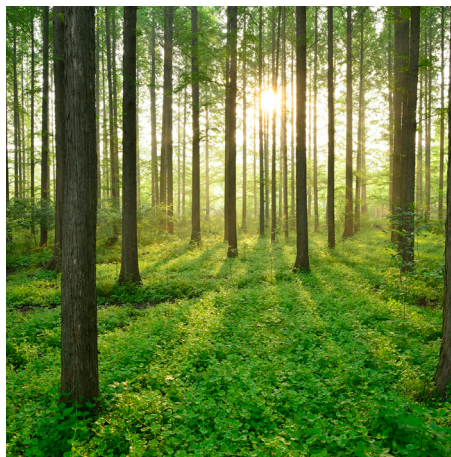


BEDÖMNING AV ALLVARLIGHETSGRAD VID BETONGANMÄRKNINGAR

RAPPORT 2025:1074



BETONGTEKNISKT PROGRAM
VATTENKRAFT



Bedömning av allvarlighetsgrad vid betonganmärkningar

FREDRIK MIKAELSSON, JOSEFIN ABRAHAMSSON

ISBN 978-91-89919-74-7 | © Energiforsk januari 2025

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

Förord

Vattenkraftens betongkonstruktioner återfinns i miljöer som utsätter dessa konstruktioner för påfrestningar. Att skador uppkommer är inget ovanligt, dock kan dessa skador uppträda olika allvarliga för konstruktionens funktion. Att bedöma och kategorisera dessa just efter allvarlighet är inte helt enkelt. Att göra rätt bedömning av allvarlighet när konstruktionen avviker är något som underlättar bedömningen av behov vid ingrepp.

Vanligt förekommande skador beskrivs idag utifrån gemensamma standarder, men baserade på den samlade kompetensen och erfarenheten hos bedömaren, utifrån de aktuella förhållandena. Detta lämnar utrymme för att likartade avvikelser bedöms olika. I projektet "Bedömning av allvarlighetsgrad vid betonganmärkningar" så är syftet att sammanställa exempel på vanligt förekommande anmärkningar, vilket i ett senare steg kan vägleda arbetet med att bedöma dess allvarlighet.

Projektet har utförts av Josefin Abrahamsson och Fredrik Mikaelsson, på Norconsult. Projektet har finansierats av Energiforsk genom FoU-programmet Betongtekniskt program vattenkraft, etapp 2022-2024. Programmets intressenter är Fortum Sverige, Holmen Energi, Jämtkraft, Karlstads Energi, Skellefteå Kraft, Statkraft Sverige, Sydkraft/Uniper, Tekniska Verken, Umeå Energi samt Vattenfall Vattenkraft. Projektets referensgrupp har utgjorts av representanter från programmets styrgrupp: Andreas Karlstedt och Fredrik Nilsson.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Vattenkraftsanläggningar inspekteras regelbundet med syftet att identifiera och värdera funktionsfel och degraderade tillstånd genom okulär kontroll. Denna rapport syftar till att sammanställa exempel på vanligt förekommande anmärkningar efter inspektion av vattenkraftens betongkonstruktioner. Tanken är att dessa exempel ska ge vägledning i hur allvarlighetsgraden hos förekommande avvikelser bör bedömas.

Bakgrunden till rapporten är att det finns ett behov av att reducera spridningen i bedömningarna som görs efter inspektion av betongkonstruktioner vid vattenkraftsanläggningar. Den vägledning som finns idag är ett branschgemensamt system framtaget av Svenska Kraftnät och Svensk Energi för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar, vilket ska underlätta kommunikation mellan olika parter i dammsäkerhetsarbetet. Begreppet funktionsfel ansätts som ett samlingsnamn för avvikelser som påverkar en dammanläggnings funktionalitet, det vill säga dess förmåga att dämna in och/eller avbörda vatten utan att dammens säkerhet hotas. Avvikelse bedöms på en 5-gradig skala från A1-A5, där A5 är en mycket stor avvikelse och A1 en mycket liten avvikelse. I dokumentet, framtaget av Svenska Kraftnät och Svensk Energi, anges det att *"graden av avvikelse bestäms genom att användaren med sin kompetens och erfarenhet gör en bedömning av de aktuella förhållandena"*. Det förväntas alltså att den som utför inspektionen ska värdera hur stor en avvikelse eller potentiell avvikelse är och även hur brådskande det är att åtgärda den. Detta leder till att olika utförare kan värdera likartade avvikelser olika.

Avsikten med denna rapport är att den ska fungera som ett stöd för den som utför inspektioner då den beskriver vanligt förekommande betonganmärkningar med text- och bildexempel. Anmärkningarna delas in i skadetyper och för varje skadetyp redovisas exempel på de olika avvikelsegraderna.

Nyckelord

Dammsäkerhet, inspektion, betonganmärkningar, bedömningsklasser, avvikelsegrad

Summary

Hydropower plants are regularly inspected with the aim of identifying and evaluating malfunction and degraded conditions through ocular inspection. This report aims to compile examples of commonly occurring remarks after inspections of concrete within hydropower plants. The idea is to provide guidance in how to evaluate the seriousness of occurring deviations with these examples.

