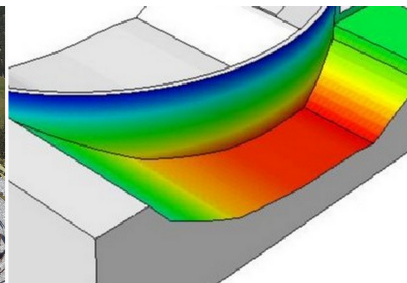


Overvåking av vassdragsanlegg

Veileder til damsikkerhetsforskriften

Goranka Grzanic, Kjell Molkersrød og Dag T. Norum



Veileder nr 3-2019

Overvåking av vassdragsanlegg

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Goranka Grzanic, Kjell Molkersrød og Dag T. Norum
Forfatter: Goranka Grzanic, Kjell Molkersrød og Dag T. Norum

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: NVEs foto
ISBN: 978-82-410-1826-8
ISSN: 1501-0678

Sammendrag: Veilederen utdyper i hovedsak bestemmelsene i § 7-2 om overvåking i forskrift av 18.12.2009 om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den utdyper også deler av andre paragrafer i damsikkerhetsforskriften av betydning for overvåking.

Emneord: damsikkerhetsforskriften, damsikkerhet, dam, vannvei, vassdragsanlegg, overvåking, interntilsyn, periodisk tilsyn, hovedtilsyn, spesielt tilsyn, inspeksjoner, tilstand, instrumentering, målinger, vannstand, lekkasje, deformasjon, poretrykk

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Februar 2019

Overvåking av vassdragsanlegg

Innhold

Forord	5
1 Innledning	6
2 Begreper	7
3 Ansvar	8
4 Overvåking	9
4.1 Plan for overvåking	10
4.1.1 Interntilsyn	10
4.1.2 Instrumentering og målinger	11
4.1.3 Fjernsynsovervåking og kontinuerlig overvåking	12
4.1.4 Annen overvåking	12
5 Interntilsyn	13
5.1 Periodisk tilsyn	14
5.1.1 Hyppighet og tidspunkt	14
5.1.2 Personell	14
5.1.3 Omfang	14
5.1.4 Dokumentasjon	14
5.2 Hovedtilsyn	14
5.2.1 Hyppighet og tidspunkt	14
5.2.2 Personell	15
5.2.3 Omfang	15
5.2.4 Dokumentasjon	16
5.2.5 Forslag til oppbygging og innhold av hovedtilsynsrapport	16
5.3 Spesielt tilsyn	17
5.3.1 Personell	17
5.3.2 Omfang	17
5.3.3 Dokumentasjon	17
6 Instrumentering og målinger	18
6.1 Formål	18
6.2 Krav til instrumentering	18
6.3 Måleparametere	20
6.3.1 Vannstandsmåling	20
6.3.2 Lekkasjemåling	21
6.3.3 Deformasjonsmålinger	22
6.3.4 Poretrykksmåling	24

Vedlegg.....	27
1 Informasjon om skadeårsaker og skadetyper	28
2 Veiledende om sjekklister for inspeksjoner	31
3 Eksempel på sjekklister for periodisk tilsyn	32
4 Mulige tilleggskontroller ved hovedtilsyn.....	33
5 Eksempler på deformasjonsmålinger	34
6 Veiledende nøyaktighet ved registrerte målinger.....	36
7 Eksempler på presentasjon av måleverdier.....	37
8 Informasjon om instrumentering og målinger.....	41
9 Anbefalt hyppighet av målinger	55

Forord

Veilederen utdyper i hovedsak bestemmelsene i § 7-2 om overvåking i forskrift av 18.12.2009 om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den utdyper også deler av andre paragrafer i damsikkerhetsforskriften av betydning for overvåking.

Denne veilederen, sammen med veileder for revurdering (1/2018), erstatter fullt ut *Retningslinjer for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg til §§ 2-6 og 2-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn ved vassdragsanlegg (utgave 2-2005)* og *Retningslinje for tilsyn og revurdering av vassdragsanlegg til §§ 7-2 og 7-3 i forskrift om sikkerhet og tilsyn ved vassdragsanlegg (2002)*.

Veilederen gjelder for alle vassdragsanlegg (dammer og vannveier) i konsekvensklasse 1, 2, 3 og 4.

NVE kan fravike bestemmelser i damsikkerhetsforskriften ved enkeltvedtak. Dispensasjoner kan bare gis der det er forsvarlig ut fra en sikkerhetsmessig vurdering, jf. § 8-2 *Dispensasjoner og skjerpede krav* første og andre punktum.

Der sikkerhetsmessige grunner gjør det nødvendig, kan NVE i enkelttilfeller pålegge strengere krav enn det som følger av den enkelte bestemmelse, men ikke utover de strengeste sikkerhetsbestemmelser i damsikkerhetsforskriften, jf. § 8-2 tredje punktum.

Hvis det ved overvåking avdekkes alvorlige mangler, må den ansvarlige innrette sin virksomhet for å redusere faren, jf. vannressursloven § 40, og opplyse NVE om dette.

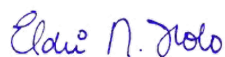
Leseveiledning til denne veilederen

Bestemmelsene i forskriften er skrevet i kursiv og er innrammet. Der det i veilederen er gitt henvisning til en paragraf, «jf. §...», gjelder dette bestemmelser i damsikkerhetsforskriften. Dersom det henvises til annet regelverk, er dette spesifisert.

Der det står *må* eller *skal* i veilederen, følger dette av bestemmelser som fremgår direkte eller indirekte av teksten i damsikkerhetsforskriften § 7-2. *Må* og *skal* er også brukt der det er nødvendig for å oppfylle andre bestemmelser i damsikkerhetsforskriften som angår overvåking, innbefattet krav som følger av § 8-1 (opplysningsplikt). Der det står *kan* eller *bør* er dette NVEs tolkning av hvordan bestemmelser kan oppfylles.

Vedleggene til veilederen utfyller teksten i veilederen. Status til de enkelte vedleggene fremgår av veilederteksten og av vedleggene.

Oslo, februar 2019



Eldri Naadland Holo
Fungerende direktør

1 Innledning

Målet for arbeidet med sikkerhet ved vassdagsanlegg i Norge er at det ikke skal skje brudd på dammer eller vannveier som kan medføre skader på mennesker, miljø, eiendom, kraftproduksjon, infrastruktur eller andre viktige samfunnsfunksjoner.

Damsikkerhetsforskriften § 1-1 Formål: Forskriften skal fremme sikkerhet ved vassdragsanlegg og forebygge skader på mennesker, miljø og eiendom.

I følge OEDs merknader til bestemmelsen vil formålsbestemmelsen være styrende for hvilke forventninger myndighetene kan stille til anleggseiere og den er retningsgivende for de skjønsmessige avgjørelser som myndighetene treffer.

Sikkerheten til anleggene ivaretas gjennom krav til faglige kvalifikasjoner, konstruktiv sikkerhet, overvåking, drift og vedlikehold, revurdering og beredskap.

Kapittel 4 omtaler formålet med og kravene til overvåking og gir veiledning til utarbeiding og innhold i plan for overvåking.

Kapittel 5 utdyper bestemmelsene om interntilsyn, og bør legges til grunn ved utarbeiding av plan for overvåking og ved gjennomføring av interntilsyn.

Kapittel 6 utdyper bestemmelsene om instrumentering og kapitlet bør benyttes ved utarbeidelse av delen om instrumentering og målinger i plan for overvåking og for gjennomføring av målinger.

Historikk

Vassdragsvesenets kontrollavdeling, senere kalt Vassdragstilsynet og Damtilsynet i NVE, ble opprettet i 1909. Allerede fra samme år fikk ervervs- og reguleringsstillatelser vilkår om at anlegg og tilhørende dammer skulle bygges på en solid måte. Utførelse og senere vedlikehold og drift ble underlagt offentlig tilsyn. Vilkåret ble på slutten av 1920-tallet utvidet med at anleggene til enhver tid skulle holdes i full driftsmessig stand.

«Forskrifter for dammer», gjeldende fra 1.1.1981, innførte krav til overvåking under drift og program for tilsyn, drift og vedlikehold. Programmet skulle godkjennes av daværende Vassdragsdirektoratet, som hadde hjemmel til å stille faglige kompetansekrav til personer som skulle være ansvarlig for tilsyn, drift og vedlikehold.

I hovedrapporten fra «Prosjekt damsikkerhet» (1992) er inspeksjonsrutiner og instrumentering grundig omtalt under hovedkapitlet «Damsikkerhet i driftsfasen». Prosjektrapport «Internkontroll av vassdragsanlegg» (1991-1993) omtaler program for tilsyn og drift og kvalifikasjonskrav til tilsynspersonell avhengig av konsekvensklasse.

I medhold av Forskrifter for dammer ble det i 1996 fastsatt:

- Retningslinje nr. 3 «Tilsynsprogram for anlegg i vassdrag». Retningslinjen beskrev driftstilsyn, periodisk tilsyn og hovedtilsyn, med krav til utførende, hyppighet (hvert tredje hovedtilsyn utføres som revurdering), omfang og rapportering til NVE.
- Retningslinje nr. 9 «Instrumentering og overvåking av dammer». Retningslinjen gjaldt primært driftsfasen og stilte krav til instrumentering og instrumenteringsplan og omtalte

presentasjon av måledata. Det ble gitt detaljerte anbefalinger om instrumentering og målinger for forskjellige damtyper avhengig av fundamentering.

Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg (2000) inneholdt bestemmelser om overvåking, instrumentering og tilsyn. Bestemmelsene ble utdypet i Retningslinje for tilsyn og revurdering av vassdragsanlegg (2002) og Retningslinjer for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg (Utgave 2-2005). I følge forskriften kunne NVE be om fremleggelse av tilsynsprogram og tilsynsrapporter.

2 Begreper

Overvåking er et samlebegrep for interntilsyn, instrumentering og målinger, og ellers annen overvåking som den ansvarlige anser nødvendig for driftsfasen, jf. § 7-2. Krav til overvåking under bygging og ved idriftsettelse er angitt i damsikkerhetsforskriften kapittel 6 og er ikke behandlet i denne veilederen.

Plan for overvåking skal på en oversiktlig måte beskrive overvåkingen av hvert vassdragsanlegg og skal kunne nedfelles skriftlig. Planen skal sikre at det enkelte vassdragsanlegg overvåkes i henhold til kravene i damsikkerhetsforskriften. Planen kan være felles for flere anlegg, men overvåkingen av det enkelte anlegget skal klart fremgå.

Interntilsyn er tilsyn som den ansvarlige selv utfører. Krav til interntilsyn omfatter gjennomføring av periodisk tilsyn, hovedtilsyn og spesielt tilsyn, og gjelder for alle vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4.

Instrumentering er måleinstrumenter, andre måleinnretninger og system for overføring av måleverdier.

Plan for instrumentering er en del av tekniske planer som skal angi instrumentering av vassdragsanlegget.

Beredskap er å være forberedt til innsats for å møte situasjoner i vassdraget tilknyttet vassdragsanlegget som kan volde betydelig fare for mennesker, miljø eller eiendom. Beredskapen skal ivaretas gjennom beredskapsplanen, jf. § 7-4.

Grenseverdier er en del av beredskapsplanen og skal fastsettes for aktuelle måleparametere, jf. § 7-2, basert på teoretiske beregninger av vassdragsanleggets kapasitet, jf. § 7-4 annet ledd. I beredskapsplanen kan det være fastsatt **varslingsverdier** for flere beredskapsnivåer.

Aktsomhets-/beredskapsnivåer er for eksempel:

- økt aktsomhet (intensivert/utvidet overvåking og forberedelse til beredskap)
- beredskap (iverksatt beredskap og eventuelt farereduserende tiltak)

Kontinuerlig måling/avlesning er regelmessig måling (avlesning/innsamling av måleverdier) med hensiktsmessige tidsintervall for å avdekke forhold som kan føre til reduksjon av anleggets konstruktive sikkerhet så tidlig som mulig, jf. § 7-2 første ledd førte punktum, og for å dekke behov i henhold til beredskapsplan, jf. § 7-4. Dette innebærer normalt direkte overføring av måleverdier til driftssentral eller lignende.

3 Ansvar

Ansaret til den ansvarlige, lederen, VTA, tilsynspersonell og kvalifiserte fagpersoner som gjelder overvåking fremkommer av dette kapitlet.

Fra § 2-2 annet ledd:

Den ansvarlige for vassdragsanlegget har ansvar for:

c) å ha tilstrekkelig med kvalifisert personell for å oppfylle kravene i denne forskriften, og sørge for at disse er organisert slik at de er tilgjengelig ved behov.

Fra § 2-3 første ledd: Lederen har ansvar for at:

a) internkontroll utøves

b) kvalifisert personell har nødvendig vassdragsteknisk kompetanse

c) kvalifisert personell gis tid og ressurser til å utføre sine oppgaver

d) sikkerhetskravene til vassdragsanlegg overholdes, herunder sikringstiltak av hensyn til allmennheten, jf. § 7-6

e) rapporterte sikkerhetstiltak blir vurdert og fulgt opp

f) det rapporteres til den ansvarlige når det er nødvendig

Fra § 2-4 første ledd: VTA har det faglige ansvaret for å følge opp sikkerheten ved vassdragsanleggene ved å:

a) utarbeide og holde oppdatert et internkontrollsystem for vassdragsanleggene

b) sørge for at anleggenes sikkerhet overvåkes og revurderes

c) rapportere til og foreslå sikkerhetstiltak overfor leder

e) rapportere til leder om situasjoner som avviker fra det normale

f) lære opp tilsynspersonell og stedfortredende VTA om aktuelle anlegg

§ 2-5 første ledd: Tilsynspersonell utfører tilsyns- og beredskapsoppgaver og skal rapportere til VTA. Tilsynspersonell skal ha god kunnskap om de aktuelle vassdrag og vassdragsanlegg.

Krav til internkontroll, jf. § 2-3 første ledd a) og § 2-4 første ledd a), er gitt i forskrift om internkontroll etter vassdragslovgivningen (IK-vassdrag).

Leder har ansvaret for at overvåking utføres. Oppgavene (planlegging, utførelse og rapportering) kan utføres av andre. Ansaret for at oppgavene løses på en tilstrekkelig god måte, ligger imidlertid hos leder. Leder må for eksempel gjennom rapporteringsrutiner sikre seg at oppgaver som overlates til andre faktisk blir utført og på en god nok måte, jf. OEDs merknad annet ledd til § 2-3 første ledd.

VTA har et særlig faglig ansvar for å følge opp sikkerheten ved vassdragsanleggene, som inkluderer overvåkingen av dem.

Den ansvarlige må sørge for at tilsynspersonell, jf. § 2-5, og annet personell som mottar måleverdier, jf. § 2-2 annet ledd, har kompetanse til å reagere riktig i situasjoner som avviker fra det normale. Dette personellet må kjenne innholdet i plan for overvåking, se kapittel 4.1, driftsprosedyrer, jf. § 7-1, og beredskapsplan, jf. § 7-4, slik at det handles riktig dersom måleverdier nærmer seg eller overstiger fastsatte grenseverdier eller andre varslingsverdier i henhold til beredskapsplan.

Fra § 5-2 tredje ledd: Tekniske planer skal utarbeides og kontrolleres av kvalifiserte fagpersoner innen relevante fagområder, jf. § 3-5. Godkjent fagansvarlig, jf. § 3-7, skal enten utarbeide eller kontrollere de tekniske planene.

Plan for instrumentering, inklusiv fastsettelse av grenseverdier basert på teoretiske beregninger av vassdragsanleggets kapasitet, er en del av tekniske planer som skal utarbeides av kvalifiserte fagpersoner innen relevante fagområder og om nødvendig av personer som dekker faglige vurderinger som ikke er inkludert i fagområdene angitt i § 3-5.

4 Overvåking

Overvåking er, ved siden av konstruktiv sikkerhet og beredskap, et sentralt element i ivaretagelsen av sikkerheten til vassdragsanlegg.

§ 7-2 første ledd, første og andre punktum: Vassdragsanlegg skal overvåkes slik at forhold som kan føre til reduksjon av anleggets sikkerhet kan avdekkes så tidlig som mulig. Overvåkingen skal tilpasses det aktuelle vassdragsanlegget, konsekvensklasse, materialsvekkelse, innsamling av data for revurdering og ellers andre sikkerhetsmessige forhold.

Overvåkingen skal kunne avdekke konstruktive mangler som skyldes feil i prosjektering eller utførelse, overskridelse av laststørrelser og mangler eller feil i materialer. Den skal også avdekke overskridelse av grenseverdier som utløser beredskap, og uønsket aktivitet ved anlegget dersom sikkerhetsmessige hensyn tilsier det.

Damsikkerhetsforskriften stiller krav til hyppighet av interntilsyn ut fra konsekvensklasse og den stiller spesifiserte krav til instrumentering av dammer ut fra damtype, konsekvensklasse og fundamentering. Det bør vurderes større hyppighet av interntilsynet eller større omfang av instrumentering og målinger i de første årene etter idriftsettelse og/eller dersom et anlegg har utpregede materialsvekkelser, uvanlige lastsituasjoner eller unormal oppførsel.

Overvåkingen skal tilpasses det aktuelle anlegget og ta hensyn til fundamentforhold, alder, tilstand, størrelse, kompleksitet og lokale forhold, for eksempel klimautsatte dammer eller fare for skred i magasin.

Ved overvåking kan det benyttes konvensjonelle metoder og ny utprøvd teknologi.

