

DOKIVER – dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren

.....

Rapport for FoU-prosjektet 80131

Unn Yilmaz

Christine Snekkenes



Rapport, bokmål nr 42-2019

DOKIVER – dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren

Rapport for FoU-prosjektet 80131

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Unn Yilmaz

Forfatter: Unn Yilmaz og Christine Snekkenes

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Plantegning av dam Nåvatn III. Foto: Koordinat AS.

ISBN: 978-82-410-1940-1

ISSN: 1501-2832

Sammendrag: For å forenkle prosessen og heve kvaliteten på dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren, har NVE utviklet en standard med veiledning og et digitalt registreringsskjema. Dokumentasjonsstandarder er delt inn i tre nivåer, slik at den kan tilpasses det aktuelle anlegget og tiltaket. Det følger med veiledning for utføring og metodebruk. Standarden setter også krav til formater og metadata på foto og film, og ivaretar GDPR-krav med tanke på personvern.

Fordi det ikke finnes nasjonale retningslinjer for dokumentasjon av tekniske kulturminner har prosjektet tatt utgangspunkt i å tilpasse eksisterende internasjonale standarder. I tillegg er det gjennomført flere piloter på forskjellige typer kraftanlegg for å teste ut og sammenlikne forskjellige dokumentasjonsmetoder. Kraftmuseet, kulturminneforvaltning og anleggseiere har bidratt i arbeidet.

Emneord: Dokumentasjon, Fotogrammetri, Fototeknikker, Kulturminner, Laserskanning, 3D-modellering

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29

Postboks 5091 Majorstua

0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Epost: nve@nve.no

Internett: www.nve.no

11.10.2019

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
1.0 Innledning.....	4
1.1 Bakgrunn.....	4
1.2 Hypotese.....	4
1.3 Forankring.....	4
1.2 Målsetting og nytteverdi.....	5
1.3 Gjennomføring og organisering.....	6
1.4 Metode.....	6
2.0 Piloter.....	7
2.1 Longerak.....	7
2.2 Nåvatn.....	11
2.3 Tinfos.....	12
2.4 Haugsjø.....	15
2.5 Hakavik.....	17
3.0 Leveranser.....	18
3.1 Nivåbasert dokumentasjonsstandard.....	18
3.2 Registreringsskjema.....	20
3.3 Implementasjon/resultater tatt i bruk.....	21
4.0 Referanser og kilder.....	22
5.0 Formidling og workshops.....	23
6.0 Vedlegg.....	23
6.1 Dokumentasjonsstandard med nivåer og veiledning.....	23
6.2 Samtykkeskjema.....	23
6.3 Rapporter og notater fra pilotene.....	23
6.3.1 Longerak.....	23
6.3.2 Nåvatn.....	23
6.3.3 Tinfos II.....	23
6.3.4 Haugsjø.....	23
6.3.5 Hakavik.....	23

Forord

I vassdrags- og energisektoren er interessen og aktiviteten rundt kulturminner økende. Fokus på opprusting og utvidelse av eldre kraftanlegg, strengere sikkerhetskrav for dammer og opprustning av sikringsanlegg fører til et større press på sektorens kulturminner. Tekniske og industrielle kulturminner lar seg ofte bare bevare i begrenset omfang på grunn av hensyn til sikkerhet, vedlikehold og kostnader. St. meld. 16 (2004-2005) slår fast at kulturminner som ikke kan bevares, skal dokumenteres.

I oppfølgingen av sektoransvaret for kulturminner setter NVE vilkår i konsesjonssaker om kulturminnefaglig dokumentasjon ved endring eller rivning av anlegg med høy kulturminneverdi. Kommende revisjoner av eldre konsesjonsvilkår vil kunne føre til flere slike saker. For å styrke dette arbeidet gjennomførte Museumsordningen forprosjektet «Sektorens kulturminner – bevaring som arkivverdig materiale- metodeutvikling og etablering av god praksis». Målet med forprosjektet var å finne metoder for å effektivisere NVEs saksbehandling knyttet til sektorens kulturminner, høyne kvaliteten på dokumentasjonen, samt tilrettelegge for tilgjengeliggjøring og framtidig bruk. Forprosjektet ble gjennomført i 2015 og på bakgrunn av konklusjonene ble det søkt om et treårig hovedprosjekt.

