall men då det handlar om en tillfällig damm bedömdes $SF \geq 1,3$ vara tillräckligt.

Fångdammen instrumenterades med automatisk läckageövervakning samt mät dubb för manuell rörelsemätning.

För att kunna bygga fångdammen i torrhet anlades först en mindre fångdamm strax uppströms huvudfångdammen.

Ett program för provtagning under byggtiden togs fram innefattande packningsprover och siktkurvor. Följande föreskrevs avseende packningsgrad: *"En packningsgrad på ca 90 % ska eftersträvas. Dock sätts inte något exakt gränsvärde för acceptabel packningsgrad eftersom vattenkvot och materialsammansättning i täkten styr vilken packningsgrad som är möjlig att uppnå, och fångdammen är en temporär konstruktion. Skulle den uppmätta packningsgraden vara betydligt lägre än 90 % tas beslut om ev. åtgärder i samråd mellan entreprenören och beställaren."*

Fångdammen dimensionerades för att klara magasinsnivåer upp till DG +1,0 m innebärande att flöden något högre än 100-årsflöde kunde hanteras på ett säkert sätt. Risken för att högre flöden än så skulle inträffa hanterades genom upprättande av en beredskapsplan som bl.a. innehöll information om att arbetet nedströms fångdammen skulle avbrytas om magasinsvattenytan överskred en viss nivå. Som en del i beredskapen hölls under projektet veckovisa vattenhanteringsmöten, där aktuell flödesprognos gicks igenom.

Figur 15 och Figur 16 visar fångdammens utformning enligt bygghandlingarna.

Så snart häverten tagits i drift påbörjades arbetet med att bygga den lilla fångdammen uppströms huvudfångdammen, se Figur 17 och Figur 18. Dåliga väderförhållanden med mycket regn och något högre magasinsvattenyta än vad som ursprungligen räknats med ledde till att moränen flöt ut mycket och betydligt mer massor än vad som teoretiskt räknats med gick åt till den lilla fångdammen. Foton från byggandet av huvudfångdammen visas i Figur 19 - Figur 29.

Fyllningsmassor till huvudfångdammen planerades att tas i en täkt i magasinet i direkt anslutning till fångdammsläget. Massorna i täkten visade sig dock vara för blöta för att kunna packas. I stället fick massor från en annan täkt ca 1 km bort användas.

Då fångdammen byggdes som en homogen damm av moränmassor med hög finjordshalt och högre vattenkvot än optimal uppstod en viss "gungighet" i dammkroppen. "Gungigheten" bedömdes dock inte utgöra ett hot mot dammsäkerheten då dammen stabiliserades med uppströms erosionsskydd och nedströms stödbank av sten som drogs ända upp till krön. Hade det varit en permanent fyllningsdamm skulle en annan bedömning ha gjorts och åtgärder vidtagits för att underlätta dräneringen av moränmassorna och minska risken för ojämna sättningar som skulle kunna påverka dammsäkerheten på sikt.

En potentiell risk som identifierades under projekteringsfasen var ogynnsamma väderförhållanden som skulle kunna leda till svårigheter att packa moränen. Den potentiella risken blev en reell risk då ogynnsamma väderförhållanden rådde under en stor del av byggtiden, med omväxlande regn, snö och blötsnö varvat med kortare perioder med uppehåll. Upp till nivå ca +564 fungerade det någorlunda bra med torrpackning med vält med opackade pallhöjder på ca 0,5 m. En packningsgrad på runt 90 % uppnåddes med något enstaka undantag.

När man nått denna nivå bedömdes det pga. väderförhållandena som omöjligt att fortsätta med detta packningsförfarande då maskinerna sjönk ner i den blöta moränen och försök att packa bedömdes förstöra mer än göra nytta, se Figur 25. Att pausa fångdamsbygget till nästa säsong var inget alternativ dels pga. att det inte gick att utesluta att magasinet skulle stiga under vintern, dels pga. mycket tidskritiska kommande arbeten med byggande av nytt utskov och återuppbyggnad av fyllningsdammen som krävde att fångdammen blev klar innan nästa säsong. Efter diskussion mellan beställaren, dess tekniksakkunniga och entreprenören beslöts att övergå till en form av våtpackning där morän lades ut i ca 1–1,5 m tjocka pallar utan annan packning än den som skedde via de dumprar och grävmaskiner som lade ut moränen.

Bedömningen gjordes att dammen trots ändrat packningsförfarande ändå skulle bli tillräckligt packad och tät genom den konsolidering som förväntades ske när dammen fick stå till sig fram till våren 2022, när befintlig damm skulle rivas. De eventuella svagheter som kunde tänkas uppstå pga. det ändrade packningsförfarandet bedömdes inte utgöra ett hot mot dammsäkerheten pga. den stora mäktigheten på tätjorden. Enligt en konservativ uppskattning bedömdes att sättningar på 30–60 cm kunde förväntas uppstå under perioden från färdigbyggd

fångdamm (hösten 2021) till våren 2022. Eventuell höjning av dammkrönet för att kompensera för inträffade sättningar planerades att genomföras nästkommande vår innan rivning av befintlig damm.