Omfanget av overvåking må ses i sammenheng med behov for innsamling av data til bruk i revurderinger.

Resultater fra overvåking vil gi økt kunnskap og framskaffe data for en individuelt tilpasset oppfølging av vassdragsanlegget. Overvåkingen vil bidra til å gi en trygghetsfølelse for allmennheten og kan i tillegg danne grunnlag for forskning og regelverksutvikling.

Dersom overvåkingen avdekker forhold som kan føre til reduksjon av anleggets sikkerhet, må det vurderes iverksettelse av nødvendige tiltak eller beredskap i henhold til beredskapsplan, jf. § 7-4. Ved akutt fare for dambrudd, ved dambrudd eller andre alvorlige hendelser som skyldes svikt, brudd eller feilfunksjon av vassdragsanlegget, skal det iverksettes varsling av myndigheter, jf. § 7-4 femte ledd. Ved ulykke eller uønsket hendelse skal dessuten NVE varsles, jf. § 7-11 og NVEs veileder 1/2014 Melding om ulykke eller uønsket hendelse.

4.1 Plan for overvåking

Alle vassdragsanlegg, inklusiv fundament, i konsekvensklasse 1-4 skal ha en plan for overvåking, som skal foreligge senest når anlegget settes i drift. Planen skal, på en oversiktlig måte, beskrive interntilsyn, instrumentering og målinger, samt grenseverdier etter § 7-4 annet ledd og eventuelt andre varslingsverdier for de aktuelle måleparameterne.

§ 7-2 annet ledd første punktum: Det skal foreligge plan for overvåking. Planen skal beskrive interntilsyn, instrumentering og målinger, grenseverdier for aktuelle måleparametere, jf. § 7-4 og ellers annen overvåking som den ansvarlige anser nødvendig.

§ 7-2 tredje ledd: Overvåkingsplanen og resultatene fra overvåkingen skal dokumenteres skriftlig og på en oversiktlig måte, og inngå i revurderinger og ellers være tilgjengelig for NVE på forespørsel.

For dammer er minimumskrav til instrumentering og måling angitt i § 7-2 femte ledd. Planen skal inkludere eventuell annen nødvendig overvåking av anlegget og/eller av omgivelsene, jf. § 7-2 annet ledd som kan utløses av funn ved ordinær overvåking. Annen overvåking er nærmere omtalt i kapittel 4.1.4.

Det er ikke fastsatt krav til hvem som skal utarbeide plan for overvåking, men den bør utarbeides av personer med god faglig kunnskap og kjennskap til aktuelle anlegg. Delen om instrumentering etter § 5-2 skal utarbeides eller kontrolleres av fagansvarlige.

For å lage en god plan for overvåking, må den ansvarlige sørge for vurdering av hvilke skader som kan tenkes å oppstå på det aktuelle vassdragsanlegget. Dokumentasjon fra tekniske planer, tidligere utført overvåking, revurderingsrapporter og beredskapsplanen (grenseverdier) bør gjennomgås. Vedlegg 1 gir informasjon om mulige skadeårsaker og skadetyper for ulike damtyper og for flomløp og vannveier.

Plan for overvåking må angi hvordan tilstandsvurderinger av anlegget skal gjennomføres og dokumenteres. I tillegg stiller forskrift om internkontroll etter vassdragslovgivningen (IK-vassdrag) § 5 krav om å foreta og protokollere målinger og registreringer.

Eventuelle avvik fra tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå skal følges opp. Avvik kan gjelde konstruktive mangler, mangler eller feil i materialer og funksjonsfeil. Det kan også forekomme avvik fra prosjekterte laststørrelser knyttet til grenseverdier eller at disse mangler.

Overvåkingsbehovet skal vurderes ved hvert hovedtilsyn, jf. § 7-2 fjerde ledd, og plan for overvåking eventuelt revideres. Den ansvarlige må også revidere planen når annen overvåking innføres.

Plan for overvåking skal ikke godkjennes av NVE, men NVE kan be om å få planen fremlagt, jf. § 8-1, for eksempel ved revisjon av internkontrollsystemet.

Kapitlene 4.1.1 - 4.1.4 gir nærmere beskrivelse av innhold i plan for overvåking.

4.1.1 Interntilsyn

Plan for overvåking skal beskrive hvordan tilsynsnivåene periodisk tilsyn, hovedtilsyn og spesielt tilsyn skal gjennomføres for hvert enkelt anlegg.

For hvert tilsynsnivå skal planen angi:

- tidsplan med årstall og helst når på året tilsyn skal foretas (spesielt tilsyn foretas ved unormale hendelser)

- utførende personell, jf. § 7-2 Tabell 7-2.1
- omfang av tilsynet, jf. § 7-2 Tabell 7-2.1
- dokumentasjon og rapportering, jf. § 7-2 tredje ledd og IK-vassdrag § 5 punkt 5 og § 6

Tidsplanen bør inkludere revurdering, som normalt erstatter hvert tredje hovedtilsyn. For ansvarlige med flere anlegg er tidsplanen spesielt viktig.

Krav til de ulike tilsynsnivåene er utdypet og anbefalinger gitt i kapittel 5.

Der det er relevant, skal planen angi hvordan anleggsdeler skal gjøres tilgjengelig for tilsyn, for eksempel ved å drenere bort bakvann, fjerne vegetasjon og etablere atkomst.

Resultatene fra inspeksjoner og funksjonstester må dokumenteres på en måte som gjør det enkelt å vurdere anleggets tilstand og eventuell utvikling av skader over tid, slik at resultatene kan legges til grunn ved revurderinger. Dokumentasjon bør omfatte tekst og fotografier og eventuelt tilstandsgrader, se vedlegg 2.

4.1.2 Instrumentering og målinger

Denne delen av planen skal beskrive instrumentering, andre måleinnretninger og målinger.

Tekniske planer, etter § 5-2, skal inneholde instrumentering for bygging, idriftsettelse og driftsfase. Instrumenteringen for driftsfasen skal inngå i plan for overvåking. Instrumenteringen skal være på plass senest når anlegg settes i drift.

Minimumsinstrumentering er angitt i § 7-2 tabell 7-2.2, se kapittel 6.3. Det kan være behov for utvidet instrumentering for å måle andre parametere enn de som er nevnt i § 7-2, for å ivareta spesielle lastforutsetninger, dokumentere utvikling av skader på vassdragsanlegg inklusiv fundament, eller for innsamling av data for beregninger (numerisk modellering).

Dersom plan for instrumentering for driftsfase mangler eller er mangelfull, skal dette fremgå av revurdering. Planen må angi alle måleparametere og for hver parameter må planen beskrive og helst begrunne:

- grenseverdier fastsatt i henhold til § 7-4 og eventuelt andre varslingsverdier
- måleområde som skal dekke både forventede verdier og grenseverdier, det bør normalt instrumenteres for å måle noe høyere verdier enn grenseverdiene
- instrumenter/måleutstyr/måleteknikk
- referansesystem/måleenhet
- målenøyaktighet
- hyppighet av målinger og avlesninger
- plasseringen av instrumenter og andre måleinnretninger, vist på tegning
- hvordan målinger (avlesning/innsamling) gjennomføres
- når og hvordan måleverdiene skal bearbeides, analyseres og dokumenteres (tabell/grafer)
- når og hvordan instrumentene og andre måleinnretninger skal kontrolleres/kalibreres

- hvordan det skal oppnås tilfredsstillende driftssikkerhet og pålitelighet av instrumenter, andre måleinnretninger og system for overføring av måleverdier

Avlesning/innsamling av måleverdier kan foregå manuelt eller automatisk. Manuelle avlesninger av en eller flere parametere noteres i tabell, med angivelse av klokkeslett.

Avleste måleverdier kan være påvirket av driftssituasjonen, for eksempel høy/lav vannstand, vær/temperatur og må eventuelt bearbeides.

For å dokumentere mulig gjensidig påvirkning, må måleverdier for ulike måleparametere ses i sammenheng. Måleverdier bør analyseres og evalueres mot forventede verdier, tidligere resultater (trendanalyse) og mot grenseverdier. Raske endringer av måleverdier, men også endringer over tid, kan indikere utvikling av unormale situasjoner.

Dersom enhetene for avleste «rå» måleverdier avviker fra enhetene brukt for fastsatte grenseverdier, må måleverdiene konverteres til enheter brukt for grenseverdiene.

Dokumentasjonen av måleverdier må planlegges før målinger gjennomføres, slik at den er hensiktsmessig i forbindelse med hovedtilsyn, revurdering, beredskap og eventuelt NVEs tilsyn. Dokumentasjon skal kunne presenteres skriftlig på en oversiktlig måte. Den bør vise at bearbeidede måleverdier er sammenlignet med forventede verdier og grenseverdier, med konklusjon.

Bearbeidede måleverdier, grenseverdier, verdier på tegninger og i eventuelle beregninger skal oppgis i/relateres til standardiserte referansesystemer, se kapittel 6.2.

Krav til instrumentering og målinger er utdypet og anbefalinger gitt i kapittel 6.

Vedlegg 7 viser eksempler på presentasjon av måleverdier.

4.1.3 Fjernsynsovervåking og kontinuerlig overvåking

Med fjernsynsovervåking i damsikkerhetsforskriften menes overvåking både av konstruksjoner og komponenter til disse og av personer.

§ 7-2 annet ledd annet punktum: Når sikkerhetsmessige hensyn tilsier det, skal planen også inkludere fjernsynsovervåking eller annen form for kontinuerlig overvåking.

Fjernsynsovervåking av konstruksjoner og komponenter kan for eksempel være aktuelt for overvåking av vannstand ved manøvrering av flomluker, ved blakket lekkasjevann ved mistanke om indre erosjon i en fyllingsdam eller for å kunne reagere raskt der dam/magasin ligger nær bebyggelse.

Med kontinuerlig overvåking menes her vedvarende eller regelmessig gjentatt overvåking ved hjelp av fjernbetjent eller automatisk virkende fjernsynskamera, fotografiapparat eller annet egnet utstyr (for eksempel drone, satellitt).

Fjernsynsovervåking av personer er regulert av personopplysningsloven. Reglene for fjernsynsovervåking er videre utdypet i forskrift om behandling av personopplysninger (FOR-2018-06-15-876), gitt med hjemmel i personopplysningsloven. Det vises for øvrig til OEDs merknader til § 7-2 om fjernsynsovervåking.

4.1.4 Annen overvåking

Behov for annen overvåking, jf. § 7-2 annet ledd første punktum, kan skyldes mulige ustabile fundament/vederlag og terrengpartier, alkalireaksjoner, sprekkutvikling, lysåpning mellom lukepilarer, korrosjon av armering og konstruksjoner, utglidning/utrasing på dammen, utvasking av fundament

(karst, gruveganger), bevegelse av steiner i oppstrøms skråning på steinfyllingsdammer, innsynkinger, langsgående oppsprekking, forskyving av steiner på murdammer, forskyving av eller ustabil grunn ved trykkrør.

Metoder for annen overvåking kan for eksempel være bruk av sprekkmåler, manuell fotografering, fly-/dronefotografering, ikke-destruktive målemetoder som lav-energi stråling/radarbølger, elektrisk tomografi, akustisk tomografi, seismisk tomografi, spektralanalyse av overflatebølger, resistivitetsmåling, sporingsforsøk, temperaturmålinger med fiber.

Innsamling av data fra annen overvåking vil inngå i revurdering eller kan utløse fremskyndet revurdering.

Ved planlegging og utførelse av annen overvåking bør det vurderes å benytte kvalifiserte fagpersoner.

Annen overvåking kan bli pålagt av NVE, jf. § 8-2.

5 Interntilsyn

Dette kapittelet benyttes ved utarbeidelse av delen om interntilsyn i plan for overvåking, se kapittel 4.1 og 4.1.1, og gjennomføring av interntilsyn.

Damsikkerhetsforskriften stiller krav til to nivåer for rutinemessig interntilsyn: periodisk tilsyn og hovedtilsyn. I tillegg stilles krav om gjennomføring av spesielt tilsyn dersom det oppstår unormale situasjoner eller anlegget har blitt utsatt for store påkjenninger. Damsikkerhetsforskriften stiller ikke krav om driftstilsyn, men har krav til tilsynspersonell, jf. § 2-5, og driftsprosedyrer, jf. § 7-1.

§ 7-2 fjerde ledd: Det stilles følgende krav til gjennomføring av interntilsyn:

<i>Tilsynsnivå</i>	<i>Tilsynshyppighet</i>	<i>Tilsynsomfang</i>	<i>Utførende personell</i>
<i>Periodisk tilsyn</i>	<i>Anlegg i konsekvensklasse 1-4: Minst en gang pr. år</i>	<i>Inspeksjon av tilstand ut fra forhåndsdefinert omfang, kontroll av gyldighet av innhentede data i perioden</i>	<i>Kvalifisert tilsynspersonell. VTA minst hvert annet år</i>
<i>Hovedtilsyn</i>	<i>Anlegg i konsekvensklasse 2-4: Minst hvert femte år Anlegg i konsekvensklasse 1: Minst hvert sjuende år</i>	<i>Gjennomgang av periodiske tilsyn, omfattende inspeksjon og vurdering av tilstand og funksjonsdyktighet, vurdering av overvåkingsbehov og -resultater og behov for fremskyndet revurdering, jf. § 7-5</i>	<i>VTA og annen person med tilsvarende kompetanse</i>
<i>Spesielt tilsyn</i>	<i>Anlegg i konsekvensklasse 1-4: Under og etter unormale situasjoner/ store påkjenninger på anlegget</i>	<i>Undersøke om anlegget tåler/har tålt påkjenningene</i>	<i>VTA</i>

Tabell 7-2.1 Interntilsyn

Hensikten med interntilsynet er å avdekke unormale forhold ved vassdragsanlegg gjennom visuelle observasjoner, tilstandsvurdering og funksjonstesting.

Når det registreres skader ved interntilsyn, kan det være aktuelt å iverksette målinger og for eksempel vurdere største tillatte lengde og bredde på en sprekk før det er nødvendig med tiltak.

5.1 Periodisk tilsyn

Periodisk tilsyn er en visuell inspeksjon av tilstanden ut fra et forhåndsdefinert omfang, og er i tillegg en kontroll av gyldigheten (kvaliteten) av innhentede måleverdier fra instrumentering og manuelle målinger i perioden siden forrige periodiske tilsyn.

5.1.1 Hyppighet og tidspunkt

Periodisk tilsyn skal utføres minst en gang i året for anlegg i konsekvensklasse 1-4. For dammer anbefales det normalt at tilsynet gjennomføres ved vekselvis høy og lav vannstand. For nedgravde trykkrør og dammer fundamentert på løsmasser kan det være hensiktsmessig å utføre enkelte periodiske tilsyn ved barfrost, da issvuller vil kunne indikere eventuelle lekkasjer som ellers kan være vanskelige å observere. Tilsvarende vil tilsyn etter tørre perioder kunne avsløre lekkasjer pga. fuktige partier på terrengoverflaten.

5.1.2 Personell

Periodisk tilsyn skal utføres av kvalifisert tilsynspersonell, jf. § 3-4. I tillegg skal VTA delta på det periodiske tilsynet minst annet hvert år.

5.1.3 Omfang

Alle tilgjengelige anleggsdeler med bruddkonsekvenser tilsvarende konsekvensklasse 1-4 skal inspiseres, inkludert fundament og instrumentering.

Omfanget av inspeksjonen skal være forhåndsdefinert, fortrinnsvis gjennom sjekklister tilpasset det aktuelle anlegget. Innspill til utarbeidelse av sjekklister er gitt i vedlegg 2. Vedlegg 3 viser eksempel på hva sjekklister for periodisk tilsyn av en dam bør inneholde. Ved inspeksjonen kontrolleres også om det har vært en utvikling i tidligere registrerte skader, og om det har oppstått nye skader eller avvik siden forrige inspeksjon.

Det skal kontrolleres at vannstandsskala er intakt.

Gyldigheten (kvaliteten) og nøyaktigheten til automatiske målinger og fjernavlesninger kontrolleres mot manuelt avleste/målte verdier under tilsynet. Eventuelle avvik skal registreres.

5.1.4 Dokumentasjon

Det periodiske tilsynet skal dokumenteres skriftlig, helst i form av utfylte sjekklister, supplert med relevant fotodokumentasjon. Skader som kan ha sikkerhetsmessig betydning, skal tydelig framgå av rapporteringen. All dokumentasjon fra tilsynet skal rapporteres til VTA uten unødig opphold, jf. § 2-5.

5.2 Hovedtilsyn

5.2.1 Hyppighet og tidspunkt

Hovedtilsyn skal gjennomføres hvert femte år for anlegg i konsekvensklasse 2-4 og hvert sjuende år for anlegg i konsekvensklasse 1, etter en tidsplan tilpasset anleggets revurderingssyklus.

Tidspunkt for tilsynet bør ses i sammenheng med resultatene fra periodisk tilsyn, instrumentering og målinger. Dersom overvåkingen for eksempel har avdekket unormale lekkasjer i en dam, bør tilsynet legges til et tidspunkt med høy magasin vannstand, når lekkasjene ventes å være på det største. Ellers bør det vurderes inspeksjoner ved vekselvis høy og lav vannstand, vannsideinspeksjon ved lav vannstand.

5.2.2 Personell

Hovedtilsynet utføres av VTA sammen med en annen person med tilsvarende kompetanse, eksempelvis en annen VTA eller NVE-godkjent fagansvarlig innen relevant fagområde. Hensikten med dette er å se på anlegget med «friske øyne». Det vil normalt være en fordel om «annen» VTA har sammenlignbare anlegg i sin portefølje.