Hovedprosjektet *DOKIVER – dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren* ble vedtatt i NVEs direktørmøte desember 2015 og har pågått mellom 2016-2018. Resultatet av prosjektet er en standardisering av krav til dokumentasjon av vassdrags- og energianlegg, veiledning til utførelse og metodebruk, samt en enklere, digitalisert registrering og formidling av dokumentasjonen. Vi vil rette en stor takk til Agder Energi, Tinfos AS, Arendals Fossekompani og Statkraft som ga tillatelse og tilgang til uttesting av metoder på sine anlegg.

Oslo, august 2019



Christine E. Kiste
Direktør



Siri Slettvåg
Seksjonssjef

Sammendrag

DOKIVER hovedprosjekt bygger på anbefalinger fra et forprosjekt utført i 2015. Dette la grunnlaget for utformingen av fire leveranser: nivådelte standarder for dokumentasjon tilpasset vassdrags- og energisektorens anlegg, digitalt registreringsskjema, veiledning og formidling med kart som utgangspunkt. I løpet av prosjektet er det besluttet at veiledningen bakes inn i standarden som hjelpetekster. Standarden danner krav som går ut til eierne i et digitalt registreringsskjema. Dokumentasjonsresultatene formidles, blant annet gjennom kart, i ny portal som seksjon for informasjonsforvaltning og kulturhistorie (AIK) utarbeider (2018-2019) for NVEs kulturhistoriske data.

Standarden er utviklet på bakgrunn av tilpasning av eksisterende internasjonale standarder, samt metoder testet ut på vassdrags- og energianlegg gjennom flere forskjellige piloter i løpet av prosjektet. Pilotene har særlig testet ut bruk av forskjellige digitale dokumentasjonsmetoder, som fototeknikker (blå 360-graders foto, fotomosaikk), film og 3D-modellering fra fotogrammetri og laserskanning. Kraftmuseet har vært en viktig samarbeidspartner og bidragsyter inn i pilotene, samt Team kulturminnevern ved Telemark fylkeskommune og eierne av anleggene som ble stilt til rådighet; Agder Energi, Arendals Fossekompani, Statkraft og Tinfos AS. Riksantikvaren har vært en viktig bidragsyter med hensyn til dokumentasjon av tekniske kulturminner, samt deltakere fra andre statlige etater, regional og kommunal kulturminneforvaltning og museer som har kommet med nyttige innspill underveis i prosessen. Internt i NVE har fotoarkivar Stig Storheil, fastgruppe for kulturminner med representanter fra konsesjons- og tilsyns- og beredskapsavdelingen, samt juridisk seksjon kommet med viktige innspill til standarden og registreringsskjemaet.

DOKIVER har arrangert og deltatt på flere workshops og seminarer, der standarder og metodikk er diskutert med kulturminneforvaltning (Riksantikvaren, fylkeskommuner, byantikvarer), NIKU, museer og andre statlige sektorer som jobber med dokumentasjon av tekniske og industrielle anlegg. I september 2018 ble det arrangert en todagers sluttkonferanse med tittel *DOKIVER 2018 - Hvorfor kulturminnedokumentasjon?* på Kraftmuseet i Tyssedal. Rundt 80 deltakere hørte innlegg om forskjellige aspekter ved dokumentasjon av tekniske kulturminner fra blant annet Riksantikvaren, Agder Energi, NIKU, Norsk Industriarbeidermuseum og Kulturrådet.

Utvikling av et digitalt registreringsskjema for kulturminner er i 2018 blitt til et samarbeid med seksjon for systemutvikling (ASU) og en pilot inn i NVEs Min Side-prosjekt. Min Side-prosjektet skal legge grunnlaget for hvordan NVE skal utveksle informasjon med eksterne brukere i framtiden, og arbeid med registreringsskjemaet vil fortsette inn i 2019, etter at DOKIVER er avsluttet. I forbindelse med registreringsskjemaet er det utarbeidet en hierarkisk taksonomi, eller begrepsliste, for dokumentasjon av sektorens anlegg, som også samsvarer med terminologien i standarden.

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

Tekniske og industrielle kulturminner lar seg ofte bare bevare i begrenset omfang av hensyn til sikkerhet, vedlikehold og kostnader. St. meld. 16 (2004-2005) *Leve med kulturminner* slår fast at kulturminner som ikke kan bevares, skal dokumenteres. I oppfølgingen av sektoransvaret for kulturminner har NVE i konsesjonssaker mulighet til å sette vilkår om kulturminnefaglig dokumentasjon ved endring eller rivning av anlegg med høy kulturminneverdi.