När dammen var uppe på nivå ca en halvmeter under färdig krönnivå frös det översta moränskiktet. Den frusna moränen (ca 20 cm djupt) skrapades bort och kasserades innan ny morän lades ut, se Figur 26.

Rivning

För att kunna riva så stor del av fångdammen som möjligt i torrhet sänktes magasinsvattenytan av så långt som möjligt med hjälp av hävertrör innan rivningen startade.

Rivningen av den del av fångdammen som låg under vatten skedde med lika vattentryck på uppströms- och nedströmssidan av fångdammen.

För att minimera risken för grumling installerades en siltgardin uppströms fångdammen, se Figur 33 och Figur 34.



Figur 17 Moränmassor till den mindre fångdammen läggs ut i vatten



Figur 18 Färdig mindre fångdamm uppströms huvudfångdammen. Presenningen är lagd som ett tillfälligt skydd mot nederbörd



Figur 19 Schakt av tätdike för grundläggning av fångdammen



Figur 20 Grundläggning av fångdammen



Figur 21 Nedströmsvy av fångdammen under arbetets gång



Figur 22 Geotextil och erosionsskydd av utsorterad sten på fångdammens uppströmsslänt



Figur 23 Svårighet att ta packningsprover pga. blöta massor



Figur 24 Geotextil och utsorterad sten på fångdammens nedströmsslänt



Figur 25 Blöta moränmassor ledde till ändrat packningsförfarande



Figur 26 Bortskrapning av frusna moränmassor innan ny morän läggs ut



Figur 27 Anslutning av fångdammen mot befintlig fyllningsdamm



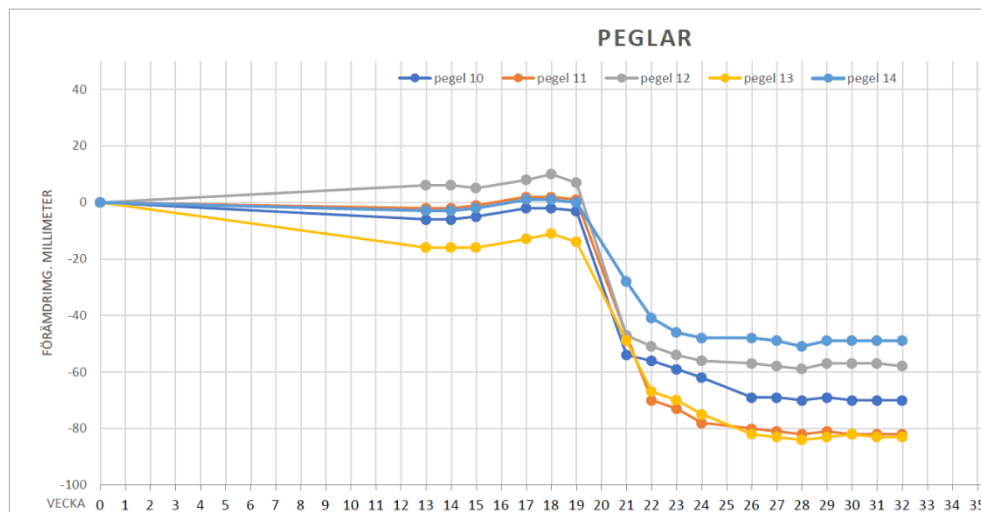
Figur 28 Översiktsbild av fångdammen strax innan den är uppe i full höjd. I bakgrunden syns huvuddammen.



Figur 29 Övre delen av fångdammen innan utläggning av uppströms erosionsskydd och nedströms stödbank

Drifterfarenheter

Magasinsvattenytan mot fångdammen låg som högst kring DG. Sättningsarna i fångdammen mättes 1 gång/vecka och var små, som mest drygt 80 mm, se Figur 30. Sättningsarna inträffade under maj-juni 2022 för att därefter avstanna.



Figur 30 Resultat från sättningsmätning i fångdammen

Uppmätt läckage från fångdammen var under hela drifttiden försumbart litet. Vid återuppbyggnad av huvuddammen hösten 2022 var det stora problem att hitta tillräckligt torr morän till tät kärnan. När alla andra moräntillgångar visat sig vara för blöta beslutades att gräva provgropar i fångdammen. Provgroparna visade på tillräckligt torr morän med en vattenkvot på 6–8 %. Efter riskbedömning och diskussion mellan beställaren, dess tekniksakkunniga och entreprenören beslutades att gräva en slits i fångdammen ner till nivå för DG för att ta ut torr morän och sen återfylla slitsen med blöt morän, se Figur 31 och Figur 32. Vid grävning av slitsen kunde konstateras att moränen som våtpackats året innan nu var homogen och fast lagrad. Packningsprov på ytan av fångdammen visade 96% packningsgrad.



Figur 31 Torr morän togs från fångdammen ...