Tilsynspersoner som utfører det periodiske tilsynet ved anlegget, og stedfortredende VTA bør også delta på inspeksjonen. Tilsynspersoner bør delta for å forklare tidligere observasjoner og utvikling over tid. VTA bør benytte hovedtilsynet til opplæring, jf. § 2-4 f).

5.2.3 Omfang

Alle tilgjengelige anleggsdeler med bruddkonsekvenser tilsvarende konsekvensklasse 1-4, skal inspiseres, inkludert fundament og instrumentering.

I forkant av inspeksjonen bør det kontrolleres at det foreligger dokumentasjon av anlegget opp mot krav i damsikkerhetsforskriften og IK-vassdrag. Det er ikke et krav at slik kontroll skal foretas i forbindelse med hovedtilsyn, men dette kan være et egnet tidspunkt. Som et minimum bør det kontrolleres at det foreligger vedtak om konsekvensklasse, gyldige flomberegninger og tegninger. Flomløp bør kontrolleres med oppmålinger. Se for øvrig vedlegg 4.

Det skal foretas en gjennomgang og vurdering av resultatene fra periodiske tilsyn utført etter forrige hovedtilsyn og helst også resultatene fra forrige hovedtilsyn og revurdering. Dersom periodisk tilsyn inngår i hovedtilsyn, skal tilsynsomfanget angitt for periodisk tilsyn inngå i hovedtilsynet, jf. kapittel 5.1.3.

For dammer som har krav til måling av deformasjoner, bør måling foretas i forkant av hovedtilsyn.

Presentasjon av målinger og eventuelt registrert skadeutvikling fra interntilsynet, må foreligge før hovedtilsynet for å vurdere trender og tegn på reduksjon av anleggets sikkerhetsnivå.

Det skal vurderes om rutinene for periodisk tilsyn i plan for overvåking fungerer hensiktsmessig. Sjekklistene skal evalueres og eventuelt oppdateres.

Inspeksjoner ved hovedtilsyn skal være omfattende og grundigere enn inspeksjonene ved periodisk tilsyn. I tillegg til en omfattende visuell inspeksjon, bør det vurderes om det kan være behov for å ta materialprøver eller utføre andre kontroller, se kapittel 4.1.4.

Det skal kontrolleres at instrumentering, inklusiv vannstandsskala, er lett tilgjengelig, intakt og at måleverdier er representative og levert i henhold til fastsatt hyppighet/uten avbrudd. Se for øvrig kapittel 6.2 om instrumentering.

Fra § 5-14 a) første ledd:

Funksjonalitet og vern skal testes minst ved hvert hovedtilsyn etter et program som er tilpasset stenge- og tappeorganets funksjon og driftsforhold.

Testingen av funksjonalitet og vern for alle stenge- og tappeorganer i dammer og vannveier med betydning for anleggets sikkerhet, konstruksjon eller funksjon skal utføres etter et program tilpasset det enkelte organs funksjon og driftsforhold.

For dammer omfatter dette blant annet funksjonstesting av alle stenge- og tappeorganer som benyttes ved flomavledning og senking av magasinet for tørrlagging eller beredskapsmessig senking. For rørbruddsventil eller annet nødstengeorgan i vannveien skal også automatisk og fjernutløst stenging funksjonstestes. For å dokumentere at anleggsdelene fungerer som forutsatt, bør funksjonstesting skje ved høyest mulig vanntrykk.

Vedlegg 4 angir mulige tilleggskontroller ved hovedtilsyn.

Tilstand til anleggsdelene vurderes på bakgrunn av gjennomgang av periodiske tilsyn, inspeksjon og testing. Systematikken fra NS 3424:2012 med veileder kan være formålstjenlig.

Det skal vurderes behov for endret overvåking og fremskyndet revurdering.

5.2.4 Dokumentasjon

Hovedtilsynet skal dokumenteres i en rapport som beskriver tilstand og funksjonsdyktighet for alle anleggsdeler, sammen med en vurdering av anleggets sikkerhet.

Dersom det konkluderes med behov for endret overvåking eller fremskyndet revurdering, skal dette fremgå tydelig i rapporten.

VTa skal rapportere avvik og forslag til sikkerhetstiltak til leder, jf. § 2-4 c).

Det er ikke krav om innsending av hovedtilsynsrapporter til NVE, men NVE kan be om å få rapporter fremlagt, jf. § 8-1, for eksempel ved revisjon av internkontrollsystemet.

5.2.5 Forslag til oppbygging og innhold av hovedtilsynsrapport

Innledning

- navnet til den ansvarlige for vassdragsanlegget, jf. § 2-1
- navn og id. -nummer til vassdragsanlegget (Damdatabasen SIV)
- konsekvensklasse til vassdragsanlegget, med dato for vedtak
- godkjente flomberegninger, med dato for vedtak
- tidspunkt for inspeksjon
- navn og rolle til deltakere
- forfatter av hovedtilsynsrapporten

Konklusjon

- oppsummering av anleggets sikkerhetsnivå og funksjonsdyktighet
- oppsummering om behov for endret overvåking eller fremskyndet revurdering

Rapportens hoveddel

- beskrivelse av vassdragsanlegget
- vurdering av gjennomføring av periodiske tilsyn og behov for endringer i plan for overvåking
- oppsummering av funn fra dette hovedtilsynet og foregående tilsyn, med trender
- oversiktlig presentasjon og vurdering av måleverdier, med trender

- vurdering av tilstand og funksjonsdyktighet for alle anleggsdeler basert på tilsynene, målingene og funksjonstestene
- anbefalinger om eventuelle tiltak, med fremdriftsplan
- vurdering av videre overvåkingsbehov, eventuelt utover minimumskravet i § 7-2
- vurdering av behov for fremskyndet revurdering
- vurdering av dokumentasjonen av anlegget, se vedlegg 4

Vedlegg

- hoveddata for vassdragsanlegget, inkludert hydrologiske data (kan hentes fra Damdatabasen SIV)
- kart, oversiktstegning, grunnriss, oppriss og snitt, fotografier, sjekklister fra periodiske tilsyn, dokumentasjon fra hovedtilsynsinspeksjon, bearbeidede og analyserte måleverdier og eventuell annen relevant dokumentasjon
- historisk oversikt over fornyelser
- historisk oversikt over eventuelle ulykker eller uønskede hendelser som har oppstått ved vassdragsanlegget

5.3 Spesielt tilsyn

Spesielt tilsyn av vassdragsanlegg skal utføres under og/eller snarest mulig etter unormale situasjoner eller store påkjenninger. Hensikten er å undersøke om sikkerheten er redusert.

Eksempler på behov for spesielt tilsyn kan være plutselig lekkasjeøkning, stor flom, skred/utglidning, tilstopping av flomløp, isgang, storm, fastkiling av luke eller annen manøvreringssvikt.

Dersom det er behov for å inspisere flere anlegg under eller etter en hendelse, bør anleggene prioriteres ut fra konsekvensklasse, antatt tilstand og sårbarhet.

5.3.1 Personell

Spesielt tilsyn skal utføres av VTA, som bør vurdere om det er behov for bistand fra ekstern kompetanse, for eksempel NVE-godkjente fagansvarlige eller ingeniørgeolog.

Dersom det er behov for å inspisere flere anlegg samtidig, for eksempel under stor flom, kan foreløpig inspeksjonen utføres av annet tilsynspersonell, men VTA må utføre det spesiell tilsynet så snart som mulig.

5.3.2 Omfang

Spesielt tilsyn skal klarlegge om det har oppstått skader på anlegget, eller om tidligere registrerte skader har forverret seg. Dersom det avdekkes skader som kan innebære en reduksjon i anleggets sikkerhet, må det vurderes om det skal iverksettes utvidet overvåking, nedtapping eller akutte anleggstekniske tiltak.

Anleggstekniske tiltak kan være å etablere reserveflomløp, fjerne rekkverk/gangbane og/eller erosjonssikring av flomvei/dam. I tillegg kan det være aktuelt å sikre tilgjengelighet for mannskaper og utstyr i en beredskapssituasjon.

5.3.3 Dokumentasjon

Spesielt tilsyn dokumenteres i en kortfattet rapport som angir årsaken til at tilsynet er gjennomført. Rapporten skal beskrive eventuelle skader sammen med en vurdering av skadenes årsak og betydning

for anleggets sikkerhet. Det må framgå om det er behov for/iverksatt tiltak eller fremskyndet revurdering.

Rapporten skal videreformidles til leder, jf. § 2-4 c).

Dersom tilsynet avdekker en ulykke eller uønsket hendelse, vil tilsynsrapporten normalt inngå i redegjørelsen som skal sendes NVE, jf. § 7-11 og veileder nr. 1/2014 «Melding om ulykke eller uønsket hendelse».

6 Instrumentering og målinger

Dette kapitlet benyttes ved utarbeidelse av delen om instrumentering og målinger i plan for overvåking, se kapittel 4.1 og 4.1.2, og ved gjennomføring av målinger. Kapitlet kan med fordel også benyttes ved utarbeidelse av delen om instrumentering i tekniske planer, jf. § 5-2, og ved revurdering av eksisterende vassdragsanlegg.

Eventuelle dispensasjoner fra krav til instrumentering kan bare gis dersom konstruktiv sikkerhet, overvåkingsbehov eller beredskap blir forsvarlig ivaretatt.

Dersom måleverdier anses som sensitive, skal de behandles etter § 7-8.

6.1 Formål

Instrumentering og målinger kan avdekke om vassdragsanlegg oppfører seg som forutsatt og skal bidra til tidlig avdekking av forhold som kan føre til reduksjon av sikkerheten.

Resultater fra målinger kan brukes som grunnlag for interntilsyn, revurdering og beredskap.

Instrumentering og målinger bidrar til økt kunnskap om anleggets konstruktive sikkerhet og er en forutsetning for tilpasset oppfølging av det enkelte vassdragsanlegg.

I tillegg til kravene om instrumentering i damsikkerhetsforskriften, spesifisert i kapitlene 6.2 og 6.3, kan det være behov for instrumentering for å dokumentere at vilkår i konsesjon etter vassdragslovgivningen er oppfylt.

6.2 Krav til instrumentering

Damsikkerhetsforskriften stiller funksjonelle krav til måleinstrumenter og andre måleinnretninger.

§ 7-2 sjette ledd: Måleinstrumenter og andre måleinnretninger skal være driftssikre, nøyaktige og lette å avlese og skal være plassert slik at de gir representative måleverdier. Systemet for overføring av måleverdier skal være sikret mot funksjonssvikt. Måleinstrumenter, måleinnretninger, system for overføring av signaler og måleverdier skal kontrolleres jevnlig. Måleverdier og eventuelt tilhørende tidsangivelse skal være angitt i standardiserte referansesystemer.

Instrumenteringen må tilpasses måle- og avlesningshyppighet og målenøyaktighet for å sikre korrekte og pålitelige måleresultater.

Driftssikkerhet av målesystemer er avhengig av sikker strømforsyning og sikre linjer eller nettilgang for overføring av signaler. I tilfeller der den ansvarlige anser at tap av måledata kan være kritisk mht.

sikkerhet eller beredskap, må det vurderes etablering av alternativ strømforsyning, supplerende eller dublerede måleinstrumenter og systemer for overføring av måleverdier.

Måleinstrumenter, andre måleinnretninger og system for signaloverføring bør testes før installasjon. Sensorer bør leveres med kalibreringssertifikat.

Nøyaktighet av målinger skal tilpasses formål med målingene, måleområde og grenseverdier og har betydning for valg av instrumenter. Eksempel på nøyaktighet til måleinstrumenter og andre måleinnretninger er vist i vedlegg 6. Nøyaktigheten må ivaretas uavhengig av naturgitte forhold som temperatur, vind og nedbør/fuktighet.

For å sikre tilfredsstillende nøyaktighet av instrumenter over tid, må disse kontrolleres og kalibreres jevnlig som en del av interntilsynet og i henhold til leverandørens spesifikasjoner. Kontroll og kalibrering bør kunne utføres raskt og enkelt, uavhengig av leverandør.

Det kontrolleres minimum ved periodisk tilsyn at registrerte måleverdier på driftssentral er i overensstemmelse med målte verdier ved anlegget. Avvik kan skyldes feil ved instrumenter, overføringer eller automatisk dataregistrering/databearbeiding.

Vedlegg 8 gir informasjon om utstyr (instrumenter), andre måleinnretninger, målemetoder og om krav til nøyaktighet.

Omfang og plassering av instrumenter for hver av måleparameterne i § 7-2 tabell 7-2.2 er omtalt i kapittel 6.3.

Standardisert referansesystem for høyder er NN2000 fra 2018 og for horisontale koordinater EUREF89 UTM med oppgitt sone eller EUREF89 NTM (sekundær offisiell projeksjon som er innført for bygg- og anleggsbransjen) med oppgitt sone.

Dersom måleverdier, grenseverdier, verdier på tegninger og i beregninger er oppgitt i annet system skal forskjellen til standardiserte referansesystemer fremgå av dokumentasjon.

Presentasjon av vannstand, poretrykk og vertikalkompetent av deformasjoner gis i samme høydesystem, som normalt relateres til HRV, oveløpsterskel eller normalt høyeste vannstand. Differansen mellom benyttet høydesystem og NN2000 skal fremgå.

For magasiner (og dammer) anlagt med hjemmel i konsesjon etter vassdragslovgivningen, er fastsatte kotehøyder for HRV og LRV en del av konsesjonen. Disse kotehøydene kan være gitt i lokalt høydesystem eller i høydesystemene NN1954 eller NN2000. Hvis høydesystem i konsesjon er et annet enn NN2000, skal differansen fremgå, i samsvar med opplysningsskilt ved reguleringsmagasin.

Tidsangivelse med dato, og klokkeslett der det er relevant, entydig i forhold til sommertid og vintertid, skal angis for alle målinger.

Hyppighet av målinger og avlesninger tilpasses formål med målingene, måleområde og beredskap. Dette kan gjelde kontroll av forutsetninger om laster og reaksjoner og behovet for å kunne identifisere og håndtere unormale situasjoner så tidlig som mulig.

Hyppighet må utføres med hensiktsmessige tidsintervall tilpasset hver enkel dam ut fra damtype og fundament, dammens tilstand og oppførsel og behovet for å forklare utvikling over tid, se kapitlene 6.3.1-6.3.4. Det kan være nødvendig med kontinuerlig måling/avlesning, se kapittel 2.

Vedlegg 9 viser anbefalt hyppighet avhengig av konsekvensklasse og damtype/fundament for måleparametre, se kapittel 6.3, for dammer med tilfredsstillende konstruktiv sikkerhet.

6.3 Måleparametere

Damsikkerhetsforskriften § 7-2 femte ledd, tabell 7-2.2, om instrumentering i driftsfasen omfatter fyllingsdammer og betong- og murdammer. For andre damtyper og vannveier skal behov for instrumentering og målinger vurderes i hvert enkelt tilfelle, jf. § 7-2 første ledd.

§ 7-2 femte ledd: Det stilles følgende krav til instrumentering for måling av dammer: Dammer i konsekvensklasse 1 skal ha vannstandsskala for overvåking av vannstand. Dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 skal ha instrumentering for måling av følgende måleparametere:

Damtype	Klasse	Vannstand	Lekkasje	Deformasjoner	Poretrykk
Fyllingsdam fundamentert på god berggrunn	2, 3, 4	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	
Fyllingsdam fundamentert på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	2, 3, 4	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>
Betong- og murdam fundamentert på god berggrunn	3, 4	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	
	2	<u>x</u>	<u>x</u>		
Betong- og murdam på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	3, 4	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>
	2	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>

Tabell 7-2.2 Instrumentering og måling av dammer

Der det forutsettes god berggrunn, må dette være dokumentert.

For enkelte dammer kan det være behov for instrumentering og målinger utover minimumskravene. Dette kan typisk være støttemålinger som er nødvendige for å tolke øvrige målinger. Det kan også være aktuelt med utvidet instrumentering for innsamling av data til framtidige revurderinger eller overvåking av spesielle forhold. Slik instrumentering kan være aktuell for både damkonstruksjon, fundament, vederlag, nærområdet og nedbørfeltet.

Kapitlene nedenfor angir hva som skal til for å oppfylle kravene i damsikkerhetsforskriften tabell 7-2.2 og § 7-2 sjette ledd.

6.3.1 Vannstandsmåling

Vannstanden måles som referanseverdi for målinger av lekkasje, deformasjoner og poretrykk, og for å sikre at luker manøvreres i henhold til manøvreringsreglement og driftsprosedyrer. Videre kan måleresultatene benyttes til å estimere størrelsen på flommer og til bruk i framtidige flomberegninger.

Vannstandsmåling muliggjør også registrering av utilsiktede vannstandsendringer ved for eksempel lekkasje, tilstopping, manøvreringssvikt eller brudd. Registrering av vannstand er viktig sett i sammenheng med islast og bølger. Vannstandsmålinger inngår ved vurdering og presentasjon av alle øvrige måleparametere.

For å sikre representative verdier må målingene utføres så nær dammen som mulig og slik at de gir måleverdier opp til maksimal flomvannstand (MFV). Målingene må ikke forstyrres av strømmende vann ved for eksempel flomløp og inntak.