Mer om NVEs rolle og virkemidler: <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/nves-utvalgte-kulturminner/veileder-for-oppfolging-av-nves-utvalgte-kulturminner-roller-ansvar-og-virkemidler/>.

Nye og strengere sikkerhetsforskrifter for dammer, økt fokus på opprustning og utvidelse av eldre kraftanlegg og revisjonssaker fører til at NVE vil sette vilkår om kulturminnefaglig dokumentasjon i en rekke saker. Dokumentasjon er et av flere mulige avbøtende tiltak for å ivareta de allmenne interessene kulturminner representerer. Konsesjonærene hyrer som oftest inn eksterne konsulenter fra for eksempel museer, rådgivningsbedrifter eller kulturminneforvaltning for å utføre dokumentasjonen.

Det finnes ingen nasjonale standarder eller retningslinjer for hvordan dokumentasjon av sektorens, eller generelt tekniske og industrielle kulturminner, skal utføres. Det er liten erfaring å hente fra tidligere konsesjonssaker, så i praksis blir hver ny sak vurdert på nytt av de ulike saksbehandlerne. Dette er lite forutsigbart for konsesjonærene og tidkrevende for NVE.

Selve utførelsen av dokumentasjonen står som oftest eiere og innleide konsulenter for, og det er store forskjeller i metoder og resultater på den ferdigstilte dokumentasjonen. Siden tekniske anlegg endres over tid, vil forskjellige tiltak på de samme anleggene ofte bli dokumentert i flere omganger, og av forskjellige utførere. Standardisering, minstekrav og felles retningslinjer vil bidra til å gjøre de forskjellige dokumentasjonsprosjektene og resultatene kompatible.

1.2 Hypotese

Prosjektets hypotese er at klare standarder for dokumentasjon, samt lagring, enkel registrering og formidling av informasjon vil være effektiviserende for både forvaltning og eiere, samt heve kvaliteten på NVEs oppfølging av sektoransvaret.

1.3 Forankring

Prosjektet er forankret i NVEs hovedmål *Bidra til en helhetlig og miljøvennlig forvaltning av vassdragene*, delmål - *bidra til å bevare og formidle norsk vannkraftshistorie* (jf Tildelingsbrev til Norges vassdrags- og energidirektorat for 2016).

Prosjektet gir også leveranser som er positive for NVEs hovedmål *Fremme en samfunnsøkonomisk effektiv produksjon, overføring, omsetning og bruk av energi*, knyttet til delmålene - *bidra til en god ressursutnyttelse gjennom effektiv konsesjonsbehandling av anlegg for produksjon og overføring av energi* og - *påse at vilkår i tillatelser til utbygging og drift av*

anlegg for produksjon og overføring av energi følges (jf Tildelingsbrev til Norges vassdrags- og energidirektorat for 2016).

Strategi for NVE 2017-2021 omtaler under hovedmål 1 at NVE «... skal ivareta og gi informasjon om vassdrags- og energisektorens kulturminner». Prosjektet er også relevant for hovedmål 2 omtalt ved «NVE skal ivareta samfunnets interesser og behov for fornybar energi med minst mulig ulemper for miljøet gjennom konsesjonsbehandling og vedtak hjemlet i energi- og vassdragslovgivningen.».

Prosjektet følger også opp målbildet knyttet til strategiens fokusområde for *Organisasjon, IKT og ledelse*, hvor det blant annet heter: «NVE skal videreføre arbeidet med å forenkle, forbedre og effektivisere vår saksbehandling» og «NVE skal i perioden utarbeide en ny IKT-strategi. Strategien skal vektlegge en helhetlig og innovativ utvikling og bruk av IKT-systemer. Den skal fokusere på hvordan man kan erstatte manuelle rutiner med digitale løsninger slik at eksterne kan få tilgang til NVEs informasjon og data på en brukervennlig måte. Videre skal strategien fokusere på IKT-utvikling som bidrar til å sikre fellesløsninger som styrker samhandlingen innad i NVE.».

Føringer for digitalisering av forvaltningen presenteres i Meld. St. 27 (2015-2016) *Digital agenda for Norge*. IKT for en enklere hverdag og økt produktivitet omtaler styrking av arbeidet med digitalt førstevalg som et viktig og prioritert effektiviseringstiltak fra regjeringens side. Digitalt førstevalg innebærer at forvaltningen, så langt som mulig, er tilgjengelig på nett, og at nettbaserte tjenester er hovedregelen for forvaltningens kommunikasjon med brukerne.