Figur 32 ... och ersattes med blöt morän som ursprungligen var tänkt att användas till tätkärnan i den återuppbyggda dammen



Figur 33 Siltgardinen sys ihop på plats inför rivning av fångdammen



Figur 34 Siltgardinen på plats inför rivning av fångdammen

Riskhantering

Under projekteringsfasen fördes många diskussioner om huruvida fångdammen borde förses med en centralt placerad spont som en extra säkerhet med tanke på moränens känslighet för ogynnsamma väderförhållanden, antingen genom hela dammen eller enbart där dammen är som högst. Diskussionerna utmynnade i beslutet att bygga fångdammen utan spont men att ha viss beredskap för att spont skulle kunna komma att krävas som nödlösning om vädret skulle ställa till det. För att möjliggöra att slå ner en spont i fångdammen i en nödlägesituation beslutades att all sten >100 mm skulle sorteras bort i en centralt placerad zon längs hela dammen. Kalkylmässigt togs kostnaden för spont med som en riskkostnad. Under byggets gång togs beslut om ändrat packningsförfarande pga. dåliga väderförhållanden. Innan beslutet togs gjordes en riskbedömning.

Fångdammen försågs med automatisk läckagemätning som under vintern innan befintlig fyllningsdamm revs gav information om dammens funktion och indikation på ev. svagheter. Om svagheter skulle upptäckas fanns möjlighet att vidta erforderliga förstärkningsåtgärder under våren 2022 innan befintlig damm revs.

5.1.2 Fångdamm 2. Stenfyllningsdamm, uppströms tätning av morän

I samband med byggandet av en ny regleringsdamm (som ersatte en befintlig äldre regleringsdamm) vid Hylte dammanläggning (Statkraft), byggdes sommaren 2019 en fångdamm. Syftet med fångdammen var att torrlägga en del av befintlig äldre betongdamm för att kunna riva denna i torrhet (några månader). Vid ett eventuellt haveri av denna fångdamm skulle ett område ned till nya utskov och fyllningsdamm vattenfyllas. Konsekvenserna skulle alltså kunna uppstå på byggarbetsplatsen. Fångdammen konstruerades av entreprenören och granskades/godkändes av beställaren.

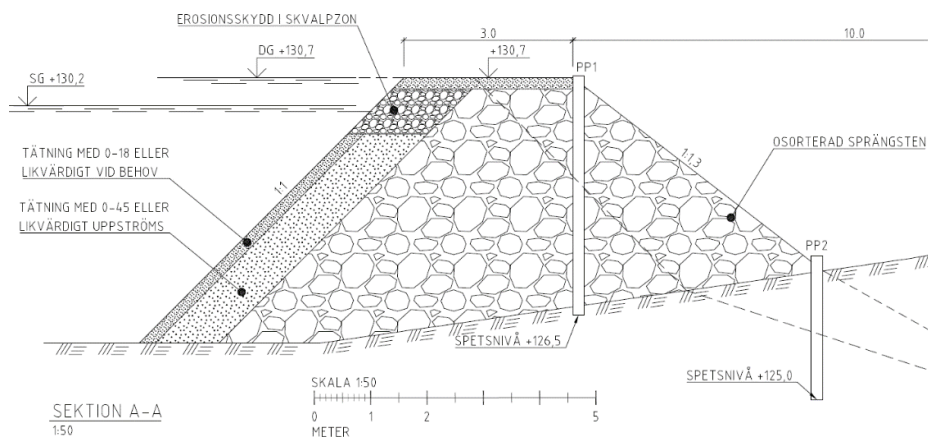
Fångdammen utfördes som en stenfyllningsdamm med uppströms tätning av morän och byggdes i vatten, se Figur 35. Anslutningen till befintlig betongdamm utfördes med stålspons medan anslutningen mot befintlig fyllningsdamm utfördes utan spont, se Figur 36. För att minska risken för grumling nedströms anlades en siltgardin uppströms fångdammsläget.

Tätning av fångdammen åstadkoms genom att det sug som skapades vid tömning av vattnet mellan fångdammen och befintlig damm förde med sig finpartiklar från uppströms tätmassor in i fångdammen.

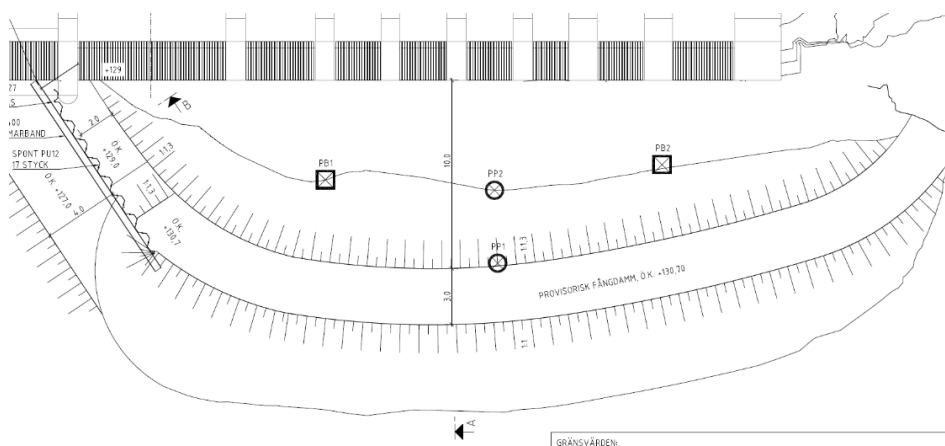
Som en riskhanteringsåtgärd installerades vattenståndsrör i nedströmsslänten för att kunna kontrollera att porttrycksnivåerna inte översteg gränsvärden enligt stabilitetsberäkningarna.