For dammer i konsekvensklasse 1 er det tilstrekkelig med målestav med vannstandsskala som viser vannstanden, men alternative målesystemer kan benyttes. Målestav bør settes opp ved alle dammer i konsekvensklasse 2-4 for manuell avlesning av vannstanden for kontroll av instrumenteringen og til støtte i beredskapssituasjoner. Målestaven bør plasseres lett synlig og må dekke vannstander fra maksimal flomvannstand (MFV) til minst 1 meter under høyeste regulerte vannstand (HRV), helst så langt ned som mulig. Plasseringen bør også være tilrettelagt for kontroll av fastmerkebolter der slike er etablert. Vannstandsskalaen skal ha cm- og metermerking og angivelse av kotehøyde (moh.). Målestaven avleses ved alle interntilsyn. Måling av vannstand relateres til NN2000, se kapittel 6.2.

For dammer tilhørende reguleringsmagasin med vassdragskonsesjon, vises til enhver tid gjeldende NVEs *Retningslinjer for registrering av vannstand i regulerte vannmagasin*. Retningslinjene angir blant annet at alle dammer skal utstyres med vannstandsskala, og skalaen skal om mulig dekke hele reguleringsområdet.

For dammer i konsekvensklasse 2-4 skal kontinuerlige målinger/avlesninger utføres når det er nødvendig raskt å oppdage og håndtere unormal høy eller lav vannstand, eller unormal endring av vannstand. Kontinuerlig måling/avlesning av vannstand er også viktig hvis den er senket av sikkerhetsmessige hensyn.

6.3.2 Lekkasjemåling

For dammer i konsekvensklasse 2-4 skal det måles lekkasje.

Lekkasjer og lekkasjeøkninger i dam eller fundament kan redusere anleggets sikkerhetsnivå, det gjelder særlig for fyllingsdammer og for dammer fundamentert på løsmasser.

Lekkasjemålesystemer skal plasseres slik at de gir representative måleverdier og bør derfor, om mulig, plasseres frostfritt og på et sted hvor de er minst mulig påvirket av eventuelt bakvann og lokaltilsig fra nedbør og snøsmelting på eller nedstrøms dammen. Instrumentering og måleområde må dekke både normale lekkasjeverdier og grenseverdier for beredskap og gjerne noe høyere verdier.

Lekkasje registreres normalt i liter per sekund (l/s) og med entydig angivelse av tidspunkt, sammen med magasin vannstand for referanse. Dersom tilsig fra snøsmelting og nedbør kan påvirke lekkasjemålingene, kan det også være nødvendig å registrere temperatur og nedbør for å korrigere måleresultatene.

Lekkasjemålinger må korrigeres for eventuell påvirkning av bakvann og drenasjevann.

For å avdekke unormale lekkasjer og utviklingen av lekkasjer over tid bør måleresultatene presenteres grafisk som funksjon av henholdsvis tid og vannstand.

Fyllingsdammer

For fyllingsdammer i konsekvensklasse 2 - 4 er det normalt nødvendig med kontinuerlig måling/avlesning.

Lekkasje gjennom damkropp og fundament skal samles opp og ledes til ett eller flere målesteder, tilpasset den enkelte dam. Ledevægger og fangdammer langs damfundamentet bør fortrinnsvis være innbygd i støttefyllingen, mens målekummer med v-overløp og instrumenter kan plasseres i målehus

innbygd i fyllingen eller plasseres nedstrøms dammen. Lekkasjevannet ledes gjennom rør eller i friskeilskanal fra fangdam til målekum.

Mengdene av oppløst eller suspendert materiale i lekkasjevannet er en viktig indikator på erosjon og massetransport i damkropp eller fundament. Ved mistanke om indre erosjon bør lekkasjemålingen utvides med andre målemetoder/parametere for å detektere mulig indre erosjon. Dette er særlig aktuelt der det tidligere er registrert unormalt høye lekkasjer, synkehull, blakket lekkasjevann eller sedimenter i målekummen.

Betongdammer

For betongdammer fundamentert på god berggrunn og uten utpregede lekkasjer, kan det være tilstrekkelig å tilrettelegge for representativ visuell observasjon, gjerne med fotodokumentasjon, av lekkasjer ved interntilsyn. Dersom det avdekkes lekkasjer av betydning for sikkerheten, må det instrumenteres for lekkasjemåling. Omfang og hyppighet av målingene tilpasses den enkelte dam.

Målbare lekkasjemengder vil oftest være konsentrert langs støpeskjøter, fuger og kontaktflate mot fundament, eventuelt gjennom selve fundamentet.

Murdammer

Murdammers konstruksjon har betydning for hvordan stabilitet og sikkerhet påvirkes av lekkasjer, og har følgelig også betydning for behovet for instrumentering for lekkasjemåling.

Murdammer med gjennomgående mørtel i fugene betraktes som betongdammer med hensyn til lekkasjemåling. Murdammer som har likhetstrekk med fyllingsdammer instrumenteres for kontinuerlig lekkasjemåling, tilsvarende som for fyllingsdammer. For murdammer med annen oppbygging må omfang og hyppighet av lekkasjemålingene tilpasses den enkelte dam. Blant annet må behovet for kontinuerlig lekkasjemåling ses i sammenheng med eventuelt behov for å kunne fange opp overskridelser av grenseverdier for beredskap.

6.3.3 Deformasjonsmålinger

Deformasjoner måles for å kontrollere at det ikke foregår indre skadeprosesser eller unormale bevegelser i dam eller fundament. Deformasjoner måles normalt på overflaten, men det bør også vurderes måling av indre deformasjoner, som for eksempel kan foretas med inklinometer, ekstensiometer og pendel/omvendt pendel. Måling bør skje i forbindelse med hovedtilsyn.

Deformasjoner på overflaten måles normalt med bruk av faste bolter og med fastmerker som referansepunkter. Fastmerkene må være plassert på stabil grunn og utenfor dammens påvirkningssone. Det kan benyttes geodetiske målemetoder eller andre dokumenterte målemetoder, som for eksempel laserskanning, sonar, radar eller satellittmålinger med InSAR, se vedlegg 5.

Innmåling av fastmerker og måling av deformasjoner relateres til i standardiserte referansesystemer, se kapittel 6.2.

Deformasjoner måles vanligvis i mm, og sammenstilles med målinger av vannstand og temperatur der dette kan påvirke måleresultatene. For å synliggjøre trender og skadeutvikling over tid, bør resultatene presenteres grafisk sammen med andre måleparametere som kan påvirke målingene.

Fyllingsdammer

Fyllingsdammer i konsekvensklasse 2 - 4 skal ha instrumentering for måling av deformasjoner.

Fyllingsdammer vil «sette seg» over tid, spesielt de første årene etter bygging. Det er spesielt viktig å overvåke at krav til fribord overholdes over tid. Større deformasjoner kan skyldes uegnede materialer, dårlig utførelse/komprimering eller grunnforhold/topografi i fundamentet. Fyllingsdammer kan for øvrig få deformasjoner pga. bølge- og iserosjon og nedbør/flom (se vedlegg 1).

Minimumsomfang av bolter for måling med geodetisk metode, er gitt i vedlegg 5. Normalt vil det være tilstrekkelig med kontrollmåling av kjernebolter, kronebolter og skråningsbolter ved hvert hovedtilsyn, fortrinnsvis i forkant av tilsynet. De første årene bør målingene skje oftere.

Måleresultatene presenteres grafisk som funksjon av tid.

Betongdammer

Betongdammer i konsekvensklasse 3 og 4 skal instrumenteres for måling av deformasjoner. Måling av deformasjoner bør vurderes også for dammer i konsekvensklasse 2.

Betongdammer kan være utsatt for deformasjoner eller forskyvninger på grunn av laster fra vanntrykk og poretrykk, istrykk, alkalireaksjoner eller jordskjelv. Dammer på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner vil i tillegg kunne være utsatt for deformasjoner i fundamentet.

Minimumsomfang av bolter for måling med geodetisk metode, bør være 3 kronebolter på mindre dammer. For dammer lengre er 50 m, bør avstand mellom boltene ikke overstige 25 m. Damdeler som kan bevege seg i forhold til hverandre bør utstyres med minst en bolt.

Deformasjonene i spesielt hvelvdammer, vil variere med temperatur og vannstand. Målinger av deformasjoner for denne damtypen må derfor suppleres med temperatur- og vannstandsmålinger, slik at det kan skilles mellom naturlige elastiske deformasjoner og eventuelle plastiske deformasjoner som følge av overbelastning eller indre skademekanismer.

For hvelvdammer må det vurderes om overvåking av deformasjoner også skal omfatte vederlag og fundament. Det samme gjelder for betongdammer fundamentert på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner. Ved fare for utglidninger i vederlag eller fundament, må det instrumenteres for kontinuerlig deformasjonsmåling med varsling ved overskridelse av grenseverdier for beredskap.

Ved alkalireaksjoner er det særlig viktig å overvåke deformasjonene i områder nær flom- og tappeluker, slik at den ansvarlige kan iverksette tiltak i god tid før deformasjonene blir så store at det er risiko for fastkiling.

Normalt vil det være tilstrekkelig å måle deformasjonene i forbindelse med hovedtilsyn. Dersom det imidlertid oppdages skader i kritiske konstruksjonsdeler må det vurderes å øke hyppigheten.

Kontinuerlig måling/avlesning av deformasjoner anbefales ved overskridelse av normale verdier, spesielt er dette viktig for hvelvdammer.

Murdammer

Murdammer i konsekvensklasse 3 og 4 skal instrumenteres for måling av deformasjoner. Måling av deformasjoner anbefales for dammer i konsekvensklasse 2, spesielt for murdammer som har likhetstrekk med fyllingsdammer.

Murdammer kan være utsatt for deformasjoner eller forskyvninger på grunn av laster fra vanntrykk og poretrykk, istrykk eller jordskjelv. Dammer på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner vil i tillegg kunne være utsatt for deformasjoner i fundamentet.

Murdammer varierer svært mye i konstruksjon og statisk virkemåte, fra dammer som betraktes som gravitasjonsdammer i betong til dammer som har flere likhetstrekk med fyllingsdammer, jf. retningslinjer for murdammer. Murdammers konstruksjon har betydning for hvordan deformasjoner påvirker stabilitet og sikkerhet og for behovet for instrumentering for deformasjonsmåling.

Murdammer konstruert slik at de kan betraktes som gravitasjonsdammer, kan instrumenteres for deformasjonsmålinger tilsvarende som betongdammer. Murdammer som har likhetstrekk med fyllingsdammer bør vurderes instrumentert tilsvarende som fyllingsdammer. For murdammer med annen oppbygging må omfang og hyppighet av deformasjonsmålingene tilpasses den enkelte dam.

Murdammer uten betongplate på vannsiden vil typisk kunne ha lokale deformasjoner ved utglidning av enkeltsteiner og bør vurderes instrumentert dersom utglidninger er observert.

6.3.4 Poretrykksmåling

Poretrykkmåling skal utføres for dammer i konsekvensklasse 2 – 4 bygd på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner. Dersom det regnes med redusert poretrykk i forhold til anvisninger gitt i retningslinjer/veiledere for fyllingsdammer, betongdammer og murdammer, skal det måles poretrykk uavhengig av type fundament og konsekvensklasse.

Dammer med injeksjonsskjermer og/eller drenasjesystemer skal kontrolleres for poretrykk. Reduksjon i poretrykk pga. injeksjonsskjerm, avhenger av blant annet plassering, tetthet og dybde av injeksjonsskjermer. Drenasjesystem kan gå tett over tid og gi et annet poretrykk enn forutsatt. Usikkerheter knyttet til effekten injeksjonsskjermer og drenasjesystemer kan derfor reduseres med måling av poretrykk.

Måling av poretrykk kan forklare og stedfeste lekkasjer eller uforutsett vanngjennomstrømning. De færreste fundamenter er kartlagt i tilstrekkelig detalj til at det kan forutses hvordan poretrykksfordelingen vil være. Det kan derfor være formålstjenlig å instrumentere massive betongdammer for poretrykksmåling, også der det ikke er etablert drenasjesystem ved dammen.

Poretrykk kan måles med piezometere eller vannstandsør. Målinger av poretrykk utføres i flere punkter, både i bredde og lengderetning av dammen. Målinger må dekke representative glideplan. Antall målepunkter og plassering av disse, må forøvrig tilpasses aktuell dam og ikke minst fundamentets egenskaper.

Hyppigheten av målingene må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Behovet for kontinuerlig måling/avlesning må ses i sammenheng med eventuelt behov for å kunne fange opp overskridelser av grenseverdier for beredskap. Kontinuerlig måling/avlesning kan være spesielt viktig for dammer prosjektert med drenasje og redusert poretrykk.

For å synliggjøre trender og endringer i poretrykket over tid, bør resultatene dokumenteres i m eller kN/m² og presenteres grafisk sammen med andre måleparametere som kan påvirke målingene, for eksempel vannstand, temperatur og lekkasje. Målingene presenteres i standardiserte referansesystemer, se kapittel 6.2.

Poretrykksmåling i driftsfasen foretas på instrumentene som er installert for å følge opp byggefase og første oppfyllingsfase. Dersom poretrykksmålere ikke er installert, må de etableres.

Anbefalt litteratur

OED, FOR-2009-12-18-1600 Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)

OED, FOR-2011-10-28-1058 Forskrift om internkontroll etter vassdragslovgivningen (IK-vassdrag)

NVE (1/2018): Revurdering av vassdragsanlegg. Veileder til damsikkerhetsforskriften.

NVE (3/2014): Veileder for klassifisering av vassdragsanlegg

NVE (1/2014): Veileder for melding om ulykke eller uønsket hendelse

NVE (4/2012): Veileder for fyllingsdammer, med tillegg

NVE (8/2012): Veileder om planlegging og bygging, med tillegg

NVE (3/2011): Retningslinjer for murdammer

NVE (4/2011): Retningslinjer for flomberegninger, med tillegg

NVE (1/2011): Retningslinjer for stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter, med tillegg

NVE (2005 - Utgave 2): Retningslinjer for betongdammer, med tillegg

NVE (2016): Retningslinjer for hydrologiske undersøkelser - Retningslinjer for registrering av vannstand i regulerte vannmagasin

ICOLD (2014) Bulletin 158: Dam surveillance guide

NS 3424:2012 Tilstandsanalyse av byggverk - Innhold og gjennomføring

Veiledning til NS 3424 - Tilstandsanalyse av byggverk - Innhold og gjennomføring - P-764:2015. 2 (2015-12-01)

ENFO publikasjon nr. 395-2000 Håndbok - Tilstandsbeskrivelse for betong- og fyllingsdammer

RIF 1995: Tilstandsanalyse av betongkonstruksjoner, ISBN: 8291510016

EBL (udatert): Tilstandskontroll av vannkraftverk - håndbok - vannvei, ISBN: 8243601090

NGI (1994). Retningslinjer for instrumentering av norske dammer. Rapport nr. 935058-1.

NVE og Vassdragsregulantenenes forening: Prosjekt damsikkerhet, Hovedrapport, desember 1992

EBL-publikasjon nr. 466-2000: Håndbok for etterinstrumentering av dammer

Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Dunncliff, ISBN: 978-0-471-00546-9, Feb 1994

ASCE Task Committee (2018). Monitoring Dam Performance: Instrumentation and Measurements, ISBN-10: 0784414823, ISBN-13: 978-0784414828

Annen aktuell litteratur om instrumentering og målinger

Standarder:

- ISO 18674-3:2017: Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Geoteknisk overvåking ved feltinstrumentering - Del 3: Måling av forskyvninger på tvers av en linje: Inklinometere (ISO 18674-3:2017)
- NS-EN ISO 18674-2:2016: Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Geoteknisk overvåking ved feltinstrumentering - Del 2: Måling av forskyvning langs en linje: Ekstensiometere (ISO 18674-2:2016)
- NS-EN ISO 18674-1:2015: Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Geoteknisk overvåking ved feltinstrumentering - Del 1: Generelle regler (ISO 18674-1:2015)

ICOLD Bulletins:

- ICOLD Bulletin 138 (2008) General approach to dam
- ICOLD Bulletin 118 (2000) Guideline for automated dam monitoring
- ICOLD Bulletin 87 (1992) Improvement of existing dam monitoring; recommendations and case histories
- ICOLD Bulletin 68 (1989) Monitoring of dams and their foundations
- ICOLD Bulletin 60 (1988) Dam monitoring, general considerations

Publikasjoner:

- FERC: Instrumentation and Monitoring, Chapter 9, Dam Safety Performance Monitoring Program, Chapter 14, revision 2017, Dam Safety, Surveillance Monitoring Plan and Report- Appendices J and K, revision 2014
- FEMA P-1016/Juli 2014 Selecting Analytic Tools for Concrete Dams Address Key Events Along Potential Failure Mode Paths
- Swissdams Publications: Role and duties of Dam Wardens Level 1 surveillance of water retaining facilities - 2015, Messgeraete - kontrollieren und kalibrieren - 2014, Dam Monitoring instrumentation - concepts, reliability and redundancy - 2006, Methods of analysis for the prediction and the verification of dam behaviour - 2003
- Numerical analyses of concrete buttress dams to design dam monitoring, Daniel Svensen, KTH 2016
- Analysis of potential failure modes and re-instrumentation of a concrete dam, R. Malm, E. Nordström, C-O. Nilsson, R. Tornberg and J Blomdahl
- Modern tools for the monitoring of dams; Jean-François Sageau, Hervé Lancon & Géraldine Camp, Pierre Brouillac & Pierre Carreaud, ICOLD 2014
- Adopting remote sensing in dam surveillance: G. Grzanic, O. Lier & I. Ekstrom, Y. Larsen & T.R. Lauknes: ICOLD 2014
- NRS rapport (2014)2: Kartlegging og overvåking av skredfare og infrastruktur ved bruk av radarsatellitter og InSAR metodikk
- Kartlegging av status og potensiale for dronebasert teknologi, Norges vassdrags- og energidirektorat, Statens vegvesen og Jernbaneverket: Rapport nr. 87/2014
- Poretrykk under betongdammer fundamentert på fjell, Marie Rognes, NTNU 2014
- Field Instrumentation - The Link between Theory and Practice in Geotechnical Engineering, E. DiBiagio, Seventh International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, 2013
- Working Group on Uplift Pressure under Concrete Dams. Final Report. Editor: G.Ruggeri, ICOLD European Club, 2004
- Advanced dam engineering for design, construction and rehabilitation, Jansen, R.B, 1998, chapter Instrumentation, pages 751-776

Vedlegg

Vedlegg	27
1 Informasjon om skadeårsaker og skadetyper	28
2 Veiledende om sjekklister for inspeksjoner.....	31
3 Eksempel på sjekklister for periodisk tilsyn	32
4 Mulige tilleggskontroller ved hovedtilsyn	33
5 Eksempler på deformasjonsmålinger	34
6 Veiledende nøyaktighet ved registrerte målinger	36
7 Eksempler på presentasjon av måleverdier.....	37
8 Informasjon om instrumentering og målinger	41
9 Anbefalt hyppighet av målinger	55

1 Informasjon om skadeårsaker og skadetyper

Vedlegget gir informasjon om mulige skadeårsaker og skadetyper, og sammenheng mellom disse, for ulike damtyper og for flomløp og vannveier.