I OEDs miljøhandlingsplan fra 1999 listes det opp tre sektormål som gjelder kulturminner, blant annet: Sikre at olje- og energisektorens kulturminner og kulturmiljøer ivaretas og forvaltes på en faglig forsvarlig måte, og at sektorens virksomhet ivaretar kulturminne- og kulturmiljøhensyn på en tilfredsstillende måte. Sektoransvaret er fastsatt i St. meld. nr. 46 (1988–89) og nr. 58 (1996–97). OED har delegert hovedansvaret for vassdrags- og energisektorens kulturminner til NVE.

1.2 Målsetting og nytteverdi

Prosjektets målsetting er å utvikle et bedre faglig beslutningsgrunnlag og en enklere og mer effektiv saksbehandling knyttet til kulturminner i NVE.

Det skal utvikles nivådelte krav til dokumentasjon med veiledning og et digitalt registreringsskjema. Informasjonsutveksling mellom registreringsskjema og fagdatabaser skal i størst mulig grad automatiseres for å sikre gjenbruk av informasjon og oppdaterte data. Informasjonen som samles inn vil også kunne brukes fleksibelt i ulike typer formidling, blant annet kartbasert.

Prosjektets nytteverdi er at klare standarder for omfang og utførelse, samt enkel rapportering av kulturminnefaglig dokumentasjon vil øke forutsigbarheten i saksbehandlingen for NVE og for eierne. Dette gjelder konsesjonssaker og en rekke saker som håndteres av Damsikkerhet (TBD) og Miljøtilsyn (TBM). Gjennom samarbeid med bransjen og Riksantikvaren vil etablerte standarder også sikre gjennomførbarheten og kvaliteten på dokumentasjonen, samt kompatibiliteten mellom forskjellige dokumentasjonsprosjekter. Formidling av dokumentasjonen som knytter sammen kart, oppdatert informasjon fra NVE og andre offentlige sektorer vil være et nyttig verktøy, samt bidra til å tilgjengeliggjøre sektorens data for et bredere publikum. Samlet

vil standardisering spare tid og penger for alle parter, samt sikre nytten av dokumentasjonsarbeidet for framtidig forskning og formidling.

I løpet av prosjektets periode har det kommet inn flere kulturminnesaker der man tydelig ser at behovet for en standard for dokumentasjon, råd og veiledning øker. Både eiere, saksbehandlere internt i NVE og kulturminneforvaltning har etterspurt dette. I løpet av høsten 2016 og 2017 ble det utført flere workshops med tilbakemeldinger fra de ulike interessegruppene for å få forankret standarden hos kulturminneforvaltningen, internt i NVE og i energibransjen.

1.3 Gjennomføring og organisering

Prosjektets styringsgruppe har bestått av prosjekteier og seksjonssjef for AIK Siri Slettvåg, Ulf Gustavsson fra Riksantikvarens seksjon for tekniske kulturminner og Statkrafts kulturminnerådgiver Trond Bjertnes. Underveis i prosjektet tok Øystein Hagland og Maria Lytomt, også fra Riksantikvarens seksjon for tekniske kulturminner, over for Ulf Gustavsson.

De nivådelte kravene til dokumentasjon (standarden) har blitt utviklet ved hjelp av ulike pilotfaser og testfaser. Prosjektet har i løpet av 2016 og 2017 gjennomført fire piloter og flere mindre uttestinger av metoder for dokumentasjon. I løpet av høsten 2018 ble første versjon av standarden ferdigstilt på bakgrunn av innspill fra kulturminneforvaltning og styringsgruppe, samt innspill fra energibransjen og ulike berørte grupper i NVE.

I løpet av første halvår 2017 ble det gjort en kartlegging av hvordan et registreringsskjema skal fungere sammen med eksisterende fagdatabaser på huset. Konklusjonen ble at AIK trenger en egen kulturminnedatabase for å kunne systematisere kulturminnefaglig informasjon, lagre data fra innkommende dokumentasjonsprosjekter, samt gjøre informasjonen søkbar og tilgjengelig.