The background to the report is based on the need to reduce the spread in the assessments that are made after inspections of concrete structures at hydropower plants. The guidance that is available today is an industry-wide system developed by Svenska Kraftnät and Svensk Energi for the assessment of dam safety remarks that should facilitate communication between different parts in dam safety work. The term malfunction is used as a collective name for deviations that affect the functionality of a dam facility, that is its ability to contain and/or discharge water without jeopardizing the safety of the dam. The deviations are assessed on a 5-point scale from A1-A5, where A5 is a very large deviation and A1 a very small deviation. In the document, prepared by Svenska Kraftnät and Svensk Energi, it is stated that *"the degree of deviation is determined by the user's competence and experience making an assessment of the current conditions"*. In other words, it is expected that the person carrying out the inspection should evaluate the degree of a deviation or potential deviation and also how urgent it is to remedy it. This leads to different inspectors being able to evaluate similar deviations differently.

The intention of this report is that it should serve as a support for those doing inspections as it describes commonly occurring concrete remarks with text- and image examples. The remarks are divided into types of damage and for each type of damage examples of the different degrees of deviation are presented.

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syfte	9
1.3	Avgränsningar	9
1.4	Genomförande	9
2	Stöd för bedömning	10
2.1	System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar	10
2.2	Resonemang	11
3	Skadeorsaker	12
3.1	Mekanisk nedbrytning	12
3.2	Fysikalisk nedbrytning	12
3.3	Kemisk nedbrytning	13
3.4	Växtlighet	13
4	Vanliga betonganmärkningar	14
4.1	Erosion	14
4.1.1	Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse	14
4.1.2	Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse	17
4.1.3	Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse	19
4.1.4	Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse	21
4.1.5	Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse	23
4.2	Sprickor	24
4.2.1	Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse	24
4.2.2	Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse	26
4.2.3	Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse	29
4.2.4	Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse	31
4.2.5	Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse	33
4.3	Betongskada	34
4.3.1	Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse	34
4.3.2	Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse	36
4.3.3	Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse	38
4.3.4	Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse	40
4.3.5	Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse	42
4.4	Växtlighet	43
5	Förslag på fortsatt arbete	45
6	Referenslista	46

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Vattenkraftsanläggningar inspekteras regelbundet med syftet att identifiera och värdera funktionsfel och degraderade tillstånd genom okulär kontroll. Funktionsfel är ett samlingsnamn för anmärkningar/avvikelser som påverkar anläggningens funktionalitet, till exempel:

- Fysiska fel och brister
- Avvikelser från riktlinjer och anvisningar

Degraderade tillstånd innebär att förmågan att utföra det som krävs är reducerad, men med acceptabel reducerad prestanda.

För vattenkraftens betongkonstruktioner kan vanligt förekommande anmärkningar vara skador i form av sprickbildning, erosion, läckage etc. Skadorna kan i sin tur bero på en mängd olika faktorer.

Vid bedömning av anmärkningar i förhållande till önskat tillstånd behöver många faktorer tas i beaktning. Olika anläggningsägare tillämpar varierande system för hur avvikelser dels ska indelas och dels värderas. 2004 införde därför Svenska Kraftnät och Svensk Energi ett branschgemensamt system för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar med avsikt att underlätta kommunikation mellan olika parter i dammsäkerhetsarbetet.

I systemet bedöms avvikelser som påverkar en dammanläggnings förmåga att dämna eller avbörda vatten, och därmed hotar dammens säkerhet, utifrån fyra värderingsgrunder: ¹

- Grad av avvikelse.
- Anläggningsdelens/delsystemets betydelse för dammens funktion.
- Frekvens för yttre laster och förhållanden.
- Förmåga att övervaka skadeutvecklingen och sätta in åtgärder för att förhindra att situationen utvecklas till dammbrott.

Baserat på detta görs en översiktlig värdering av anmärkningarnas betydelse ur dammsäkerhetssynpunkt. Denna översiktliga värdering uttrycks som så kallade standardiserade bedömningsklasser.

I dokumentet, framtaget av Svenska Kraftnät och svensk Energi, anges det att *"graden av avvikelse bestäms genom att användaren med sin kompetens och erfarenhet gör en bedömning av de aktuella förhållandena"*.² Det förväntas alltså att den som utför inspektionen ska värdera hur stor en avvikelse eller potentiell avvikelse är och

¹ Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin, *System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar*. 2010, 11. <https://www.svk.se/siteassets/3.sakerhet-och-beredskap/dammsakerhet/lankar-inom-dammsakerhet/100701-bedomningsklasser.pdf>

² Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin, *System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar*, 5.

även hur brådskande det är att åtgärda den. Detta leder till att olika utförare kan värdera likartade avvikelser olika.

Bakgrunden till det här projektet är att det finns ett behov av att reducera spridningen i bedömningarna som görs efter inspektion av betongkonstruktioner vid vattenkraftsanläggningar.

1.2 SYFTE

Syftet med projektet är att sammanställa exempel på vanligt förekommande anmärkningar efter inspektion. Tanken är att dessa exempel på isolerade skador ska ge vägledning i hur allvarlighetsgraden hos förekommande avvikelser bör bedömas.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Projektet syftar till att beskriva och illustrera vanligt förekommande anmärkningar på vattenkraftens betongkonstruktioner. Enbart värderingsgrunden "grad av avvikelse" diskuteras i denna rapport.

Det ligger utanför ramen för projektet att beskriva alternativ och metoder för åtgärd. Detsamma gäller tidpunkt för när åtgärder bör vidtas.

1.4 GENOMFÖRANDE

I ett första steg hölls ett uppstartsmöte, där författare och en intern referensgrupp samlades för att kartlägga ett tillräckligt stort underlag av uppdrag, för att säkerställa att alla unika avvikelser kommer med, och framför allt för att hitta typexempel på de vanligast förekommande avvikelserna.