Årsak til skader kan være prosjekteringsfeil, feil i utførelse, feil i materiale, uforutsette laster (for eksempel: jordskjelv, istrykk, poretrykk, ekstrem flom, jøkulhlaup, drivgods), aldring av konstruksjonen og feil ved drift.

Eksempler på skader/feil:

- **fundament og vederlag:** lekkasjer/manglende tetthet, erosjon, utrasing, tett drenasje, utvasking (fjellslepper, karst, gruveganger), mulige ustabile fundament- og terrengpartier
- **konstruksjon:** glidning, velting, unormale setninger, utvasking, ytre erosjon, indre erosjon, bølgeskader, lekkasjer, innsynkinger, sprekkutvikling, utglidning/utrasing, fastkiling av luke

Nedenfor er det gitt mer detaljert oversikt over skadeårsaker og skader fordelt på damtyper, flomløp og vannveier. Matrisene for betongdam og fyllingsdam er sakset fra ENFO publikasjon nr. 395-2000 Håndbok - Tilstandsbeskrivelse av betong og fyllingsdammer, med tillatelse fra Energi Norge.

Betongdam

	Uttøkingssvinn	Plastisk svinn	Plastisk setning	Armeringskorrosjon	Frostsprenning	Frysing i fersk tilstand	Alkalireaksjoner	Utlutning	Sulfatangrep	Syreangrep	Saltangrep	Temp belastning	Temp. i herdnende betong	Kavitasjon	Rennende vann, partikler	Overbelastn./Underdim.	Utstopingsskader
Etter RIF-Håndbok Tilstandsanalyse for Betongkonstruksjon																	
Tilfeldig Avskalling, Bom, Delaminering	•			•	•		•				•	•					
Avskalling langs jern				•													
Riss langs armering		•	•	•													
Diagonale/skråriss/sprekker	•												•			•	
Tilfeldige sprekker	•	•			•	•						•	•			•	
Tversgående riss/sprekker													•			•	
Mørke og fuktige riss	•						•	•									
Krakelering	•	•			•		•	•	•	•	•	•	•				
Riss med utfelling				•			•	•									
Utfelling som gelmasse							•										
Kalk-saltutslag								•									
Rustutfelling				•													
Oppsmuldring/forvitring					•	•	•		•	•	•	•					
Steinreir																	•
Nedbøyning/deformasjoner							•									•	•
Knusning																•	
Overflateslitasje/groper					•									•	•		
Lekkasje	•		•									•	•				•

Vedlegg 1 - Figur 1-1 - Matrise som viser eksempler på sammenheng mellom skadetype og årsaker for betongdammer. Matrisen er sakset fra ENFO publikasjon nr. 395-2000 Håndbok - Tilstandsbeskrivelse for betong- og fyllingsdammer, som referer til Tilstandsanalyse av betongkonstruksjoner. RIF 1995.

Fyllingsdam

	Indre Erosjon				Ytre erosjon				Material og innbyggingskvalitet						
Årsak:	Manglende filterkvalitet	Spenningsomlagring	Separasjon under innbygging	Fundamentlekkasjer	Bølgeerosjon	Bølgeoverskylling	Iserosjon	Nedbør/flom	Lav materialkvalitet	For lite komprimeringsarbeid	Ensgarderte materialer	For høyt innbyggingstempo	Frost og teleskader	Damstedets topografi	Skråningshelninger
Skade/symptom															
A. Unormale lekkasjer:															
Lekkasjer m. blakket vann	•	•	•	•											
Lekkasjer, klart vann			•	•					•		•				
Oppbløtte partier				•											
B. Unormale setninger:															
Store setninger								•	•	•					•
Skjevsetninger										•	•	•	•		•
Differentialsetninger														•	
Innsynkninger	•		•	•	•									•	
Sig, utbulinger							•								•
Tverrgående sprekker														•	
Langsgående sprekker (på krone)									•	•					•
C. Ytre erosjon															
Skader, oppstr. skråningsvern					•		•						•		
Skader, damkrone/ nedstr. skr.						•		•					•		
Oppstrøms fundament					•										
Nedstrøms fundament				•				•							
Flomskader/ overtoppingsskader								•							

Vedlegg 1 - Figur 1-2 - Matrise som viser eksempler på sammenheng mellom skadetype og årsaker for fyllingsdammer. Matrisen er sakset fra ENFO publikasjon nr. 395-2000 - Håndbok - Tilstandsbeskrivelse av betong- og fyllingsdammer

Murdam

Murdammer med sentral tetning av torv, jord eller subbus kan få skader i form av innsynkning av massene i midten og utbuling av murene. Istrykk kan føre til at de øverste steinskiftene i dammen forskyves, særlig dammer med fullt magasin om vinteren kan være utsatt for slike skader.

Steiner kan bringes ut av stilling blant annet pga. istrykk eller vibrasjoner og sug under tapping. Løsriving av steiner i murdammer kan lett føre til økende skader og fare for påfølgende brudd.

VEDLEGG

Lekkasjer kan oppstå når fyllmassene i midten av dammen vaskes ut eller røtter av trær og busker lager kanaler. Ellers er det vanlig at lekkasjer oppstår på grunn av utvasket fugemateriale eller oppsprukket betongplate på vannsiden.

Skadetyper:

Deformasjoner/forskyvning:

Utbuling/utskyving

Steiner forskjøvet eller falt ut

Innsynkning på kronen

Sprekkdannelse på kronen

Lekkasjer:

gjennom dam

gjennom fundament

Erosjon i fundament

Forvitring (stein/mørtel/torv)

Skadeårsaker:

Store lekkasjer

Istrykk og iserosjon

Bølgeerosjon

Bølgeoverskylling

Tetningens tilstand (betong, spekking)

Utvasket sentral tetting

Frost og tele

Utrasing

Vegetasjon i damkroppen

Fundamentsvakheter

Tredam

Tømmerkistedammer og bukkedammer er særlig utsatt for istrykk, råte, lekkasjer, korrosjon i forankringsbolter og andre festepunkter og mekanisk slitasje.

Flomløp og vannveier

Flomløp og vannveier kan være utsatt for erosjon, kapasitetsreduksjon og tilstopping. Luker kan være utsatt for overbelastning, vibrasjoner, utmatting, slitasje, mekaniske skader, korrosjon, sanderosjon, fastkiling, kavitasjon, deformasjoner, forskyvninger, tilstopping.

Forskyvninger av rørfundamentet kan blant annet skyldes setninger i grunnen, feiljusteringer/opprettinger, utknekking og temperaturvariasjoner.

Skader og skadeårsaker er grundig beskrevet i EBL publikasjon Tilstandskontroll av vannkraftverk - håndbok - vannvei, se anbefalt litteratur.

2 Veiledende om sjekklister for inspeksjoner

Plan for overvåking bør inneholde sjekklister for å sikre at alle relevante forhold blir inspisert og dokumentert på en systematisk måte. Sjekklister tilpasses det enkelte anlegget og bør inneholde hoveddata for anlegget og en oppstilling av aktuelle sjekkpunkt for de ulike anleggsdelene.

Anleggsdelene merkes slik at de er lette å referere til. Nummerering eller merking av f. eks. pilarer, platefelt, referansebolter på damkrone, fundamenter for frittliggende rør, bør være konsistent og i henhold til tegninger.

Sjekklistene benyttes for å sikre at alle relevante forhold blir inspisert og dokumentert på en systematisk måte. Sjekklistene bør suppleres med fotografier, enkle tegninger eller skisser for stedfesting av skader.

Sjekklistene bør ha plass for registrering av målinger utført i forbindelse med inspeksjonen, inklusiv kalibreringsmålinger av instrumentering. Dette gjelder både for manuell avlesning under inspeksjon og eventuelle fjernavleste måleverdier fra driftssentralen. Der det er aktuelt bør det også være plass til registrering av støttemålinger som luft- og vanntemperatur.

Sjekklistene bør legge opp til registrering av måleparametere som viser utviklingen av tidligere registrerte skader. Eksempler på dette kan være lengde, bredde og evt. dybde av sprekker og riss, utbredelse (høyde x bredde) av områder med skadet betong, eller størrelsen på forskyvninger eller punktlekkasjer. På den måten vil den ansvarlige få en dokumentasjon av utviklingen til de enkelte skadene over tid, og dermed ha bedre grunnlag for å vurdere hvilke skader som kan være kritiske for anleggets sikkerhetsnivå.

Dersom det skal inspiseres mange anleggsdeler med lik skadeutvikling, kan det være en fordel å utarbeide egne vedlegg for registreringen. Dette kan for eksempel være aktuelt ved overvåking av rissutvikling i plater og platedampilarer eller deformasjoner på lukedampilarer med alkalireaksjoner.

Sjekklistene bør også ha plass til å kunne registrere eventuelle nye skader sammen med kommentarer, vurderinger, referanse til fotografier og eventuelle innmålte verdier.

Sjekklistene oppdateres dersom det avdekkes nye skader under inspeksjonen, slik at det til enhver tid er målbare sjekkpunkter for alle registrerte skader.

For lister over aktuelle sjekkpunkter ved ulike anleggstyper og anleggsdeler henvises det til Energi Norges (ENFO, EBL) håndbøker for tilstandsvurderinger, se også vedlegg 1 i denne veilederen.

Norsk Standard 3424:2012 med veileder angir systematikk for tilstandsanalyse. Basert på denne har vi utformet en tabell for angivelse av tilstandsgrad, avvik og tiltaksbehov tilpasset vassdragsanlegg. Avvik i tabellen gjelder avvik fra tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå relatert til konstruktive mangler, mangler eller feil i materialer og funksjonsfeil.

Tilstandsgrad (TG)	Avvik	Tiltaksbehov
TG 0	Ingen avvik	Tiltak ikke nødvendig
TG 1	Mindre avvik	Ordinært vedlikeholdsbehov
TG 2	Vesentlige avvik i forhold til referansenivå	Utarbeidelse av dokumentasjon, større vedlikeholdstiltak eller fornyelse nødvendig
TG 3	Store eller alvorlige avvik. Fare for liv og helse.	Straktiltak er nødvendig - fornyelse
TG IU	Ikke undersøkt	Vurder nærmere undersøkelser

3 Eksempel på sjekkliste for periodisk tilsyn

Den ansvarlige: Dam: Konsekvensklasse: Anleggstype: Byggeår: Sist revurdert: Sist fornyet: Største høyde [m]: Kronelengde [m]: Oppdemt V [mill. m³]: HRV/LRV [moh]: DFV/MFV [moh]:	Deltakere: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Temperatur:</td> <td style="width: 50%;">Dato:</td> </tr> <tr> <td>Vær:</td> <td>Kl.:</td> </tr> <tr> <td>Annet:</td> <td>Sign:</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Instrumentering</th> <th style="width: 25%;">Lokalt</th> <th style="width: 25%;">Driftssentral</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vannstand [kote]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>lekkasje [l/s]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>deformasjoner [mm]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>poretrykk [m eller kN/m²]</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Temperatur:	Dato:	Vær:	Kl.:	Annet:	Sign:	Instrumentering	Lokalt	Driftssentral	vannstand [kote]			lekkasje [l/s]			deformasjoner [mm]			poretrykk [m eller kN/m²]		
Temperatur:	Dato:																					
Vær:	Kl.:																					
Annet:	Sign:																					
Instrumentering	Lokalt	Driftssentral																				
vannstand [kote]																						
lekkasje [l/s]																						
deformasjoner [mm]																						
poretrykk [m eller kN/m²]																						

Anleggsdel navn/nr.	Sjekkpunkt	Måleparameter	Måleverdi	Foto nr.
<i>Liste over alle tidligere registrerte skader.</i> Her registreres målbare verdier for å dokumentere utviklingen av tidligere oppdagede skader/observasjoner som kan ha betydning for sikkerhetsnivået ved det aktuelle anlegget. Eksempler kan være lengde og bredde av eksisterende riss/sprekker på betongkonstruksjoner, vannføring fra punktlekkasjer, deformasjoner av enkeltsteiner i mur- eller fyllingsdam.				
Registrering av tilstand				
Anleggsdel navn/nr.	Sjekkpunkt	Sted	Kommentar	Foto nr.
Alle anleggsdeler må listes opp og inspiseres, inklusiv fundament. Nye skader eller observasjoner som skal følges opp nærmere legges deretter inn i <i>Liste over alle tidligere registrerte skader</i> før neste periodiske tilsyn. Angivelse av tilstand: ok (tilfredsstillende), eller spesifisere avvik, eventuelt supplere med tilstandsgrad TG 0,1,2,3 ikke undersøkt - IU. IU bør begrunnes.				
Andre merknader: grenseverdier				

4 Mulige tilleggskontroller ved hovedtilsyn

Inspeksjoner/tester som kan omtales i vedlegg til hovedtilsynsrapport:

- tilstrekkelig atkomst for drift, tilsyn og vedlikehold, jf. §§ 5-6 og 5-14 b), eventuell atkomsthindring for anlegg i konsekvensklasse 2-4, jf. § 7-7
- eventuell bruk av ikke tillatte flomavledningsorganer, jf. §§ 5-7 og 5-8 (bjelke- og nålestengsler)
- krav til fribord, kronevern og oppstrøms og nedstrøms skråningsvern for fyllingsdammer, jf. § 5-10
- krav til fribord for betong- og murdammer, jf. §§ 5-11 og 5-12
- funksjonelle krav til måleinstrumenter og andre måleinnretninger, jf. § 7-2 sjette ledd
- funksjonaliteten til eventuelle automatiske varslingssystemer, jf. § 7-9 sjette ledd

Kontroll av dokumentasjon:

VTa har ansvaret for at det til enhver tid foreligger dokumentasjon som angitt nedenfor i dette vedlegget, jf. § 2-4 a) og IK vassdrag § 5. NVE anbefaler hovedtilsyn som egnet tidspunkt for å kontrollere at følgende dokumentasjon foreligger:

- vedtak om konsekvensklasse, jf. § 4-1, vurdere behov for omklassifisering, jf. § 4-1 femte ledd
- plan for instrumentering, jf. § 5-2
- oppdaterte NVE-godkjente flomberegninger, jf. § 5-7 med flomavledningskapasitet, jf. § 5-8
- manøvreringssikkerhet, signaloverføring, og kapasiteter for relevante stenge- og tappeorganer, jf. § 5-14
- for dammer i konsekvensklasse 3 og 4 er det også krav til senking av magasin, jf. § 5-9
- dambruddsbølgeberegninger og dambruddskart for dammer i konsekvensklasse 2-4, jf. § 7-3
- beredskapsplaner med analysedel, grenseverdier og tiltaksplan for anlegg i konsekvensklasse 2-4, jf. § 7-4
- analyse og dokumentasjon for valg av sikringstiltak, jf. § 7-6
- risikovurdering for behandling av informasjon om anlegg i konsekvensklasse 2-4, jf. § 7-8
- øvrig dokumentasjon i henhold til IK - vassdrag § 5 punktene 1, 2 og 5, herunder oversikt over vedtak og konsesjoner, kart og tegninger

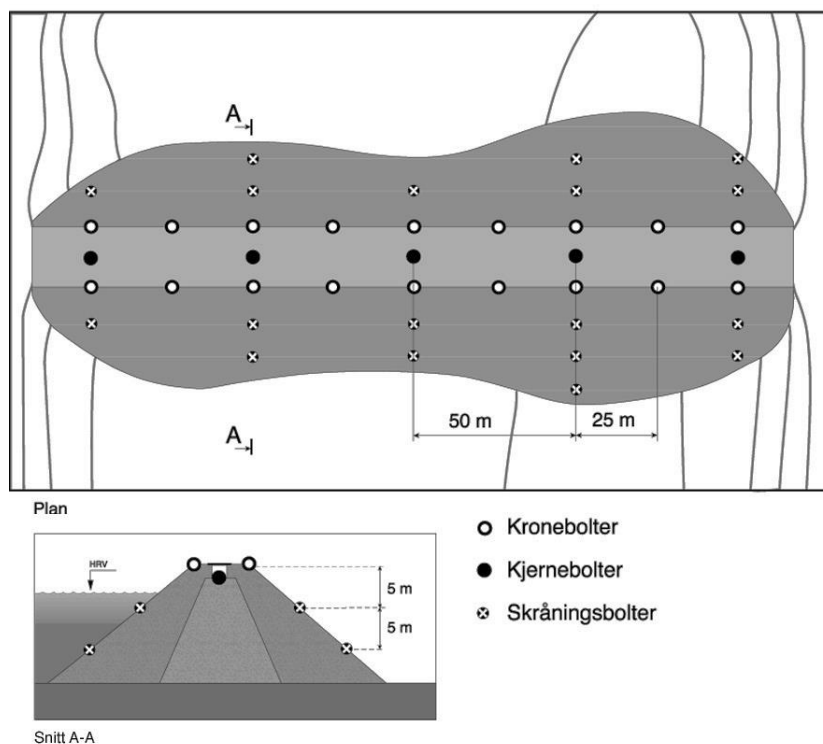
5 Eksempler på deformasjonsmålinger

Deformasjonsmåling på fyllingsdam med geodetisk målemetode

Plassering av målingspunkter må være fastsatt av fagansvarlig i plan for instrumentering, i forhold til for eksempel anleggets deformasjonsanalyse, konsekvensklasse, type konstruksjon, alder og svakheter i konstruksjonen. Plan for instrumentering skal også angi hyppighet av målinger.