Under arbetet med fångdammen var det problem att få dammen tillräckligt tät. Olika försök till tätningsåtgärder för själva fyllningsfångdammen genomfördes utan att läckaget minskade. Med uteslutningsmetoden kunde till slut konstateras att läckaget kom från grundläggningen vid den stålspons som anslöt mellan

fyllningsdammen och befintlig betongdamm. Efter tätningsåtgärder vid grundläggningen vid sponten blev fångdammen tillräckligt tät. Foton från byggandet av fångdammen visas i Figur 37 - Figur 39.



Figur 35 Teoretisk tvärsnitt av fångdammen



Figur 36 Teoretisk plan av fångdammen. På vänster sida ansluter fångdammen till befintlig betongdamm med en stålspons. På höger sida ansluter fångdammen till en befintlig äldre fyllningsdamm (som senare revs)



Figur 37 Utläggning av sprängsten är påbörjad. Rensning av löst material på magasinbotten pågår. Siltgardinen syns i bakgrunden



Figur 38 Utläggning av morän på uppströmssidan av fångdammen. Fyllningsdammen ansluter till befintlig dammpelare med en stålspont



Figur 39 Fångdammen sedd från nedströmssidan

5.1.3 Erfarenheter från andra fyllningsdammar

Inom ramen för detta uppdrag har en intervju gjorts med Jan Liif, numera pensionär med lång erfarenhet av dammbyggnad från såväl konsultföretag, entreprenadföretag och dammägarföretag. Han har varit med och byggt flera fångdammar av typen fyllningsdammar och en del av hans erfarenheter sammanfattas nedan.

Homogena fångdammar av morän

Gemensamt för fångdammar utförda av morän var att det fanns tillgänglig morän i närområdet. Dessutom måste fångdammarna utföras i stillastående vatten med begränsat vattendjup under byggtiden (max 4 meter). Entreprenören bör ha erfarenheter från tidigare fångdamsbyggen och bygget bör följas upp på plats av erfaren kontrollant.

Arbetet med fångdammarna utfördes i följande steg:

- Framför fångdammens front rensades vattendragets botten från sten och andra ojämnheter.
- Moränmassorna lades fram uppe på dammkrönet och trycks ned och ut med skopan på grävmaskinen. De nya massorna trycktes ner i den redan byggda delen av fångdammen så att massorna i ytterkanterna av fångdammen trycktes längre ut. Moränmassorna lades därmed inte direkt i vatten. Grävmaskinsskopa fick inte trycka så mycket att det kom in vatten vid skopan eller att massorna började blanda sig med vattnet.
- Filter och stabiliserande stödfyllning på uppströms- och nedströmsslänterna byggdes vartefter moränkärnan tog form.

- Fångdammen byggdes utan uppehåll tills den var färdig. Därmed krävdes bra logistik så att massorna kom fram utan dröjsmål ute på dammen. Maskiner och maskinist behövde hållas i beredskap om det skulle behövas avlösning.
- Krönbredden blev vanligen 4–5 meter.

Huvuddelen av denna typ av fångdammar var täta och fungerade bra under drifttiden.

Fångdammar av stenfyllning

Om det inte fanns tillgänglig morän i närheten eller om vattenhastigheten var för hög eller fångdammen var för hög, byggdes fångdammen som en stenfyllningsdamm.

Arbetet med fångdammarna utfördes i följande steg:

- Framför fångdammens front rensades vattendragets botten från sten och lösa massor. Grävmaskinens räckvidd bestämde hur långt man kunde lägga ut bergmassor innan det behövde rensas igen.
- Bergmassor med större stenstorlek lades/tippas ut som en genomsläpplig, körbar vall. En grävmaskin hjälpte till att få massorna på plats. Packningen skedde automatiskt när man körde ut på massorna.
- Övergångsmassor lades sedan på uppströmssidan. Ibland valde man att inte lägga något övergångslager utan gick direkt på tätmassorna.
- Tätmassorna lades i uppströmsslänten och det kunde behövas en större mängd, speciellt om övergångslager inte lagts ut mot bergmassorna.
- När man hade lagt ut de tätande massorna sänktes vattennivån ned innanför fångdammen. Om tätningen var otillräckligt fick man komplettera med mer tätande massor. Förhoppningen var att vattensuget som uppstod skulle leda massorna till de otäta delarna av fångdammen om man bara lade ut massorna på ungefär rätt plats.
- Återkommande kompletterande utläggning av tätmassor behövdes i många fall.
- Dammen kompletterades med damminstrumentering (vattenståndsrör, läckagemätning, dubb etc.)