Författare summerade avvikelserna med text och bild som en första del i projektet. Avvikelserna grupperades enligt skadetyper och för varje skadetyper redovisades avvikelsegrad 1-5 med tillhörande motivering.

Författare och den interna referensgruppen diskuterade de summerade avvikelserna för att få en gemensam hållning gällande bedömning internt i projektet.

Efter detta hölls en workshop med den externa referensgruppen samt externa representanter från andra konsultbolag. Workshopen genomfördes med syftet att, om möjligt, få en branschgemensam syn på skadetyperna och avvikelsegraderna. Vanliga betonganmärkningar med avvikelsegrad och tillhörande bilder diskuterades.

Författare färdigställde sedan rapporten med hänsyn tagen till den interna och externa inputen.

2 Stöd för bedömning

2.1 SYSTEM FÖR BEDÖMNING AV DAMMSÄKERHETSANMÄRKNINGAR

Som nämndes i inledningen finns ett branschgemensamt system för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar. I systemet finns vägledning i hur funktionsfel kan bedömas och en kortare beskrivning av tänkt arbetssätt görs nedan.

Grundförutsättningen är att funktionsfel ska bedömas i förhållande till önskat/avsett tillstånd eller önskad/avsedd funktionalitet i enlighet med krav, riktlinjer och vedertagen god praxis som gäller vid tidpunkten för tillståndskontrollen. Begreppet funktionsfel ansätts som ett samlingsnamn för avvikelser som påverkar en dammanläggnings funktionalitet, det vill säga dess förmåga att dämna in och/eller avbörda vatten utan att dammens säkerhet hotas.

Skillnaden mellan aktuella förhållanden och önskvärda förhållanden uttrycks i graden av avvikelse. Vid bedömning av avvikelse ska aktuella förhållandens påverkan på funktionaliteten beaktas. Hänsyn ska tas till följande:

- Skadans utbredning - är den lokal eller täcker den större områden.
- Hur långt skadan har utvecklats.
- Orsaken till skadan - är det en välkänd långsam åldringsprocess eller en process som kräver särskild uppmärksamhet.
- Hur skadan/förhållandena kan utvecklas med tiden.

Graden av avvikelse för funktionsfel betecknas "A" och bedöms på en 5-gradig skala från A1-A5, där A5 är en mycket stor avvikelse och A1 en mycket liten avvikelse, se Tabell 2-1.³

³ Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin, *System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar*, 5-6.

Tabell 2-1. Indelning av grad av avvikelse för anmärkningar⁴.

A	Grad av avvikelse	Beskrivning av funktionsfel
A5	Mycket stor avvikelse	Mycket stor avvikelse från önskad/avsedd funktionalitet eller önskat/avsett tillstånd; t.ex. • mycket stor avvikelse från ställda krav • mycket långt utvecklad skada med omfattande utbredning • obefintliga säkerhetsmarginaler (säkerhetsfaktor ca 1) • system som saknas, är ur funktion, eller som är i förfall
A4	Stor avvikelse	Stor avvikelse från önskad/avsedd funktionalitet eller önskat/avsett tillstånd; t.ex. • stor avvikelse från ställda krav • långt utvecklad skada med stor utbredning • små säkerhetsmarginaler (säkerhetsfaktor något över 1)
A3	Måttlig avvikelse	Måttlig avvikelse från önskad/avsedd funktionalitet eller önskat/avsett tillstånd; t.ex. • måttlig avvikelse från ställda krav • måttligt utvecklad skada med viss utbredning • säkerhetsmarginaler klart under det önskade
A2	Liten avvikelse	Liten avvikelse från önskad/avsedd funktionalitet eller önskat/avsett tillstånd; t.ex. • liten avvikelse från ställda krav • tidigt utvecklingskede av skada med begränsad utbredning • säkerhetsmarginal något under det önskade
A1	Mycket liten avvikelse	Mycket liten avvikelse från önskad/avsedd funktion eller önskat/avsett tillstånd; t.ex. • marginell avvikelse från ställda krav • marginella skador • säkerhetsmarginal marginellt under det önskade

2.2 RESONEMANG

Det är inte ovanligt att storleken på avvikelsegraden anses vara svår att bedöma.

Det kan vara svårigheter med bedömningen av själva skadan, men för vissa av skadorna kan även ytterligare utredning krävas då alla förutsättningar kring konstruktionen kanske inte är kända vid inspektionstillfället. Bedöms den aktuella skadan kunna påverka till exempel hållfastheten, bör en ytterligare utredning rekommenderas då uppföljande beräkningskontroller normalt inte ingår i det ordinarie uppdraget.

Med fördel kan avvikelsegraden då anges med ett spann, allt med syftet att belysa graden av osäkerhet. Storleken på spannet bör även visa graden av osäkerhet, där större spann representerar en större osäkerhet.

⁴ Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin, *System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar*, 6.

3 Skadeorsaker

Skador i betong är resultatet av att någon nedbrytningsprocess gått så långt att skador uppstått. Nedbrytningsprocesserna brukar delas in i tre kategorier, vilka beskrivs kortfattat nedan. I verkligheten kan dessa processer samverka vilket kallas för synergieffekt. Skador som orsakats av en process kan även förvärras vid inverkan av en annan.