Den tradisjonelle måten å gjennomføre målinger av deformasjon og setninger ved fyllingsdammer på er å måle bevegelser i bolter som er boret fast i steiner i damkroppen. Boltene er delt inn i 3 grupper som gir ulik informasjon ved innmåling:

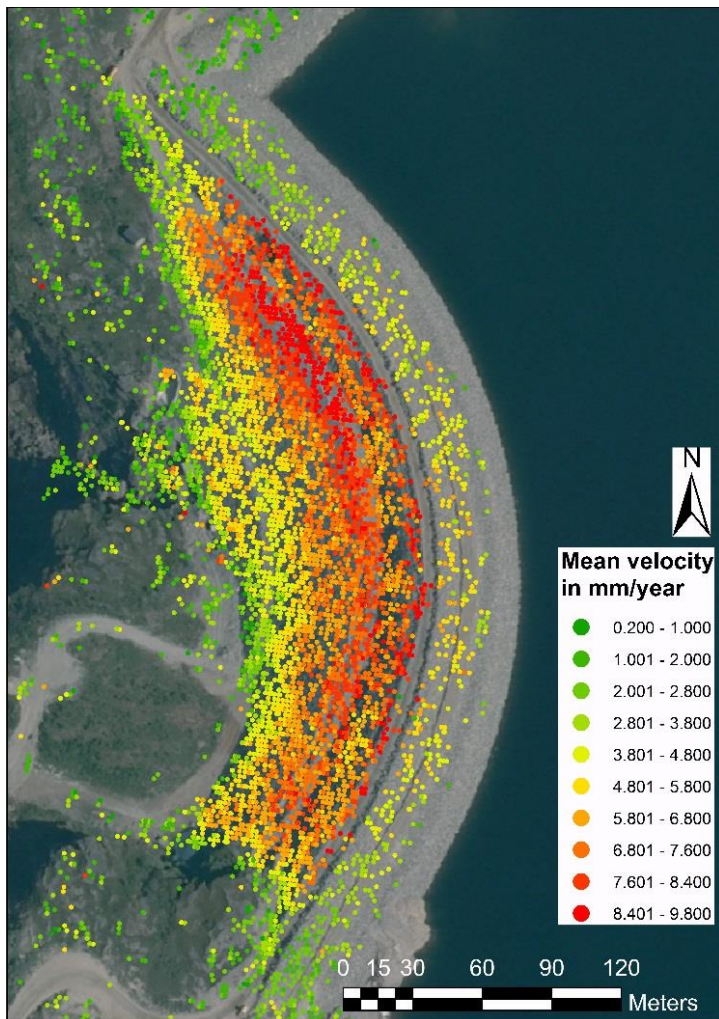
- **Kronebolter** for overvåking av setninger og forskyvninger langs kanten av damkronen. Kroneboltene bør normalt plasseres med maksimum 25 m avstand. Boltene koordinatbestemmes i horisontal- og vertikalplanet.
- **Kjernebolter** for overvåking av setninger i topp tetning. Boltene bør normalt monteres med maksimum 50 m avstand.
- ✧ **Skråningsbolter** for overvåking av setninger og forskyvninger i skråningen. Skråningsboltene i oppstrøms og nedstrøms skråning bør normalt monteres med maksimum 50 m avstand i lengderetningen og 5-10 m avstand vertikalt. Boltene koordinatbestemmes i horisontal- og vertikalplanet. For noen dammer må innmålingshyppighet av boltene i oppstrøms skråning tilpasses forholdene som is/snø og vannstanden i magasinet (tørrlagt vannside).



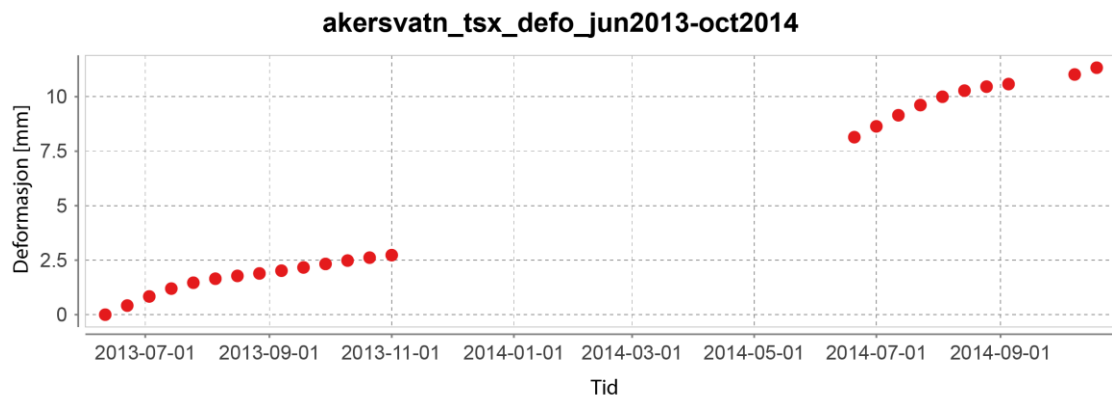
Vedlegg 5 - Figur 5-1 Prinsippskisse av bolter på fyllingsdammer H<15 m, vist i plan og snitt

Deformasjonsmåling på fyllingsdam med radarmålinger fra satellitt

Kartlegging av stabilitet av damanlegg kan tas over store geografiske områder. Oppløsningen bestemmer størrelsen på deformasjoner som avdekkes. Det er en systematisk oversiktskartlegging med prosesserte og analyserte In-SAR kart. Tidsserier er tilpasset deformasjonskontroll og tilstandsanalyser.



Vedlegg 5 - Figur 5-2 Figuren viser deformasjoner på ca. 7500 målepunkt på dam Akersvatnet, registrert ved bruk av 24 målinger med radarsatellitt. Deformasjonene illustreres med en fargeskala. Nøyaktighet på målingene er på mm-nivå



Vedlegg 5 - Figur 5-3 Grafen viser en tidsserieutvikling for kun et målepunkt i snøfrie perioder i 2013-2014. Deformasjonsutviklingen kan fremskaffes for hvert målepunkt.

6 Veiledende nøyaktighet ved registrerte målinger

Tabell for nøyaktighet av målinger, vist i tabell 6-1, er hentet fra *Retningslinjer for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg (utgave 2-2005)*. Tabellen er veiledende og det gjøres individuelle vurderinger ved hvert enkelt anlegg og ut fra målemetode.

Måling	Enhet	Nøyaktighet	Kommentar
Vannstand	m.o.h.	+/- 0,01 m eller 0,1 % ved måleområde >10 m	Måleområde: DFV til hensiktsmessig lavvannstand, eventuelt LRV
Lekkasje, kontinuerlig måling	l/s	+/-10 % av registrert lekkasje	Måleområde: 1-500 l/s
Poretrykk	m.o.h.	+/- 0,5	Måleområde: Nivå av sensor til DFV
Setninger	mm	+/- 1	Ved innmåling med nivelleringskikkert
Deformasjoner fyllingsdammer	mm	+/- 5	Ved innmåling med totalstasjon
Deformasjoner betongdammer	mm	+/- 2	Nøyaktighet forutsetter en fast oppstillingsplass for totalstasjon
Betong- og lufttemperatur	°C	+/- 1	

Vedlegg 6 - Tabell 6-1 Veiledende nøyaktighet ved registrerte målinger

Veiledende nøyaktighet og måleområder er også angitt i vedlegg 8.

7 Eksempler på presentasjon av måleverdier

Plan for instrumentering skal angi hvilke måleverdier som skal presenteres og hvordan. Presentasjonen skal ta hensyn til at formålet er kontroll av konstruktiv sikkerhet, overvåking og beredskap.

Måleverdier bør normalt presenteres grafisk, blant annet for å vise trender og samvariasjon av aktuelle måleparametere. Presentasjonene skal vise bearbeidede måleverdier slik at det er lett å se om situasjonen er normal eller ikke. Fastsatte grenseverdier bør alltid fremgå av presentasjonene.

Presentasjonene er avhengige av omfang av måleverdier, målemetoder og målesystemer. Noen måleverdier bør presenteres separat og noen bør sees i sammenheng, for eksempel «lekkasjer-vannstand» eller «lekkasjer-poretykk».

Nedenfor er vist eksempler på presentasjoner der måleverdier er sett i sammenheng. Eksemplene på grafiske presentasjoner er hentet fra *Retningslinjer for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg (utgave 2-2005)*.

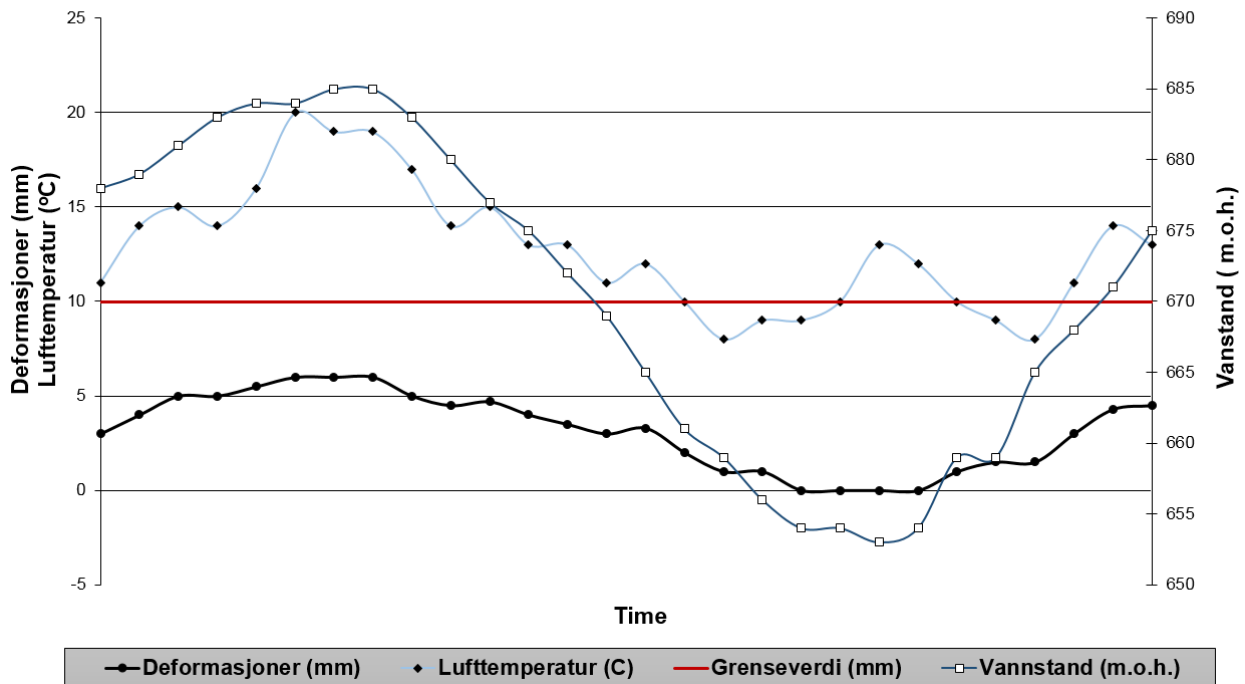
Måleverdier i tabell 7-1 er fremstilt grafisk i Figur 7-2.

Uke	Vannstand m.o.h.	Lufttemperatur °C	Horisontale deformasjoner mm	Grenseverdi mm
1	678	11	3	10
2	679	14	4	10
3	681	15	5	10
4	683	14	5	10
5	684	16	5	10
6	684	20	6	10
7	685	19	6	10
8	685	19	6	10
9	683	17	5	10
10	680	14	5	10
11	677	15	5	10
12	675	13	4	10
13	672	13	4	10
14	669	11	3	10
15	665	12	3	10
16	661	10	2	10
17	659	8	1	10
18	656	9	1	10
19	654	9	0	10
20	654	10	0	10
21	653	13	0	10
22	654	12	0	10
23	659	10	1	10
24	659	9	2	10
25	665	8	2	10

Vedlegg 7 - Tabell 7-1. Eksempel på presentasjon av vannstand, lufttemperatur og horisontale deformasjoner for en hvelvdam. Grenseverdi for deformasjoner er lagt inn som en konstant.

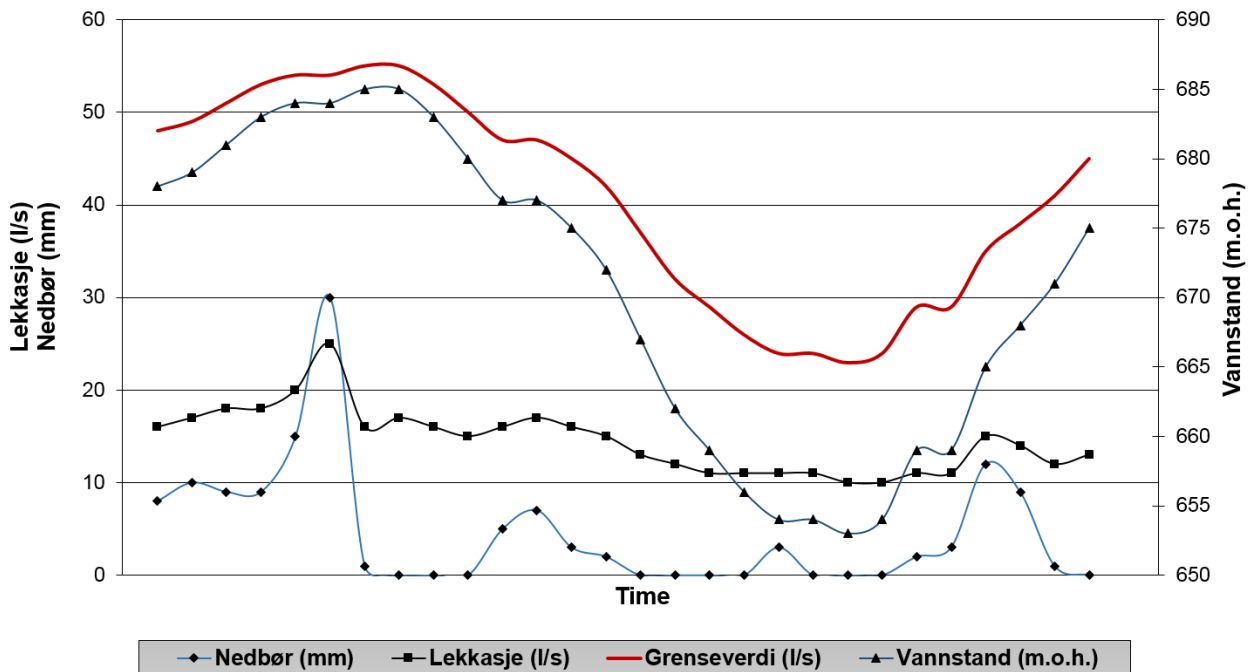
VEDLEGG

RADIELLE DEFORMASJONER - HVELVDAM



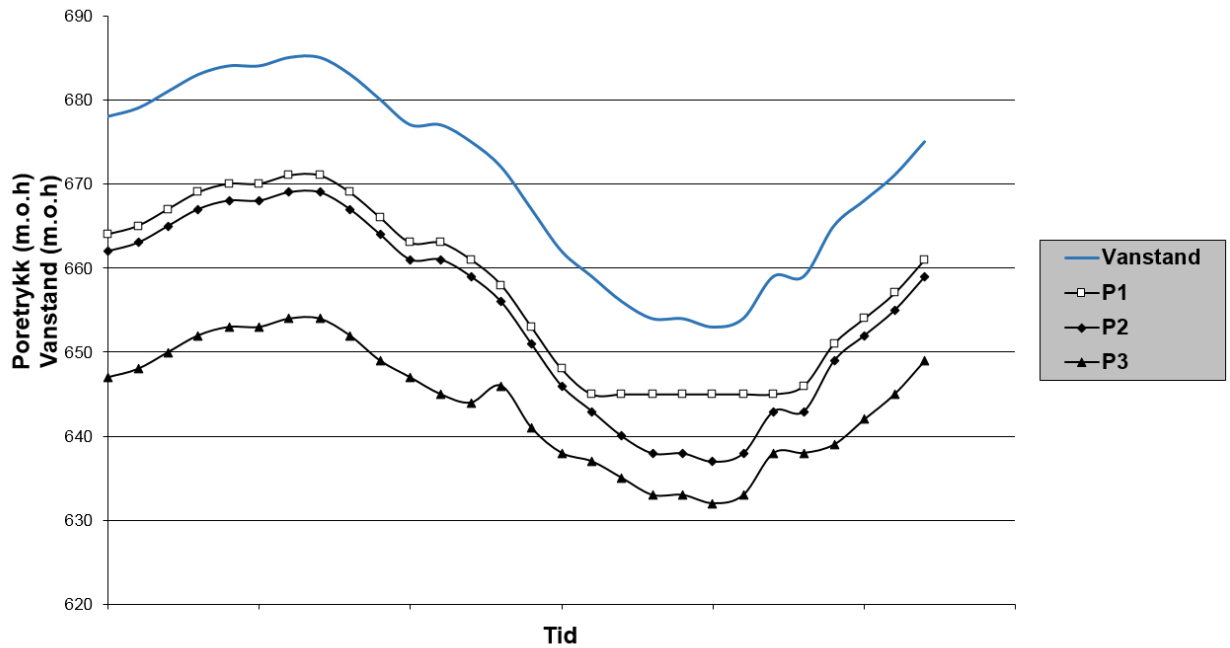
Vedlegg 7 - Figur 7-2. Eksempel på grafisk presentasjon av radielle (horisontale) deformasjoner på hvelvdammen, hentet fra tabellen i Figur 7-1. Grenseverdi er gitt for deformasjoner.