Det var inte ovanligt att denna typ av fångdamm läckte efter utläggning.

För att förbättra tätheten t.ex. i undergrunden slogs ibland en stålspons i fångdammens front under utläggningen (i krönets uppströmssida). Bergmassor lades sedan på nedströmssidan av spanten till ett 3–4 meter brett krön. På uppströmssidan kunde man lägga tätare moränmassor för att minska läckage ifrån botten och spontlås.

5.1.4 Fångdamm 3. Spontfångdamm

I samband med byggandet av en ny regleringsdamm vid Hylte dammanläggning (Statkraft), byggdes under år 2017 en spontfångdamm. Syftet med fångdammen var att kunna leda vattnet förbi arbetsområdet under byggtiden. Den nya permanenta dammen byggdes nedströms befintliga damm. Denna lösning valdes för att kunna bygga de nya dammarna i torrhet.

Arbetet med att bygga den nya dammen skedde i två etapper. Den högra delen av dammen byggdes under etapp 1 och vattnet kunde då avbördas på vänstra sidan om sponten i de befintliga utskoven. Under detta skede fungerade sponten mer som en ledmur och hindrade vatten och stänk från att komma in i arbetsområdet. Den vänstra delen av dammen byggdes under etapp 2 och vattnet kunde då avbördas på högra sidan om sponten i två av de planerade fyra utskoven. Fångdammen betraktades i detta skede som tillhörande dammsäkerhetsklass B och dimensionerades därefter och var i drift under ca två år. Fångdammen konstruerades av konsult anlitad av beställaren. Fångdammen kunde byggas och byggas om för etapp 2 helt i torrhet eftersom den befintliga dammen fanns kvar uppströms.

Spontfångdammen utgjordes av en enkelspont placerad på berg och bakåtförankrad med stämp. Stämp och spont var ingjutna i betongfundament med bergstag. Stämpan flyttades från den högra sidan av sponten till den vänstra när etapp 1 övergick i etapp 2 det vill säga- stämpan stod på den sida där den kunde inspekteras i torrhet. Under första dämningssupptagningen när högra delen av huvuddammen var färdigbyggd uppmättes rörelser i spont och hammarband som överskred satta larmvärden enligt upprättat kontrollprogram. Uppdämningen avbröts och arbete nedströms sponten stoppades tillfälligt tills spontkonstruktören konsulterats att uppmätta rörelser inte var onormala.

Larmvärdena i kontrollprogrammet var förväntade teoretiska värden på rörelser utifrån gjorda beräkningar. Det konstaterades att de faktiska rörelserna mycket väl kunde bli större t.ex. pga. rörelser i spontlås och temperaturrörelser. Sedan detta klarlagts ändrades kontrollprogrammet så att "larmvärde" ersattes med "gränsvärde". Det konstaterades också att det inte går att sätta några absoluta larmvärden då det är risk för sponten utan man får titta på trenderna i uppmätta rörelser och göra en bedömning utifrån det. För att entreprenören skulle känna sig trygg med att jobba nedströms sponten bestämdes att spontkonstruktören skulle göra en bedömning varje morgon utifrån genomförda rörelsemätningar och därefter omgående ge besked till entreprenören om det bedömdes som säkert eller inte att vistas nedströms sponten. Erfarenheten av detta är att det är viktigt hur larmvärden/gränsvärden sätts och benämns och att det finns en plan för hur överskridande av satta gränser ska hanteras. Sponten byggdes helt i torrhet även vid byte av etapp vilket underlättade mycket. Rivningen av sponten efter att de permanenta dammarna driftsatts gjordes dock med vatten runt. Dykjobben för att ta bort sponten var omfattande och krävde god planering.

Foton på spontfångdammen visas i Figur 40 – Figur 43.



Figur 40 Nedströmssidan av fångdammen under etapp 1. Vatten kan spillas till vänster om sponten



Figur 41 Nedströmssidan av fångdammen under etapp 2. På andra sidan fylldes magasinet upp till dämmningsgräns vid driftsättning av nya dammdelar (se Figur 42)



Figur 42 Fångdammen (klädd med byggställning) belastad med vattenlast under etapp 2



Figur 43 Nedströmsvy av fångdammen under etapp 2

5.1.5 Fångdamm 4. Cellfångdamm

Vid byggandet av en ny kraftstation i Hissmofors (Jämtkraft) 2011–2013 anlades en cellfångdamm uppströms.

Fördelar med cellfångdammen:

- stabil konstruktion som möjliggjorde att närliggande kraftstation kunde köras under byggtiden
- fångdammen kunde ta upp stora laster utan förankringar
- mindre utrymmeskrävande än en fyllningsfångdamm

Nackdelar med cellfångdammen:

- läckage nedströms fångdammen som ledde till att fångdammen behövde förstärkas med en betongklack för att undvika svallis
- krävdes noggrann rörelseövervakning av spanten
- krävdes arbete från pråm, arbete med dykare och injektering av undergrunden mot spanten
- dyr konstruktion

Foton på cellfångdammen visas i Figur 44 och Figur 45.