3.1 MEKANISK NEDBRYTNING

Betongkonstruktioner som utsätts för mekaniska laster utsätts för nedbrytning. Lasterna ger upphov till spänningar och töjningar och om dessa belastningar är tillräckligt stora kommer konstruktionen att spricka.

Exempel på laster som betraktas som mekaniska: ⁵

- Vind- och islast.
- Hydrostatiskt vattentryck.
- Egenvikt.
- Belastning av luckor.
- Maskiner som belastar konstruktionen permanent eller tillfälligt.
- Erosion (verkningssätt skiljer sig från de andra då den verkar på materialets yta och inte leder till spricktillväxt och tudelning av strukturen).

3.2 FYSIKALISK NEDBRYTNING

Skador i betong kan också uppstå av fysikalisk nedbrytning.

Fysikalisk nedbrytning orsakas av att betongkonstruktioner utsätts för olika fysikaliska fenomen såsom:⁶

- Temperaturförändringar (betong expanderar vid uppvärmning och kontraherar vid nedkylning). Om konstruktionen är förhindrad att röra sig kommer den att spricka.
- Torkning- och uppfuktning (betong krymper vid uttorkning och sväller vid uppfuktning). Om konstruktionen är förhindrad att röra sig kommer den att spricka.
- Inre expansion (orsakat av frysning av vatten i betongen och saltutfällning). Om det inte finns tillräckligt med utrymme för vattnet att

⁵ Manouchehr Hassanzadeh, Marie Westberg Wilde, *Inventering av spricktyper i vattenkraftens betongkonstruktioner*. Stockholm: Energiforsk, 2016, 26.

<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/22058/inventering-av-spricktyper-i-vattenkraftens-betongkonstruktioner-energiforskrapport-2016-257.pdf>

⁶ Hassanzadeh, Westberg Wilde, *Inventering av spricktyper i vattenkraftens betongkonstruktioner*, 35.

expandera i finns risken att betongen spricker om det inre trycket orsakar tillräckligt höga spänningar. För vattentäta betongtyper utgör inte saltsprängning något större problem.

3.3 KEMISK NEDBRYTNING

Nedbrytning av betong orsakat av kemiska processer brukar delas in i tre olika grupper:⁷

- Processer som lakar ur cementpastans komponenter vilka försvagar materialet genom att reducera dess hållfasthet.
- Processer som medför att nya expansiva reaktionsprodukter uppstår i cementpastan, t.ex. sulfatangrepp. Inre spänningar uppstår på grund av svällningar och kan orsaka sprängningar.
- Processer som kemiskt inte påverkar cementpastan men kan medföra inre expansion, t.ex. ASR som är en ballastreaktion eller armeringskorrosion vilket uppstår när järn reagerar med hydroxidjoner för att bilda järnoxid. I båda fallen orsakar de olika expansionerna spänningar invändigt betongen, vilket kan leda till sprängskador.

3.4 VÄXTLIGHET

I Energiforskrapporten "Inverkan av biologisk påväxt på betongkonstruktioner, 2021:731" konstateras det att mosspåväxt trivs med att växa på karbonatiserade betongytor (gammal betong). Mossan bedöms ha potential att buffra vatten, vilket orsakar kemiska angrepp vid surt regn. Det konstateras vidare att mindre buskar och växter behöver massor som kan hålla fukt över tid för att kunna växa. Sådan massa kan bildas av löv, grus och annat som fastnar i sprickor. Om mindre buskar får växa ökar risken för att det uppstår frysskador och spjälkning till följd av rötternas expansion⁸.

Både mossor, buskar och annan växtlighet bör tas bort så att risken för oönskade följd effekter minimeras, men framför allt för att det vid omfattande påväxt försvårar upptäckten av skador.

⁷ Hassanzadeh, Westberg Wilde, *Inventering av spricktyper i vattenkraftens betongkonstruktioner*, 47.

⁸ Martin J. Strand Martin Rosenqvist Marie Westberg Wilde Mårten Janz, *Inverkan av biologisk påväxt på betongkonstruktioner*. Stockholm: Energiforsk, 2021.

4 Vanliga betonganmärkningar

I nedanstående kapitel redovisas vanligt förekommande anmärkningar på betongkonstruktioner. Redovisningen har fokuserat på de skador som till mycket stor del är återkommande. Skador som inte kan kategoriseras under nedanstående rubriker bedöms inte vara vanligt förekommande.

Rapporten kan därmed inte betraktas som heltäckande, men för skador som inte beskrivs kan rapporten ändå användas som stöd.

Definitionen av skador orsakade av erosion, sprickor och betongskador kopplade till en avvikelsegrad redovisas nedan. Definitionerna är på intet sätt heltäckande, men bör ge en god vägledning när avvikelsegraden ska bestämmas.

4.1 EROSION

Skador orsakade av erosion uppkommer genom mekanisk nedbrytning genom t.ex. vatten i rörelse, drivgods, påverkan av is.

Skadetyper är mycket vanlig i uppströmsdelar av dammar och vanligtvis lokaliserad kring de nivåer som uppströms liggande magasinsvattenyta ligger vid. Det är också vanligt förekommande med erosionsskador på skibord samt pelarsidors nedre delar.

4.1.1 Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse

Definition av erosionsskador med avvikelsegraden 1.

- Marginell skadebild.
- Avnötningen bedöms inte överstiga motsvarande cirka 10% av det täckande betongskiktet.
- Påvisas visuellt som "skrovlig yta".
- Erosionsskadornas påverkan på konstruktionens bärighet är i princip obetydlig (säkerhetsmarginalen är marginellt under det önskade).