LEKKASJE



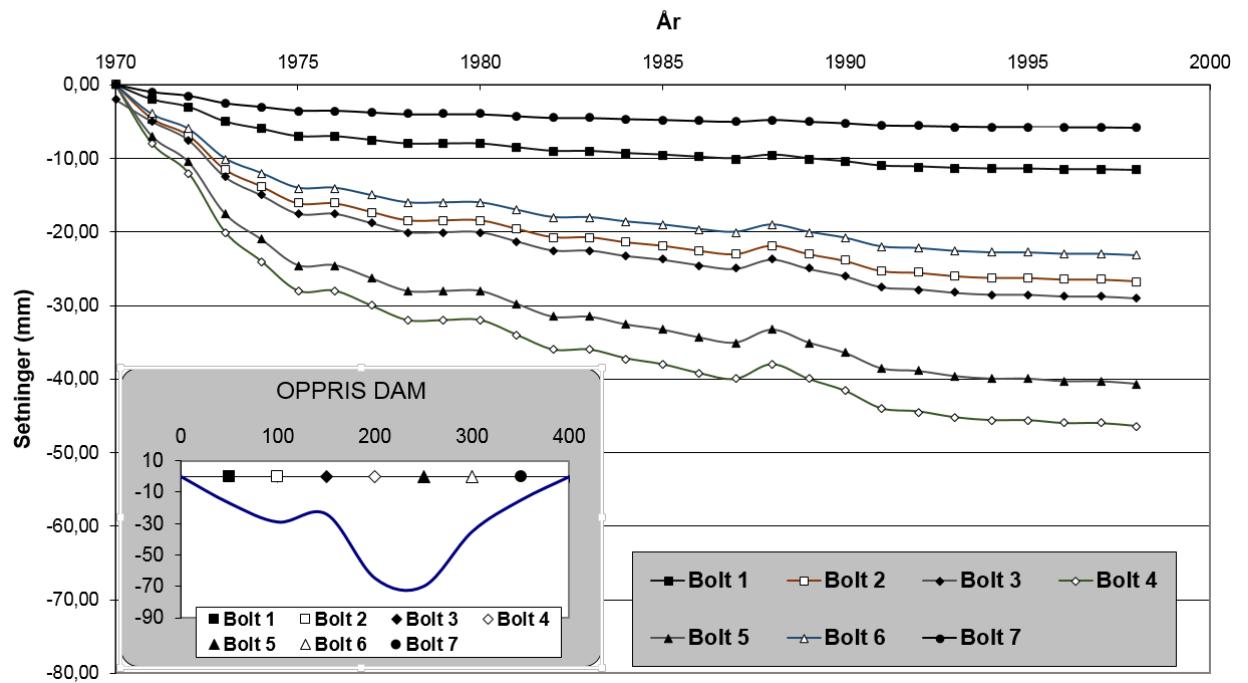
Vedlegg 7 - Figur 7-3. Eksempel på presentasjon av lekkasje for en fyllingsdam. Grenseverdi er lagt inn som en variabel i forhold til vannstand, men kan like gjerne knyttes til en konstant verdi relatert til dammens kapasitet til å motstå lekkasje.

PORETRYKK



Vedlegg 7 - Figur 7-4. Eksempel på presentasjon av poretrykk. Grenseverdi bør også legges inn i den grafiske presentasjonen. Grenseverdien vil i stor grad avhenge av en individuell vurdering ved hvert enkelt anlegg og er derfor ikke lagt inn i dette eksempelet

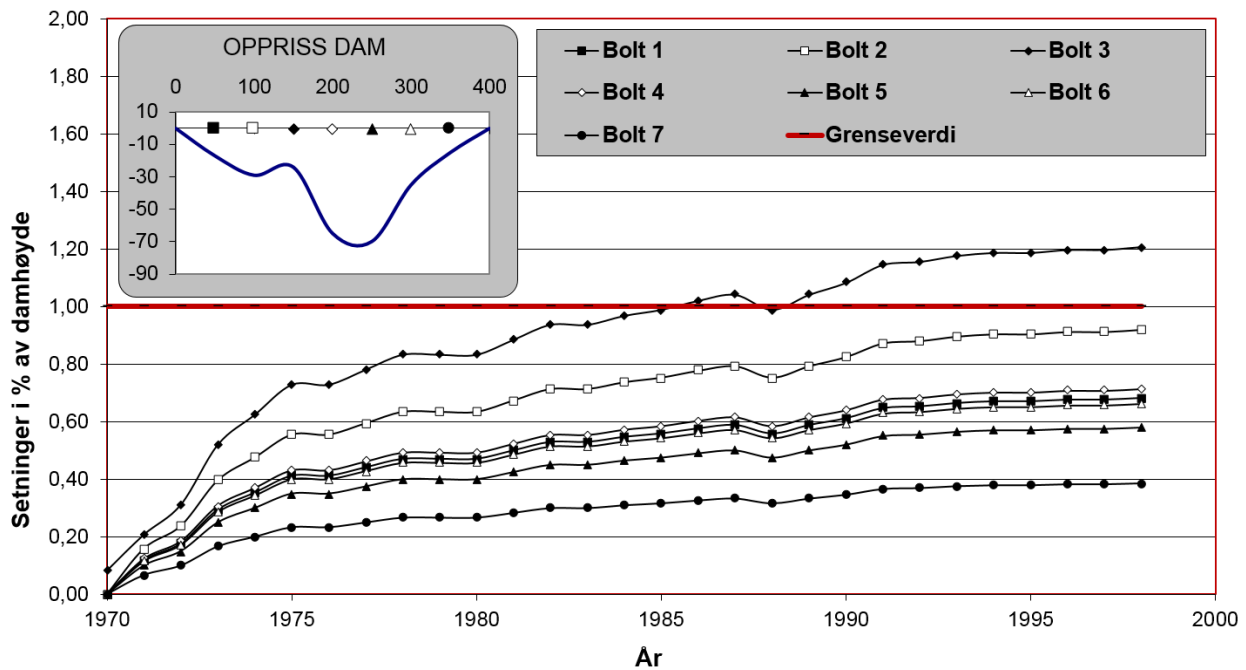
SETNINGER FYLLINGSDAM, mm



Vedlegg 7 - Figur 7-5. Eksempel på presentasjon av setninger på kronebolter.

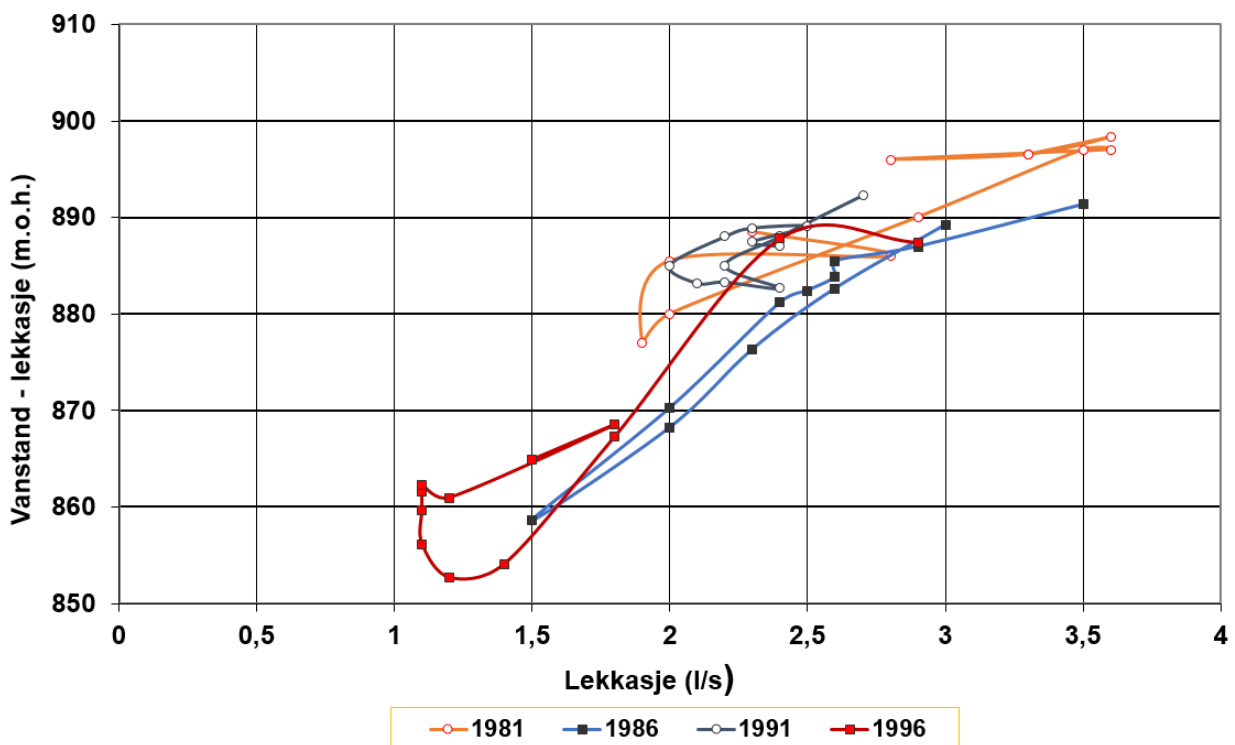
VEDLEGG

SETNINGER FYLLINGSDAM, %



Vedlegg 7 - Figur 7-6. Presentasjon av setninger på kronebolter i prosent av damhøyde.

VANNSTAND - LEKKASJE



Vedlegg 7 - Figur 7-7. Eksempel på presentasjon av vannstand mot måleverdier, i dette tilfelle lekkasje. Presentasjon av vannstand mot måleverdier kan i mange tilfeller avdekke oppførsel som ellers ikke ville bli oppdaget.

8 Informasjon om instrumentering og målinger

Tabellen vist nedenfor er basert på tabellen i vedlegg i ICOLD - Bulletin 158 (2014) Dam surveillance guide som er levert av Swiss Committee on Dams, Dam Monitoring Instrumentation Concepts, Reliability and Redundancy (2006). Tabellen er oversatt og noe supplert/justert. De konvensjonelle målemetodene i tabellen er nærmere forklart i bulletinen med referanse til Biedermann, R. et. al. (1991): Measuring installations for dam monitoring; Concepts - Reliability - Redundancy, Wasser Energie Luft, Vol 83, No. 5/6. Nyere målemetoder er omtalt i ICOLD - Bulletin 158 (2014) og i flere av publikasjonene i anbefalt litteratur.

Flere europeiske land som har lignende problemstillinger med overvåking som i Norge, legger tabellen til grunn ved utarbeidelse av plan for instrumentering. Den er tatt med som vedlegg til veileder for overvåking for å gi utfyllende kunnskap om instrumentering og målinger.

Tabellen gir informasjon om instrumenter, måleinnretninger, målemetoder og krav som bør stilles instrumenter. Den dekker målinger etter damsikkerhetsforskriften § 7-2 (vannstand, lekkasje, deformasjoner, poretrykk) og angir supplerende målinger: temperatur, nedbør, jordtrykk, turbiditet og seismiske målinger.

I tabellen er følgende forkortelser brukt for pålitelighet, levetid, måleområde, nøyaktighet, redundans:

R: (Reliability) Påkrevd pålitelighet for data som er nødvendige for forsvarlig overvåking av en dam, og som må være tilgjengelige til enhver tid.

L: (Longevity) Måleutstyrets levetid er nært knyttet til tilstrekkelig redundans for å ha kontroll på nødvendige data.

M: (Measuring range) Måleområdene må være tilstrekkelig omfattende til å ta høyde for uforutsette situasjoner, f.eks. ekstraordinære laster eller ekstreme hendelser.

P: (Precision) Nøyaktighet må dekke alle feil som kan oppstå i hele måleanlegget og måleprosedyren (unøyaktigheter i instrumenter og kalibrering, effekter av temperatur, overflate, friksjon, slitasje, nullpunktavvik, ikke-lineariteter osv.).

Re: (Redundancy) Med redundans menes både (uavhengig) duplisering av en måleinnretning og muligheten til å kontrollere eller rekonstruere en måling ved hjelp av en annen måleinnretning.

VEDLEGG

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
1. LASTER OG EFFEKTER FRA OMGIVELSENE				
Hydrauliske laster og sedimentlaster				
	VANNSTAND	Trykktal	R: svært høy	Viktig måling. Måleområdet må også dekke flomnivåene. Det er mulig å foreta automatiske målinger og registrere data med de fleste innretninger. Vedlegg 6 har større krav til nøyaktighet for damhøyde < 100 m
		Flottør	L: kort	
		Vannstandskala	M: opp til over brystning/kronehøyde	
		Manometer	P: ± 10 cm	
		Sonarmåler	Re: påkrevd	
		Trykkmåler		
		Akustikkåler		
		Lysmåler		
	Sedimenteringsnivå Sedimentering i magasinet og foran inntakssjakt; sedimentlaste.	Måling av nivå av bunnen	R: moderat L: ingen M: hele høyden P: ± 0,2 ... 0,5 m Re: ikke påkrevd	Periodisk kartlegging. Også for å måle erosjonsdybde.
Temperatur				
	Luft- og vanntemperatur Ytre temperaturlaster. Påvirkning på snøsmelting.	Termograf Kontinuerlig registrering av variasjoner i lufttemperatur.	R: moderat L: middels M: -30 °C til +40 °C P: ± 1 °C Re: påkrevd	Disse instrumentene kan lett skiftes ut. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.
		Vanlig termometer Minimums- og maksimumsverdier samt øyeblikksverdier.	R: moderat L: middels M: -30 °C til +40 °C P: ± 1 °C Re: anbefales	
		Elektrisk termometer	R: moderat L: middels M: -30 °C til +40 °C P: ± 1 °C Re: anbefales	Disse instrumentene kan lett skiftes ut. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.

VEDLEGG

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
	Betongtemperatur Indre temperaturlaster (ettersom de har direkte betydning for deformasjon av betongen).	Vanlig termometer I borehull.	R: svært høy L: svært høy M: -10 °C til +60 °C P: ± 0,5 °C Re: påkrevd; sørg for å ha et tilstrekkelig antall instrumenter	Måleområdet trenger bare å gå opp til +60 °C i byggeperioden. I tilfeller der utstyret installeres på et senere tidspunkt, er et måleområde opp til +30 °C tilstrekkelig. Med mulighet til å registrere automatiske avlesinger.
		Elektrisk termometer	R: svært høy L: svært høy M: -10 °C til +60 °C P: ± 0,5 °C Re: påkrevd; sørg for å ha et tilstrekkelig antall instrumenter	Måleområdet trenger bare å gå opp til +60°C i byggeperioden. I tilfeller der utstyret installeres på et senere tidspunkt, er et måleområde opp til +30°C tilstrekkelig. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.
	Betongtemperatur Vannsirkulasjon i fyllinger Temperaturendring på grunn av infiltrasjon	Fiberoptiske temperaturmålere	R: svært høy L: svært høy M: -10 °C til +60 °C P: ± 0,5°C Re: påkrevd	Måleområdet trenger bare å gå opp til +60 °C i byggeperioden. I tilfeller der utstyret installeres på et senere tidspunkt, er et måleområde opp til +30 °C tilstrekkelig. Fylling: et måleområde opp til +30 °C er tilstrekkelig, for asfalterte områder opp til +60 °C. Relativt lett å installere. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.
Nedbør				
	Nedbør i damområdet. Påvirkning på lekkasjemålinger.	Nedbørmåler Akkumulator Pluviometer	R: moderat L: lav M: total nedbørmengde i måleintervallet P: ± 10 % Re: ikke påkrevd	Slike målinger er ikke absolutt nødvendige i dammens umiddelbare nærhet. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.