Figur 44 Uppströmsvy av cellfångdammen i Hissmofors (foto Jämtkraft)



Figur 45 Nedströmsvy av cellfångdammen i Hissmofors (foto Jämtkraft)

5.1.6 Fångdammshaveri vid Munkebotvatn i Norge

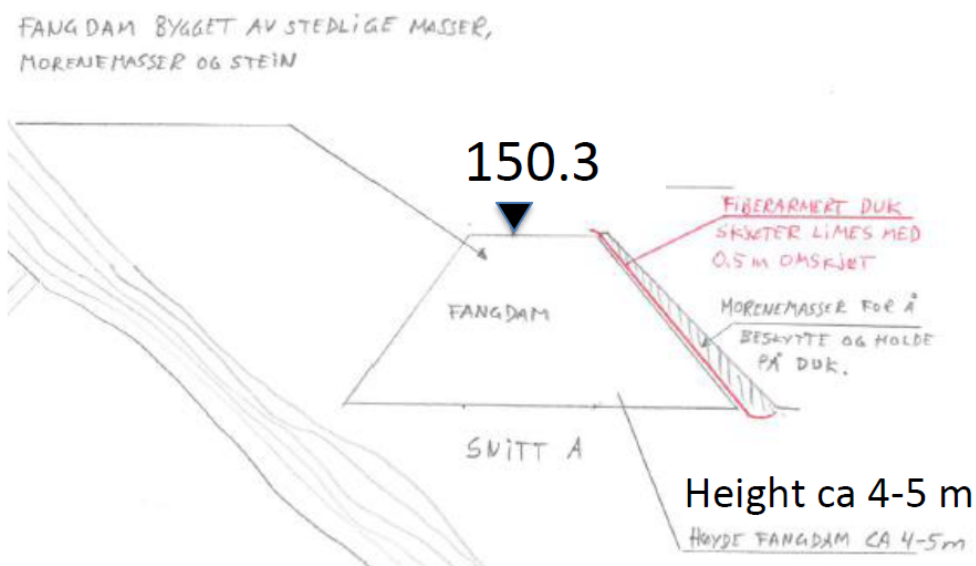
Under en pågående byggnation av damm 2018 brast en fyllningsfångdamm i Munkebotvatn i Norge. Den äldre dammen var riven och arbete pågick med att uppföra en ny damm. Fångdammen var ca 4–5 m hög och dammhaveri resulterade i att ca 70 000 m³ vatten rann ut. Inga personer kom till skada men 130 personer blev evakuerade, väg E39 stängdes av och det utströmmande vattnet orsakade skador i terrängen nedströms.

Entreprenören stod för utformningen av fångdammen som byggdes av massor på plats, morän och sten. Nedströmsslänten täcktes med geomembran som hölls på plats med morän, se Figur 46.

Dammen var inte byggd för att tåla överströmning och det tycks inte som att man beaktat behovet av att kunna leda vatten förbi fångdammen.

Mycket nederbörd ledde till att vattenytan i magasinet steg och ett nödutskov i form av en geomembran täckt med stor sten anlades några dagar innan dammhaveriet. Nödutskovet klarade inte att stå emot de överströmmande vattenmassorna och ett fullständigt dammhaveri inträffade, se Figur 47 - Figur 50.

NVE ansåg att dammägaren och projektören hade brutit mot lagstiftningen genom att inte ha sett till att vatten kunde ledas förbi fångdammen, och utdömde böter till båda.



Figur 46 Skiss av fångdammen (från presentationen *Planning and design of cofferdams in light of Munkebotvatn dam failure*, Sigtryggsdóttir, NTNU)



Figur 47 Nederbörd har lett till att vattenytan stigit till nära dammkrön (från presentationen *Planning and design of cofferdams in light of Munkebotvatn dam failure*, Sigtryggsdóttir, NTNU)



Figur 48 Fångdammen har försetts med ett nödutskov (från presentationen *Planning and design of cofferdams in light of Munkebottsvatn dam failure*, Sigtryggsdóttir, NTNU)



Figur 49 Vattnet har börjat erodera massorna i fångdammen (från presentationen *Planning and design of cofferdams in light of Munkebottsvatn dam failure*, Sigtryggsdóttir, NTNU)



Figur 50 Fullständigt dammhaveri (från presentationen *Planning and design of cofferdams in light of Munkbottsvatn dam failure*, Sigtryggsdóttir, NTNU)

6 Slutsatser och diskussion

Avsnittet med slutsatser och diskussion har skrivits i punktform för att få en snabb överblick. Slutsatserna och diskussionerna är främst dragna från de fångdammar där rapportskrivarna själva varit en del av.