Figur 1 Erosionsskada i vattenlinje på uppströmssidan av en pelare/mur i form av skrovlig yta. Utbredning är relativt stor men skadorna är marginella och bedöms inte påverka konstruktionen.



Figur 2 Erosionsskador i ett skibord i form av skrovlig yta. Marginella skador som inte bedöms påverka konstruktionen.



Figur 3 Erosion på en pelarvägg nedströms lucka. Skadorna är marginella och bedöms inte påverka konstruktionen.

4.1.2 Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse

Definition av erosionsskador med avvikelsegraden 2.

- Begränsad skadebild.
- Avnötningen bedöms vara i storleksordningen cirka 10-50% av det täckande betongskiktet.
- Den skadade betongen uppvisar frilagd ballast.
- Erosionsskadorna påverkar inte konstruktionens bärrighet (säkerhetsmarginalen är något under det önskade).



Figur 4 Erosionsskadat skibord som uppvisar frilagd ballast. Skadebilden har en stor utbredning men är i ett tidigt utvecklingsskede och bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 5 Erosionsskador med frilagd ballast samt några lokala betongskador i ett skibord. Skadan har viss utbredning men är i ett tidigt utvecklingsskede och bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 6 Erosionsskador med frilagd ballast i ett skibord. Skadan omfattar hela ytan men är i ett tidigt utvecklingsskede och bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.

4.1.3 Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse

Definition av erosionsskador med avvikelsegraden 3.

- Viss utbredning av skadebild.
- Avnötningen bedöms vara upp till 100% av det täckande betongskiktet.
- Ingående armering börjar synas. Enstaka armeringsjärn kan också vara frilagda.
- Erosionsskadorna börjar påverka konstruktionens bärrighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt (säkerhetsmarginaler klart under det önskade).



Figur 7 Ett skibord med eroderad yta och enstaka armeringsjärn frilagda. Utbredningen är begränsad och skadans utveckling bedöms som måttligt utvecklad och att den börjar påverka konstruktionens bärrighet, samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 8 Erosionsskador i uppströmskanten av en anslutningsmur som i princip löper längs med hela muren. Ingen armering är synlig men avnötningen är så pass omfattande att den bedöms börja påverka konstruktionens bärighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 9 Erosionsskador i vattenlinjen på insidan av en pelare. Ingen armering är synlig men avnötningen är så pass omfattande att den bedöms börja påverka konstruktionens bärighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.

4.1.4 Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse

Definition av erosionsskador med avvikelsegraden 4.

- Stor skadebild.
- Avnötningen är större än det täckande betongskiktet.
- Ilagd armering är frilagd över en större yta.
- Erosionsskadorna påverkar konstruktionens bärrighet och tillståndet är otillfredsställande (små säkerhetsmarginaler).



Figur 10 Erosionsskador i uppströmskanten av en kröndamm där armeringen är frilagd över en större yta. Skadan bedöms påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 11 Erosionsskador i ett skibord med frilagd armering över större yta där även betong saknas. Tillståndet är otillfredsställande och skadan bedöms påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 12 En underminerad betongmur i bottenutskov längs en sträcka av ca 1,5 m orsakat av erosion. Skadan bedöms påverka konstruktionens bärrighet.

4.1.5 Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse

Definition av erosionsskador med avvikelsegraden 5.

- Omfattande skadebild.
- Avnötningen är av sådan omfattning att ilagd armering inte längre bedöms kunna ta aktuella belastningar.
- Erosionsskadorna påverkar konstruktionens bärighet så pass mycket att säkerhetsmarginalerna är obefintliga. Påverkan är så pass stor att konstruktionsdelen kan räknas som ur funktion.



Figur 13 Kraftigt eroderat skibord i nedströmsdelen. Både betong och berg har eroderat. Påverkan är så pass stor att konstruktionsdelen kan räknas som ur funktion.

4.2 SPRICKOR

Skador i form av sprickor som har orsakats av mekanisk, fysikalisk eller kemisk nedbrytningsprocess. Sprickorna kan uppstå i konstruktioner p.g.a. belastning av luckor, temperaturförändringar, inre expansion mm.

Skadetyper är mycket vanlig i dammkonstruktioner.

4.2.1 Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse

Definition av sprickor med avvikelsegraden 1.

- Marginell skadebild och utbredning. Sprickviddsmätning är i regel svår att genomföra.
- Sprickor med avvikelsegrad 1 är vanligtvis ytliga.
- För att identifiera sprickans verkliga utbredning erfordras inspektion på "handnära avstånd".
- Inga läckage genom sprickan/sprickorna.
- Sprickans/sprickornas påverkan på konstruktionens bärighet är i princip obetydlig (säkerhetsmarginalen är marginellt under det önskade).



Figur 14 Sprickor i en ledmur nedströms som identifieras på nära avstånd med liten sprickvidd. Inga läckage genom sprickan. Påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.



Figur 15 Spricka i nedströmskanten av en pelare som identifieras på handnära avstånd. Påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.



Figur 16 Spricka i krönet på en ledmur nedströms som identifieras på handnära avstånd. Påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.

4.2.2 Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse

Definition av sprickor med avvikelsegraden 2.