Arbeidet med en egen løsning for lagring og formidling av kulturhistorisk data ble startet opp i 2018 i samarbeid med seksjon for systemutvikling (ASU), seksjon for drift og brukerstøtte (ADB) og NVEs to samarbeidsmuseer Kraftmuseet og Anno Norsk skogmuseum. Samtidig startet arbeidet med å utvikle en taksonomi for sektorens kulturminner og et digitalt registreringsskjema. Taksonomien ligger i KulturNav og vil bli brukt inn i registreringsskjemaet. KulturNav er et nettsted der institusjoner kostnadsfritt kan opprette og dele felles åpen terminologi. Det er finansiert av Kulturrådet og utviklet av KulturIT med særlig fokus på behovene til kulturarvsinstitusjoner.

Utvikling av et digitalt registreringsskjema for kulturminner er fra 2018 blitt et delprosjekt i arbeidet med ny løsning for kulturhistorisk data og en pilot inn i NVEs Min Side-prosjekt i samarbeid med ASU. Min Side-prosjektet skal legge grunnlaget for hvordan NVE skal utveksle informasjon med eksterne brukere i framtiden, og arbeid med registreringsskjemaet vil fortsette inn i 2019, etter at DOKIVER er avsluttet.

1.4 Metode

I tråd med anbefalingen fra forprosjektet (NVE 2015), har utviklingen av en standard for dokumentasjon tilpasset sektorens kulturminner og NVEs saksbehandling tatt utgangspunkt i eksisterende standarder og retningslinjer. Standardene som har vært gjennomgått og brukt som utgangspunkt er hovedsakelig *Historic England: Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Practice* (2008, 2016), *Historic American Building Survey/Historic American Engineering*

Record (HABS/HAER): *Standards and guidelines* (U.S. Department of the interior 1983, 2003) og Riksantikvarens *Standard/mal for dokumentasjon* (2005). I likhet med Historic Englands standard, vil standarden for NVE bli basert på nivåer for mer eller mindre omfattende dokumentasjon. Nivåene er et utgangspunkt som bestemmes av type inngrep og anlegg som skal dokumenteres, og vil kunne tilpasses nærmere de konkrete sakene.

Elementer og inspirasjon er også hentet fra bl.a Jernkontorets *Industridokumentation* (2014), Kulturrådet/NIKUs *Forvaltning av museumsbygninger* (2017), Riksantikvarens veiledning i dokumentasjon av tekniske kulturminner, samt dokumentasjonsprosjekter og praksiser innen forskjellige sektorer.

De fleste av de eksisterende standardene er rettet mot bygningsvern. Det har derfor vært behov for utprøving og tilpassing av metoder for tekniske anlegg generelt, og vassdrags- og energianlegg spesielt. De eksisterende standardene inneholder heller ikke så mye veiledning om bruk av nye digitale metoder og fototeknikker. Det var derfor også et fokus på å teste ut nye og digitale metoder som bruk av foto og film fra drone, fotogrammetri for 3D-modellering, laserskanning, og fototeknikker som 360 graders foto. Det er gjennomført flere piloter og mindre små uttestinger av metoder på forskjellige typer anlegg, se kap 2.0 for nærmere beskrivelser og resultater. Workshops og seminarer som ble arrangert gjennom prosjektperioden har også bidratt til nyttig diskusjon rundt dokumentasjon og standardisering i fagmiljøene som jobber med dokumentasjon av tekniske og industrielle anlegg.

En viktig problemstilling i analysen av Historic Englands dokumentasjonsnivåer når det gjelder tilpasningen til NVEs sektor er «Hvorfor dokumenterer vi?» Generelt kan man si at hvis et anlegg skal bygges om eller rives, skal dokumentasjonen i stor grad representere kulturminnet i en *arkivmessig bevaring*, jf St Meld nr 16 (2004-2005). Dokumentasjon kan imidlertid utføres mer eller mindre omfattende. I tillegg til en god kulturminnefaglig kvalitet på dokumentasjonen må NVE ta hensyn til at de vilkårene som blir satt i konsesjonsbehandlingen ikke kan være urimelig tyngende. I dokumentasjonssammenheng betyr dette at NVE må tilpasse kravene slik at omfanget på dokumentasjonen står i forhold til tiltaket eller eiers ressurser. Nivådelingen som skal benyttes i NVEs standard vil i dette tilfellet bidra til å kunne gjøre denne tilpasningen.

2.0 Piloter

I løpet av 2016 og 2017 ble det utført fem piloter for å teste ut forskjellige metoder for dokumentasjon på ulike typer anlegg. Under presenteres oppsummering og resultater fra hver pilot. Pilotrapporter og –notater er lagt ved som vedlegg.