6.1 ERFARENHETER FRÅN PROJEKTERING OCH KONSTRUKTION

Följande sammanfattning från erfarenheter från design och konstruktion dras:

- Projektering och byggande av fångdammar handlar till stor del om att utnyttja de specifika förutsättningarna på plats t.ex. tillgång till fyllningsmassor i närområdet, praktiska frågor kring byggandet såsom logistik samt att kostnadsoptimera för att hitta den fångdamm som blir mest kostnadseffektiv i det specifika fallet. Mycket av detta är frågor som en entreprenör normalt har större erfarenhet av än dammägare och konsulter. Samtidigt finns det frågor kring konstruktion och dammsäkerhet som dammägare och konsulter har mer erfarenhet av. Detta bör beaktas när man diskuterar på vem ansvaret för fångdammar ska ligga. Traditionellt har projektering och utförandet av fångdammar skötts av entreprenören vilket kan ifrågasättas när det handlar om fångdammar där ett haveri skulle leda till betydande konsekvenser. Men att istället helt lägga över projektering av fångdammskonstruktionen på dammägare och/eller konsulter är inte heller alltid en bra lösning. För fångdammar där konsekvenserna i händelse av dammhaveri blir betydande rekommenderas att dammägare, konsult och entreprenör samverkar vid projektering och byggande.
- Det är svårt att sätta absoluta krav på designparametrar såsom flödesdimensionering, säkerhetsfaktorer för stabilitet, materialkrav etc. Eftersom en fångdamm är en temporär konstruktion måste bedömningar göras av vilken säkerhetsnivå som är rimlig utifrån specifika förutsättningar och dessa bedömningar kan behöva ses över flera gånger under byggets gång om förutsättningarna ändras. Hur länge fångdammen ska vara i funktion påverkar, liksom huruvida personal och maskiner kommer att vara på plats hela tiden som fångdammen är i funktion. RIDAS förutsätter att på en fångdamm, som ersätter en befintlig högkonsekvensdamm, ska det ställas samma krav som för en permanent damm. Exakt samma krav på en fångdamm som på en permanent damm i det fall fångdammen ersätter ordinarie damm kan vara svårt att uppnå. Det kan t.ex. handla om att använda geotextil som materialskiljande lager, att inte sätta lika strikta packningskrav som vid byggande av en permanent damm och att inte sätta lika strikta krav på kornstorleksfördelning i ingående fyllningsmaterial vid byggande av en permanent damm. Dammägare, konsult och entreprenör bör tillsammans göra en analys och riskbedömning för att frånga RIDAS.
- Vattenhanteringen under byggtiden är en viktig aspekt att ta hänsyn till vid projektering av fångdammar. Hur stor tillrinning behöver ledas förbi fångdammen? Klaras det med tillgängliga utskov eller behöver temporär anordning för vattenavledning under byggtiden anordnas såsom hävert eller avbördning genom fångdammen (rör/luckor)?

- Ta hänsyn till rivningen av fångdammen tidigt under projekteringen.

6.2 ERFARENHETER FRÅN BYGGANDE, DRIFT OCH RIVNING AV FÅNGDAMMAR

- Vid byggande av fångdammar är det viktigt att anlita en entreprenör som har kompetens och erfarenhet av dammar och vattenhantering.
- För fångdammar där konsekvenserna i händelse av dammhaveri inte är obetydliga rekommenderas att dammägaren har en representant på plats under huvuddelen av byggtiden för kontroll, snabba beslut om förutsättningarna ändras etc.
- Vädret kan ställa till det rejält och ska inte underskattas vid riskbedömning och riskhantering.
- Att lägga ut enbart moränmassor under vatten bör om möjligt undvikas. Moränen flyter ut och blir mycket svårhanterlig, det går åt mycket massor och det är svårt att bedöma vilken kvalitet som uppnås.
- En homogen fångdamm av morän är känslig för väderförhållandena under byggtiden.
- Anslutningar mot andra konstruktioner, botten och naturlig mark är mycket viktiga och kräver noggrann projektering och utförande.
- Vid övervakning av fångdammar är det viktigt att beakta hur larmvärden/gränsvärden sätts och benämns och att det finns en plan för hur överskridande av satta gränser ska hanteras.
- Hantering av läckagevatten kräver en egen analys. Helst sker avvattning av byggarbetsplatsen med självfall ut i vattendraget. Vanligen krävs dock länsumpning.
- Rivning av en fångdamm kräver noggrann planering och bör planeras redan vid projekteringen av fångdammen.

6.3 LÄRDOMAR FRÅN HAVERIER

Flera fångdamms haverier har inträffat men det har varit svårt att samla in officiella uppgifter om dessa. Det fångdamms haveri som beskrivs i avsnitt 5.1.6 visar på att en väl fungerande vattenhantering är en förutsättning för en säker fångdamm.

7 Förslag på vidare arbete

Fortsätt att dokumentera relevanta lärdomar vid planering, projektering, byggande och drift av några utvalda projekt och gör tillgängligt för branschen.

Kapitelrubrikerna i kapitel 4 skulle kunna vara exempel på det som redovisas.

Information direkt från projekt är värdefull och nästan omöjlig att sammanställa i efterhand genom intervjuer.