- Begränsad skadebild och utbredning. Sprickviddsmätning kan genomföras, men sprickorna har en relativt begränsad sprickvidd.
- Sprickor med avvikelsegrad 2 är vanligtvis inte genomgående.
- För att identifiera skadans/skadornas verkliga utbredning erfordras inspektion på "handnära avstånd".
- Marginella läckage genom sprickan/sprickorna, oftast i kombination med vita utfällningar.
- Sprickan/sprickorna påverkar inte konstruktionens bärrighet (säkerhetsmarginalen är något under det önskade).



Figur 17 Sprickor med vita utfällningar på nedströmssidan av en pelare. Sprickvidden är liten och sprickorna bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 18 Sprickor med mindre vita utfällningar på en pelarkonsol nedströms. Sprickvidden är liten och sprickorna bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 19 Sprickor med marginellt läckage och mindre vita utfällningar i pelarsida. Sprickorna bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.

4.2.3 Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse

Definition av sprickor med avvikelsegraden 3.

- Viss utbredning av skadebild. Sprickviddsmätning ger normalt sprickvidder på upp till 0,5 mm.
- Det är inte ovanligt att sprickor med avvikelsegrad 3 är genomgående.
- Utbredningen kan nu visuellt observeras på längre avstånd.
- Läckage i sprickorna är oftast i kombination med både vita och rödbruna utfällningar.
- Sprickan/sprickorna börjar påverka konstruktionens bärrighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt (säkerhetsmarginaler klart under det önskade).



Figur 20 Omfattande skadebild med sprickor som har både vita och rödbruna utfällningar på en uppströmsliggande ledmur. Sprickorna bedöms börja påverka konstruktionens bärrighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 21 Ett antal sprickor i en pelare varav tre större diagonala som även syns i ovansidan och därför med stor säkerhet är genomgående. Några av sprickorna har vita eller rödbruna utfällningar. Sprickorna bedöms börja påverka konstruktionens bärlighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 22 Sneda sprickor med vita och rödbruna utfällningar på en uppströmsvägg i ett utskov. Sprickorna bedöms börja påverka konstruktionens bärlighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.

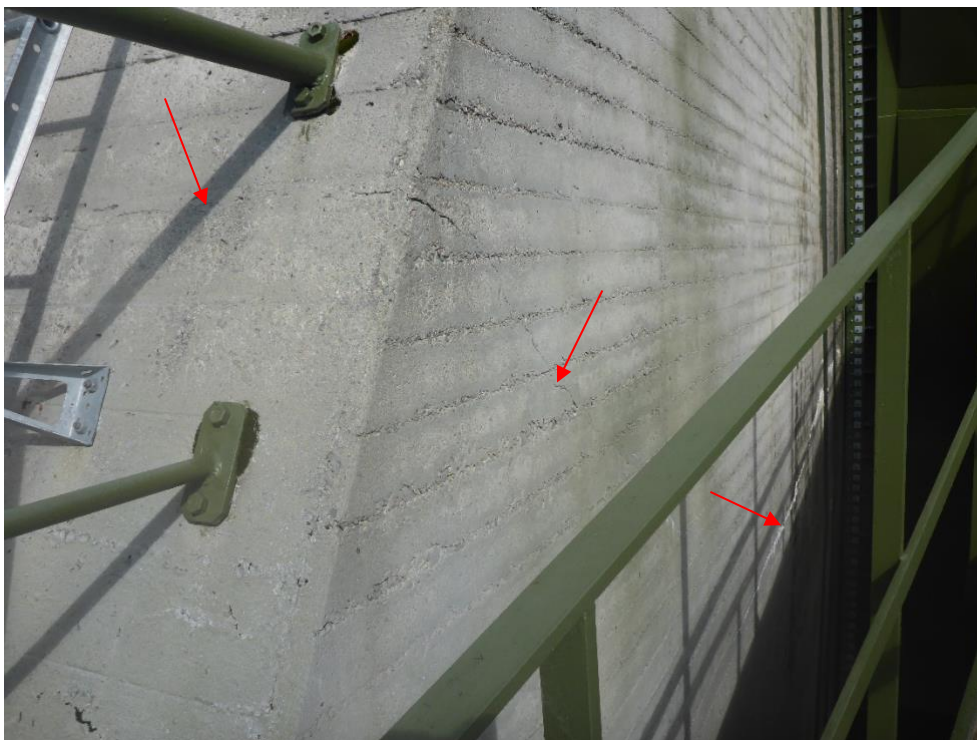
4.2.4 Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse

Definition av sprickor med avvikelsegraden 4.