VEDLEGG

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
Trykk				
	Spenninger i fyllinger og betong	Jordtrykkceller	R: moderat L: høy M: total overdekning (0-3 N/mm ²) P: ± 5 % av M Re: ikke påkrevd	Lite brukt. Deformasjonsmodulen må justeres for fyllingsmaterialet. Tolkning og resultater kan være problematisk. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.
		Teletrykkceller	R: moderat L: høy M: total spenning (0-10 N/mm ²) P: ± 5 % av M Re: ikke påkrevd	Svært sjelden brukt. Tolkning og resultater kan være problematisk. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registrere data.
Dynamiske laster				
	Registrering av seismisk aktivitet	Seismograf Registrerer bevegelse over tid (hastighet og akselerasjon). Akselerasjons-måler Registrerer akselerasjon.	R: høy L: middels M: ± 1 g (a _{max}) P: Δa ≤ 0,03 mg (≥ 16 Bits); Δt ≤ 0,005 sek. Re: påkrevd	Instrumenter skal lese alle tre komponenter (bevegelsesavstanden, hastighet og akselerasjon) Installer minst tre seismografer (i kronehøyde, på damfotnivå og utenfor dammen) Anvendelse og tolkning av resultatene må overlates til spesialister.

VEDLEGG

Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
2. DEFORMASJONER/FORSKYVNINGER (I DAM OG OMGIVELSER)			
Geodetiske målinger			
Målinger av romlig forskyvning av individuelle punkter, inkludert påvirkning fra omgivelsene.	Triangulering Kan kombineres med: - polygondrag og nivellering - elektrooptisk avstandsmåling - optiske pendler, pendler - innretting - ekstensiometre	R: svært høy L: svært lang P: Krav fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: absolutt nødvendig, i form av stort antall målepunkter. Kombineres med andre målemetoder.	Målenettet i det geodetiske systemet må dekke et stort område og gjøre det mulig å gjennomføre langsiktig observasjon av deformasjoner i dammen og omgivelsene, samt kontroll av eventuelle forskyvninger av andre kontrollpunkter for andre måleinnretninger (redundans). Nøyaktige målinger som bare kan utføres med lange intervaller. Krever mulighet for begrensede målinger for rask vurdering av deformasjoner. Alle data og opplysninger om måle- og evalueringsmetoder skal lagres.
	Satellittbaserte målinger (GPS) I forhold til jordbaserte målinger (konsolidering av trianguleringsnettet) og terrengbevegelser.	R, L, P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: påkrevd; med gjentatte målinger eller andre målemetoder	Nøyaktigheten avhenger av varigheten av målingene og av satellittoppsett. Det er mulig å foreta automatiske målinger og registreringer. For bevegelser av konkrete punkter på dam (med fundament og vederlag).
	Satellittbaserte målinger (InSAR- radarsatellitter)	R, L, P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: påkrevd; med gjentatte målinger eller andre målemetoder	Nøyaktigheten avhenger av varigheten av målingene og av satellittoppsett. Kan måle vesentlig større antall målepunkter enn ved innmåling av kun bolter. For bevegelser av dam med fundament og vederlag.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
		Fotogrammetri For terreng- og brebevegelser.	R, L: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering P: ± 0,2 m Re: ikke viktig	Vanligvis fotografier tatt fra luften, også mulig med fotografier tatt fra bakken. Fotoene må ha en kvalitet som holder seg over lang tid. Fotogrammetri kan også brukes for å registrere avleiringer. NVE: droneteknologi utvikler metoden videre, slik at den egner seg for dammer.
		Laserskanning Fullstendig skanning av overflaten av et objekt.	R, L, P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: ikke viktig	Moderne målemetoder som lett kan erstatte fotogrammetri. NVE: alternativ metode til fotogrammetri.
	Deformasjoner langs vertikale eller horisontale linjer som strekker seg inn i vederlag og dalsider.	Nivellering	R: svært høy L: svært lang P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: alt etter forholdene; påkrevd ved triangulering	Enkel, velprøvd metode når moderne instrumenter anvendes. Grupper av referansepunkter må settes opp på begge vederlagene.
		Enkle vinkelmålinger og elektrooptisk avstandsmåling fra eksternt beliggende stasjoner.	R: svært høy L: svært lang P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: mulig ved hjelp av gjentatte målinger eller triangulering	Velprøvd, men nøyaktige målemetoder som bare skal brukes der det ikke er mulig å installere pendler. Måling krever egnede værforhold. Nøyaktigheten avhenger av avstand og lysbrytning. Målestasjonene må kontrolleres regelmessig ved triangulering.
		Optisk linjeetablering	R, L, P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: absolutt nødvendig ved triangulering og pendler	Enkel og velprøvd metode. Måling krever egnede værforhold. Nøyaktigheten avhenger av avstand og lysbrytning.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
Instrumenter				
	Deformasjoner langs vertikale eller horisontale linjer som strekker seg inn i vederlag og dalsider.	Pendel, invertert pendel Innretning for måling i to retninger, med optisk sikting av pendelvaieren. Vaieren er vertikal referanseakse.	R: svært høy L: svært høy M: maks beregnet defleksjon +50 % P: ± 0,2 mm Re: absolutt nødvendig, i form av ekstra måleinnretning. Kombinert med triangulering, polygondrag, innretting, ekstensiometre. -	Velprøvd og nøyaktig instrument. Kort måletid. Instrumentkontrollstasjon. Fjernavlesning er mulig; måleinnretningen må ikke påvirke pendelens posisjon.
		Slangenivellering	R: høy L: høy M: noen få meter P: ± 1 cm Re: nødvendig med setningsmålinger og nivellering.	Kommuniserende rør med direkte avlesning på standrør av glass; tre rør per målepunkt. Svært nøyaktig, men noe uhåndterlig og følsom for frost. Luftbobler må fjernes fra målevæske.
	Endringer i lengde	Distometer / distinvar	R: høy L: lang M: 10 cm for distometer 5 cm for distinvar P: ± 0,2 mm Re: Nødvendig, ved hjelp av geodetiske målinger eller målebånd.	Nøyaktige avstandsmålinger i gallerier og i terreng. Distometeret gjør det mulig å måle i en hvilken som helst retning, mens distinbaren bare kan brukes til horisontale målinger. Ved målinger utenfor måleområdet kan vaieren trekkes ut eller inn.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
	Endringer i dybde og defleksjon av borehull Totalmålinger over lange strekninger eller differensialmålinger over en serie korte strekninger.	Stang- eller vaierrekstensiometer Med en eller flere stenger (vaiere)	R: høy L: lang M: 10–50 mm P: $\pm 0,2$ m Re: ikke alltid påkrevd. Kan oppnås ved å: - installere ekstensiometre på flere sammenlignbare punkter - dele den totale lengden inn i flere deler kombinere metoden med invertert pendel eller nivellering	Plassering av forankringsbolter og fugging av beskyttelseshylser er kritiske operasjoner. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
		Stangekstensiometre for fyllingsdammer Med en eller flere stenger.	R: høy L: lang M: 10–30 cm P: ± 1 mm Re: ikke alltid nødvendig. Kan oppnås ved å: - installere ekstensiometre på flere sammenlignbare punkter - dele den totale lengden inn i flere deler	Plasseringen av forankringene og fugging av beskyttelseshylsene er kritiske operasjoner. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
	Endringer i dyp og defleksjon av borehull Totalmåling er over lange strekninger eller differensial målinger	Fiberoptiske ekstensiometre Med en eller flere stenger	R: svært høy L: svært lang M: 1-2 % av den målte delen P: ± 0,2 mm Re: ikke alltid påkrevd Kan gjøres ved å installere ekstensiometre på flere sammenlignbare punkter.	Relativt lett å installere. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
	over en serie korte strekninger.	Borehullsmikrometer Endringer i differensiell lengde	R: høy L: lang M: forventet avbøyning +100 % P: ± 0,2 mm for endringer i lengde, ± 0,02 mm/m for avbøyning av berggrunn, ± 0,2 mm/m for avbøyning av løsmasser Re: avhengig av målet.	Nøyaktigheten er avhengig av instrumentstyringssystem. Visse typer utstyr gir svært nøyaktige og pålitelige resultater. Plasseringen av forankringene og fugingen av styrehylsene er kritiske operasjoner. Anbefales for å lokalisere brudd (sprekker og/eller fuger) og glidende overflater og for å observere deres bevegelser. Måling og fortolkning er tidkrevende.
		Borehullsmikrometer med inklinometer Differensiell defleksjon kombinert med borehullsmikrometer.		
		Inklinometer Differensiell defleksjon i borehull		
	Endringer i lokale rotasjoner I vertikalplanet	Klinometer På setningsmerke og mikrometer med elektronisk visning. Tiltmeter Med elektronisk visning.	R: høy L: lang M: 20 mm/m P: 0,02 mm/m Re: Denne målingen anbefales bare i kombinasjon med andre måle-innretninger, som pendler eller nivellering.	Nær hulrom vil resultatene ofte være påvirket av spenningskonsentrasjon og spenningsoverførings-effekter. Resultatene kan forbedres dersom målingene utføres over en serie korte strekninger. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
	Bevegelse r i sprekker og fuger På overflaten, ekspansjon og skjærbeveg elser.	Mikrometer Deformeter Dilatometer Deflektometer	R: moderat L: lang M: 10 mm P: $\pm 0,05$ mm Re: Alt avhengig av målet.	Målinger i gallerivegger eller utsparinger er ofte ikke representative for hvordan hele massen oppfører seg. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
	Spesifikk deformasj on For å kontrollere spenninger i betongen.	Elektrisk deformeter innstøpt i betong Kombineres med temperaturmålinger. Fiberoptikk innstøpt i betong	R: høy L: lang M: Spesifikk deformasjon 2 mm/m, Temperatur fra -10 °C til +50 °C. P: Utvidelse 0,02 mm/m, Temperatur $\pm 0,2$ °C Re: nødvendig, i form av et stort antall instrumenter andre typer instrumenter for sammenligning.	Det forekommer ofte instrumentsvikt. Atferden påvirkes ofte av tilstanden på betongen rundt instrumentet. Det kan være problematisk å analysere registreringene. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
3. LEKKASJE				
Vannmengde				
	Mengde infiltrert vann og drensvann Etter område og totalt.	Volummåling med kalibrert beholder og stoppeklokke eller måling av fortrengt volum (f.eks. ved hjelp av en kalibrert stav som føres ned i skrå borehull).	R: middels L: middels M: største forventede lekkasje 100 % P: $\pm 5\%$ av M Re: gjentatte målinger.	Denne metoden kan bare brukes ved moderat lekkasje inntil 10 l/s. Beholderen må ha en fyllingstid på minst 20 sekunder.
		Overløp Målekanal Med skala, sonarmåler, pneumatisk skala, trykkselle.	R: lang L: lang M: største forventede lekkasje 100 % P: $\pm 5\%$ av M Re: med volummålinger.	Sedimenter må fjernes regelmessig. Anbefales ikke ved lekkasje $< 0,05$ l/s. I oppsamlingspunktet for alt lekkasjevann fra hele dammen bør det være montert en måler med alarm. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
		Vannføringsmålingene i rør f.eks. i rørene til drenspumper - venturimeter (måling av trykkforskjell) - sonarmåling eller magnetisk-induktiv måling (måling av strømningshastighet)	R: høy L: lang M: største forventede lekkasje 100 % P: $\pm 5\%$ av M Re: med volummålinger på forskjellige steder.	Det må foreligge enkle metoder for å gjennomføre periodisk kontroll av målingene (manometre, frie overløp og v-overløp) Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
		Vannføringsmåling i rør med fritt vannspeil Sonarmåling eller magnetisk-induktiv måling (måling av strømningshastighet).	R: høy L: lang M: største forventede lekkasje 100 % P: $\pm 5\%$ av M Re: med volummålinger på forskjellige steder.	Det må foreligge enkle metoder for å gjennomføre periodisk kontroll av målingene (manometre, frie overløp og v-overløp). Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
4. MÅLING AV PORETRYKK I BERGGRUNN OG LØSMASSE				
	Poretrykk i berggrunn Trykk forårsaket av grunnvann (opptrykk, poretrykk i bergsprekker)	Piezometere: åpne systemer Måling av vannivå ved hjelp av kabel med lys- eller lydsignal.	R: moderat L: lang M: hele borehullets lengde P: $\pm 0,05$ m Re: påkrevd; piezometerne må installeres i grupper.	Borehullet skal være vanntett og føret ned til trykkmålingsområdet. Toppen på borehullet skal ha beskyttelse mot inntrengning av overflatevann, søle, stein osv. Det skal være permanent lufting
		Piezometere: lukkede systemer Trykkmåling ved hjelp av manometer eller elektrisk måleinstrument.	R: høy L: lang M: total høyde mellom manometer og damkrone P: 1 % av M , maks. $\pm 0,5$ m Re: påkrevd; piezometerne må installeres i grupper.	Velprøvd metode. Alle rør og forbindelser til manometrene må være vanntette. Foreta ikke trykkavlastning men la trykket bygge seg opp maksimalt slik at dette kan observeres, selv om det tar tid. Det er nødvendig å lufte rørene regelmessig. Det er absolutt nødvendig å kontrollere manometrene regelmessig. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.
		Piezometere: trykceller (pneumatiske eller elektriske) Installeres i borehull, med én eller flere celler på hvert nivå.	R: høy L: lang M: total høyde mellom manometer og damkrone P: 1 % av M , maks. $\pm 0,5$ m Re: påkrevd; enten installeres et stort antall celler, eller så installeres cellene i grupper.	Sentral avlesning av trykceller fordelt i dypet. Velg en filtertype som ikke tilstoppes for lett. Nøyaktig plassering av cellene er viktig, spesielt om flere celler skal installeres i samme borehull. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
	Poretrykk i løsmasser Trykk på vannet som sirkulerer i fyllingsdammer (kjerne, støttefylling) og i fundament (opptrykk, poretrykk)	Piezometere: åpne systemer Måling av vannivå ved hjelp av kabel med lys- eller lydsignal.	R: middels L: lang M: hele borehullets lengde P: ± 0,05 m Re: påkrevd; piezometerne må installeres i grupper.	Borehullet skal være vanntett og føret ned til trykkmålingsområdet. Toppen på borehullet skal ha beskyttelse mot inntrengning av overflatevann, søle, stein osv. Det skal være permanent lufting. Skyll innretningen for å kontrollere om den fungerer som den skal.
		Piezometere: lukkede systemer Trykkmåling ved hjelp av manometer eller elektrisk piezometer.	R: høy L: lang M: total høyde mellom manometer og damkrone P: 1 % av M , maks. ± 0,5 m Re: påkrevd; piezometerne må installeres i grupper.	
5. VANNETS FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER				
	Registrering av endringer i fysiske og kjemiske egenskaper (erosjon, oppløsning)	Turbiditetsmåler	R: høy L: lang M: 0–500 ppm P: ± 1 ppm Re: Det er nødvendig å analysere vannprøver i laboratoriet.	Oppløste eller suspenderte stoffer bestemmes. Det er viktig å ha et målehus. Kalibrering gjøres etter at lekkasjevannet er analysert i laboratoriet. Mulighet for å foreta automatiske målinger og registreringer.

	Formål	Utstyr Måleinnretning Målemetoder	Krav R = Pålitelighet L = Levetid M = Måleområde P = Nøyaktighet Re = Redundans	Merknader
		Kjemisk analyse	R: høy L: ingen M: avhengig av hvilke verdier som forventes P: avhengig av hvilke verdier som forventes Re: ikke påkrevd	Gjøres med lange intervaller. Viktigste egenskaper skal fastsettes av eksperter.
6. KONSTRUKTIV SIKKERHET				
	Geofysiske metoder Bestemmelse av dammens og undergrunnens geofysiske egenskaper.	Seismisk refleksjon Seismisk refraksjon Geoelektrisk kartlegging Elektromagnetikk Georadar Geomagnetikk Gravimetri Tomografi Seismikk Ultralyd Infrarød termografi Borehullslogging Sporstoffer	R, L, P: kravene fastsettes på grunnlag av en individuell vurdering Re: påkrevd; avhengig av det enkelte tilfellet, ved hjelp av - borehull - prøvetaking - tester - andre geofysiske metoder.	Anvendelse og tolkning av resultatene må overlates til eksperter.

Vedlegg 8 - Tabell 8-1 Informasjon om instrumentering og målinger

9 Anbefalt hyppighet av målinger

Tabellen er basert på § 7-2 tabell 7-7.2. Instrumentering og målinger av dammer og kan anvendes for dammer med tilfredsstillende konstruktiv sikkerhet.

Damtype	Konsekvensklasse	Vannstand	Lekkasje	Deformasjoner	Poretrykk
Fyllingsdam fundamentert på god berggrunn	2, 3,4	K	K	HT	
Fyllingsdam fundamentert på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	2, 3,4	K	K	HT	K
Betong- og murdam fundamentert på god berggrunn	3, 4	K	PT*	HT	
	2				
Betong- og murdam fundamentert på løsmasser eller berg med utpregede svakhetssoner	3, 4	K	K	HT	K
	2				

Vedlegg 9 - Tabell 9-1 Anbefalt hyppighet av målinger

K: Kontinuerlig måling/avlesning, se veilederen kapittel 2

PT: Måling og avlesning utføres i forbindelse med periodisk tilsyn

HT: Måling og avlesning utføres i forkant av hovedtilsyn og revurdering

* Murdammer som har likhetstrekk med fyllingsdammer instrumenteres for kontinuerlig lekkasjemåling, tilsvarende som for fyllingsdammer, se veilederen kapittel 6.3.2 om murdammer.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no