8 Referenslista

- AFS 1999:3 *Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. 1993 (senaste ändringar 2014)
- Association of State Dam Safety Officials. *Summary of State Laws and Regulations on Dam Safety*. 2000.
- Every CRS Report. *Dam Safety Overview and the Federal Role*. 2019.
<https://www.everycrsreport.com/reports/R45981.html#fn69> [Hämtad 2021-10-12]
- Federal Emergency Management Agency. *Federal Guidelines for Dam Safety*. 2004.
- Fredriksson A., Kullingsjö A., Ryner A., Stille H. *Sponthandboken* 2018.
 Påkommisionen. 2018. Boken kan inte köpas då den är slutsåld. Ny version förväntas 2024.
- ICOLD. *Geomembrane sealing systems for dams*. Bulletin 135. 2010.
- Liljeblad, B. "Fångdammar." I *BYGG Handbok för hus-, väg- och vattenbyggnad IV*, Ejnar Wåhlin (red.), Stockholm: Tidskriften byggmästarens förlag, 1949.
- Lindgren, P. *Fångdammar vid Vittjärn och Näs kraftstationer: En utvärdering av projekterfarenheter*. Luleå tekniska universitet, 2007.
- New York State Department of Environmental Conservation. *Guidelines for Design of Dams*. 1989.
- Nemati K.M. *Temporary Structures. Cofferdams. Lesson 4*. Tokyo institute of technology. 2005.
- Norges vassdrags- og energidirektorat. *Flomberegninger for dammer*. 2021.
https://www.nve.no/media/11842/flomberegninger-for-dammer_h%C3%B8ringsversjon.pdf [Hämtad 2021-09-22].
- Norges vassdrags- og energidirektorat. *Informasjonsskriv om damsikkerhet 2019 – NVE*. 2019. <https://www.nve.no/energi/tilsyn/damsikkerhet/nytt-om-damsikkerhet/informasjonsskriv-om-damsikkerhet-2019/> [Hämtad 2021-09-21].
- Norges vassdrags- og energidirektorat. *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)*. 2010 (senast ändrad 2022)
- Näsman, L. et al. *Fångdamm med cirkulära spontceller: Studier av utförande och funktion*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning, 1979.
- Reinius, E. *Vattenbyggnad del 3: Dammbyggnader*. Stockholm: Institutionen för vattenbyggnad – Tekniska högskolan i Stockholm, 1973.
- Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige, SveMin. *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. 2022

- RIDAS. *Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Stockholm: Energiföretagen Sverige – Swedenergy – AB, 2019.
- RIDAS. *Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet – Tillämningsvägledning Kapitel 9: Övriga dammar*. Stockholm: Energiföretagen Sverige – Swedenergy – AB, 2020.
- SS-EN 1990. *Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk*. Stockholm: SIS Förlag AB, 2002.
- SS-EN 1991-1-6:2005. *Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-6: Allmänna laster – Last under byggskedet*. Stockholm: SIS Förlag AB, 2005.
- Statens offentliga utredningar. *Dammsäkerhet – Tydliga regler och effektiv tillsyn (SOU 2012:46)*. Stockholm: Elanders Sverige AB, 2012.
- Svenska kraftnät. *Översyn av de statliga insatserna för dammsäkerhet (Kommittédirektiv 2011:57)*. 2011. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/kommittedirektiv/oversyn-av-de-statliga-insatserna-for-dammsakerhet_GZB157 [Hämtad 2021-09-21].
- Svenska kraftverksföreningen. *Hydro Power in Sweden*. 1981
- United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-fill Dams (EM 1110-2-2300)*. 2004.
- United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Planning and Design of Temporary Cofferdams and Braced Excavations (ER 1110-2-8152)*. 1994.
- United States Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Safety of Dams – Policy and Procedures (ER 1110-2-1156)*. 2014.
- United States Army Corps of Engineers. *Requirements for In-stream Construction Activities*. 2013.

FÅNGDAMMAR – EXEMPEL OCH ERFARENHETER

Mål och syfte med projektet har varit att ge ökad kunskap och vägledning kring uppförande och drift av fångdammar i dammanläggningar. Inom projektet har det utförts en litteratursökning, viss genomgång av dokumentation från dammägare från genomförda projekt samt erfarenheter från dammägare, konstruktörer och till viss del entreprenörer. En viktig del har varit rapportskrivarnas egna erfarenheter från fångdamsprojekt.

Några viktiga slutsatser:

- Mycket av kunskapen finns hos de personer som har erfarenheter från tidigare projekt hos anläggningsägare, konsulter och entreprenörer och är viktiga resurser i projektering och uppförande av fångdammar.
- Projektering och byggande av fångdammar styrs till största del om att utnyttja de förutsättningar som finns på plats och den kunskap/erfarenhet som finns hos de som aktivt deltar i projektet.
- Designvillkor för en fångdamm som är lika som för en motsvarande permanent damm kan vara svåra att uppfylla. Avvägda avsteg kan behöva göras. Analys och riskbedömning behövs dock för att frånga huvudregeln.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