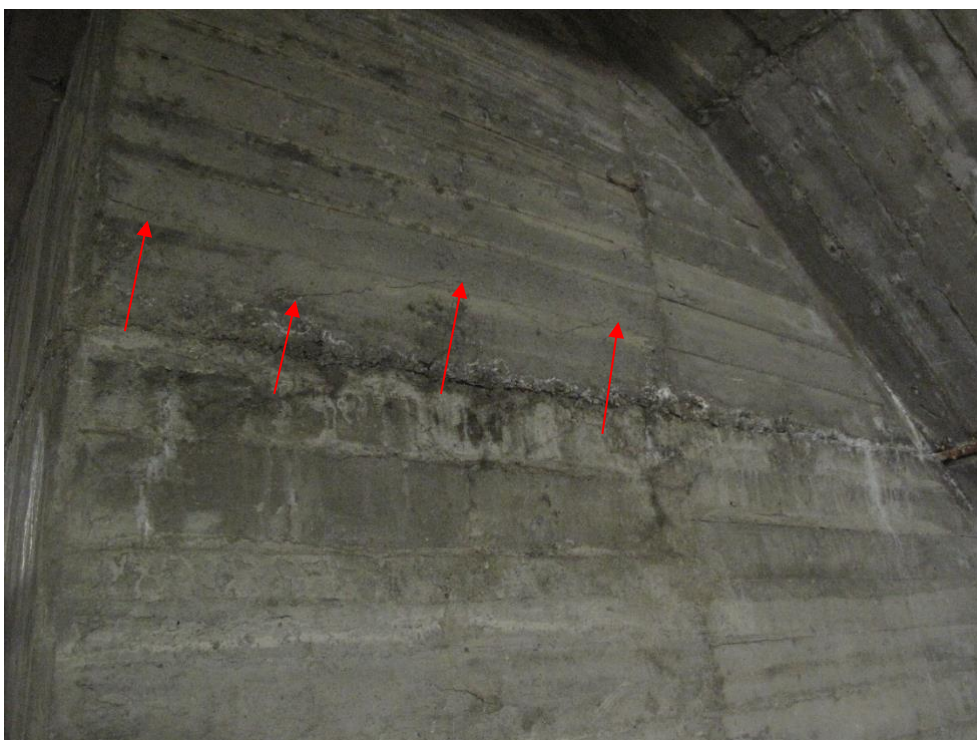
- Stor skadebild.
- Det är förhållandevis vanligt att sprickor med avvikelsegrad 4 är genomgående.
- Skadan/skadorna kommer vara av sådan omfattning att armering ingående i konstruktionen är mest troligt påverkad. Följdsador såsom deformationer/förskjutningar, på grund av att armering ingående i konstruktionerna är påverkad, har dock inte skett.
- Sprickan/sprickorna påverkar konstruktionens bärrighet och tillståndet är otillfredsställande (små säkerhetsmarginaler).



Figur 23 Omfattande skadeutveckling av sprickor (orsakade av så kallade ASR-reaktioner) i en pelare med frilagd armering. Skadorna bedöms påverka konstruktionens bärrighet och tillståndet är otillfredsställande.



Figur 24 Horisontell spricka genom utskovspelare, sprickan syns längs sidan mot skibordet och på nedströmssidan av pelaren. Sprickan är sammanhängande och sträcker sig uppströms åt till falsen. Lätt fuktande bitvis. Finns risk att sprickan är genomgående i pelaren och dessutom vattenförande. Pelaren kan vara delad i två monoliter. Sprickan bedöms påverka konstruktionens bärrighet och tillståndet är otillfredsställande.



Figur 25 Horisontell genomgående spricka i skibordslamell, genom stödskena. Sprickan finns uppströms och nedströms inspektionsgång. Sprickan bedöms påverka konstruktionens bärrighet och tillståndet är otillfredsställande.

4.2.5 Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse

Definition av sprickor med avvikelsegraden 5.

- Omfattande skadebild.
- För avvikelsegrad 5 kan man räkna med att sprickor är genomgående.
- Skadan/skadorna kommer vara av sådan omfattning att armering ingående i konstruktionen synbart är påverkad. Förskjutningar över sprickor på grund av deformerad armering, alternativt att armering har gått av är möjliga feleffekter.
- Sprickan/sprickorna påverkar konstruktionens bärrighet så pass mycket att säkerhetsmarginalerna är obefintliga. Påverkan är så pass stor att konstruktionsdelar i vissa fall kan räknas som ur funktion.

4.3 BETONGSKADA

Skador som inte kan definieras som erosion eller sprickor, till exempel lokala skador eller förskjutningar mellan olika konstruktioner (monoliter). Skadan har orsakats av mekanisk, fysikalisk eller kemisk nedbrytningsprocess.

4.3.1 Avvikelsegrad 1 – mycket liten avvikelse

Definition av skador med avvikelsegraden 1.

- Marginell skadebild och utbredning.
- Lokala små skador, alternativt tecken på att rörelser över fogar är pågående. För avvikelsegrad 1 är dock rörelsen liten, så pass liten att den kan vara svår att upptäcka.
- Skadans påverkan på konstruktionens bärighet är i princip obetydlig (säkerhetsmarginalen är marginellt under det önskade).



Figur 26 Lokala betongskador på överkanten av en ledmur. Skadans påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.



Figur 27 Betong som släppt i överkant på en överfallströskel. Skadans påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.



Figur 28 Lokal betongskada i nedströmskanten av en pelare. Skadans påverkan på konstruktionen bedöms vara i princip obetydlig.

4.3.2 Avvikelsegrad 2 – liten avvikelse

Definition av skador med avvikelsegraden 2.

- Begränsad skadebild och utbredning.
- Skador är inte så stora att ingående armering är synlig. Rörelser över fogar börjar bli markant synliga, storleksordningen 1-3 mm.
- Skadan påverkar inte konstruktionens bärrighet (säkerhetsmarginalen är något under det önskade).



Figur 29 Betongskada i en anslutningsmur med begränsad utbredning där betong släppt på en yta som ser ut att kunna vara sprutbetong. Skadan bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 30 Betongskada i nedströmskanten av en pelare med begränsad skadebild och utbredning. Skadan bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.



Figur 31 Betongskada på en ledmur nedströms med begränsad skadebild och utbredning. Skadan bedöms inte påverka konstruktionens bärrighet.

4.3.3 Avvikelsegrad 3 – måttlig avvikelse

Definition av skador med avvikelsegraden 3.

- Viss utbredning av skadebild.
- Skador börjar bli så pass stora att ingående armering är synlig, dock ej frilagd. Rörelser över fogar är nu i storleksordningen 3-10 mm.
- Skadan börjar påverka konstruktionens bärighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt (säkerhetsmarginaler klart under det önskade).



Figur 32 Betongskada med synlig armering på nedströmskanten av en brobana. Skadan bedöms börja påverka konstruktionens bärighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 33 Ytlig betongskada med synlig armering i överkanten på ett intag. Skadan bedöms börja påverka konstruktionens bärrighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.



Figur 34 Betongskada på insidan av en pelare som börjar strax bakom fals och fortsätter nedströms åt. Armeringen är delvis synlig och utbredning är relativt stor. Skadan bedöms börja påverka konstruktionens bärrighet samtidigt som påverkan bedöms bli större på längre sikt.

4.3.4 Avvikelsegrad 4 – stor avvikelse

Definition av skador med avvikelsegraden 4.

- Stor skadebild.
- Skador har utvecklats så pass mycket att ingående armering blivit frilagd. Rörelser i storleksordningen 10-50 mm.
- Skadan påverkar konstruktionens bärighet och tillståndet är otillfredsställande (små säkerhetsmarginaler).



Figur 35 Betongskada i överkant av en pelare med frilagd armering över ett större område. Skadan bedöms påverka konstruktionens bärighet och tillståndet bedöms som otillfredsställande.



Figur 36 Betongskada med frilagd armering som delvis är skadad i nedströmsdel av skibord. Något armeringsjärn har gått av men skibordet bedöms fortfarande uppfylla sin funktion. Skadan bedöms dock påverka konstruktionens bärrighet och tillståndet bedöms som otillfredsställande.



Figur 37 Skadad frontvägg i en låg lamelldamm. Betong som bestod av sand och grus kunde karvas ut med handen. Konstruktionen var i princip oarmerad. Skadan bedöms påverka konstruktionens bärrighet och tillståndet bedöms som otillfredsställande.

4.3.5 Avvikelsegrad 5 – mycket stor avvikelse

Definition av skador med avvikelsegraden 5.

- Omfattande skadebild.
- Skador som gjort att ingående armering delvis har skadats, alternativt helt gått av. Rörelser är större än 50 mm.
- Skadan påverkar konstruktionens bärighet så pass mycket att säkerhetsmarginalerna är obefintliga. Påverkan är så pass stor att konstruktionen kan räknas som ur funktion.



Figur 38 Ett skibord med omfattande betongskador där ingående armering har skadats och på vissa ställen gått av. Skadan bedöms påverka konstruktionen så pass mycket att konstruktionen kan räknas som ur funktion.

4.4 VÄXTLIGHET

Växtlighet i form av mossor och mindre sly är vanligt förekommande.

Generellt bedöms inte mosspåväxt och annan vegetation med en allvarlighetsgrad, utan som en underhållsåtgärd. I vissa undantagsfall kan dock vegetation i form av buskar som fått växa för mycket orsaka skador som behöver bedömas med en allvarlighetsgrad.



Figur 39 Mossbklädd överfallströskel.



Figur 40 Mossbeklätt skibord.



Figur 41 Mossbeklädd pelartopp.

5 Förslag på fortsatt arbete

- Ta fram ett händelseträd eller checklista som man kan följa ute på plats vid inspektionen för att ge stöd vid bedömningen av avvikelsegrad.
- Undersöka tidsförloppet för avvikelsegraderna A1-A5, dvs hur lång tid tar det innan skadan utvecklas vidare till nästa grad.
- Ge förslag på tidpunkt för åtgärd för de olika avvikelsegraderna.

6 Referenslista

- Manouchehr Hassanzadeh, Marie Westberg Wilde. (2016). *Inventering av spricktyper i vattenkraftens*. Stockholm: Energiforsk. Hämtat från <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/22058/inventering-av-spricktyper-i-vattenkraftens-betongkonstruktioner-energiforskrapport-2016-257.pdf> (Hämtad 2024-04-25)
- Martin J. Strand, Martin Rosenqvist, Marie Westberg Wilde, Mårten Janz. (2021). *Inverkan av biologisk påväxt på*. Stockholm: Energiforsk. Hämtat från <https://energiforsk.se/media/29332/inverkan-av-pavaxt-pa-betongkonstruktioner-energiforskrapport-2021-731.pdf> (Hämtad 2024-06-03)
- Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin. (2010). *System för bedömning av dammsäkerhetsanmärkningar*. Hämtat från <https://www.svk.se/siteassets/3.sakerhet-och-beredskap/dammsakerhet/lankar-inom-dammsakerhet/100701-bedomningsklasser.pdf> (Hämtad 2024-04-25)

BEDÖMNING AV ALLVARLIGHETSGRAD VID BETONGANMÄRKNINGAR

Vattenkraftsanläggningar inspekteras regelbundet med syftet att identifiera och värdera funktionsfel och degraderade tillstånd genom okulär kontroll. Rapport syftar till att sammanställa exempel på vanligt förekommande anmärkningar efter inspektion av vattenkraftens betongkonstruktioner. Tanken är att dessa exempel ska ge vägledning i hur allvarlighetsgraden hos förekommande avvikelser bör bedömas.

Rapporten innehåller text- och bildexempel på vanliga isolerade betonganmärkningar indelade efter skadetyper och avvikelsegrad.

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.