2.1 Longerak

Formålet med pilotprosjektet

Langeraksvatn dam (se Fig. 1) er en del av Longerak kraftverk i Bygland kommune, Vest-Agder. Anlegget er eid av Agder Energi. Langeraksvatn dam planlegges rehabilitert og det kom tidlig innspill fra historielag om kraftverkets status som kulturminne. Longerak kraftverk er i tillegg et av NVEs statlig listeførte kulturminner. Dammen ble derfor valgt ut som første pilot der det var ønskelig å teste ut bruken av fotogrammetri. I tillegg ville vi teste ut Historic Englands *Understanding Historic Buildings – A Guide to Good Recording Practice*, som en av anbefalingene fra forprosjektet. Arkeolog Tom Davies ble leid inn for å gjennomføre en

dokumentasjon basert på de engelske nivåbaserte standardene og bidra med sin kompetanse på dokumentasjon av tekniske kulturminner og fotogrammetri. Hans oppdragsbeskrivelse var å utarbeide en metodevurdering i forkant av feltarbeidet og en kulturminnefaglig rapport i etterkant, basert på det nivået han mente passet. I etterkant av piloten skulle det gjøres refleksjoner vedrørende om det engelske nivået passet til vassdrags- og energisektoren eller om det måtte gjøres tilpasninger – og i såfall hvilke.

I forkant av feltarbeidet utarbeidet Davies en kort metodebeskrivelse, der han anbefalte etter standarden til Historic England at Langeraksvatn dam skulle dokumenteres gjennom nivå 3, og at de tilhørende elementene i kraftverket, spesielt kraftstasjonen, skulle dokumenteres i nivå 2, se vedlegg 6.3.1, kap. 3.



Fig 1. Langeraksvatn dam. Foto: NVE/Stig Storheil.

Feltarbeid Langerak kraftverk

Feltarbeidet ble utført over to dager i september 2016. Med på feltarbeidet var prosjektgruppens konsulent Tom Davies, kulturminnefaglig ansvarlig Unn Yilmaz og prosjektleder Christine Snekkenes, samt NVEs fotoarkivar Stig Storheil og NVEs kontakt fra Kraftmuseet - Norsk vasskraft- og industristadmuseum i Tyssedal, Dag Endre Opedal (dronepilot og fotograf). Hensikten med så mange deltakere var å få gode faglige diskusjoner underveis og utveksle kompetanse på bruk av foto, fotogrammetri og drone for dokumentasjon av kulturminner.

Formålet med feltarbeidet var å utføre fotogrammetri av dammen, fotodokumentere ulike elementer av hele kraftverket, samt ta formidlingsbilder til bruk i det kulturhistoriske

formidlingsarbeidet i NVE. I tillegg var det avtalt noen uformelle samtaler med ansatte og tidligere ansatte ved Longerak som kjente kraftverket og historikken godt.

Erfaringer

Underveis i feltarbeidet viste det seg at utførelsen av fotogrammetri tok mye kortere tid enn det som var beregnet. Grunnen til dette er hovedsakelig bruken av drone til fotodokumentasjon og fotogrammetri som gjør at man dekker raskere over større områder enn med håndholdt kamera.

I tillegg til å være tidsbesparende, muliggjør bruken av drone oversiktsfoto over anlegget, de forskjellige objektene og landskapet som vanskelig kan oppnås med kamera fra bakkenivå. Det hadde heller ikke vært mulig å få en god tredimensjonal gjengivelse av verken dammen eller kraftstasjonen med kun foto fra bakkenivå.

Selv om fotograferingen av bildeseriene som var grunnlag for fotogrammetri av dammen og kraftstasjonen gikk raskt unna, viste det seg at dammer har noen spesielle utfordringer når det kommer til å sette bildene sammen og gjengi disse i en 3D-modell (se Fig. 2). Det repeterende mønsteret i plankekledningen på dammens luftside vanskeliggjorde sammensetningen av bildene her, noe som også skulle gjenta seg på dam Nåvatn III. I tillegg viste det seg at det var vanskelig å gjengi overflaten på det stillestående vannet bak dammen, da programvaren tolket dette som tomrom. Trærne som sto tett inntil dammens luftside var også en utfordring for 3D-modellen, dels fordi de skjulte deler av dammen og dels fordi det var vanskelig å få en god gjengivelse av dem.

Se Tom Davies' rapport for Longerak, vedlegg 6.3.1 for nærmere beskrivelser.

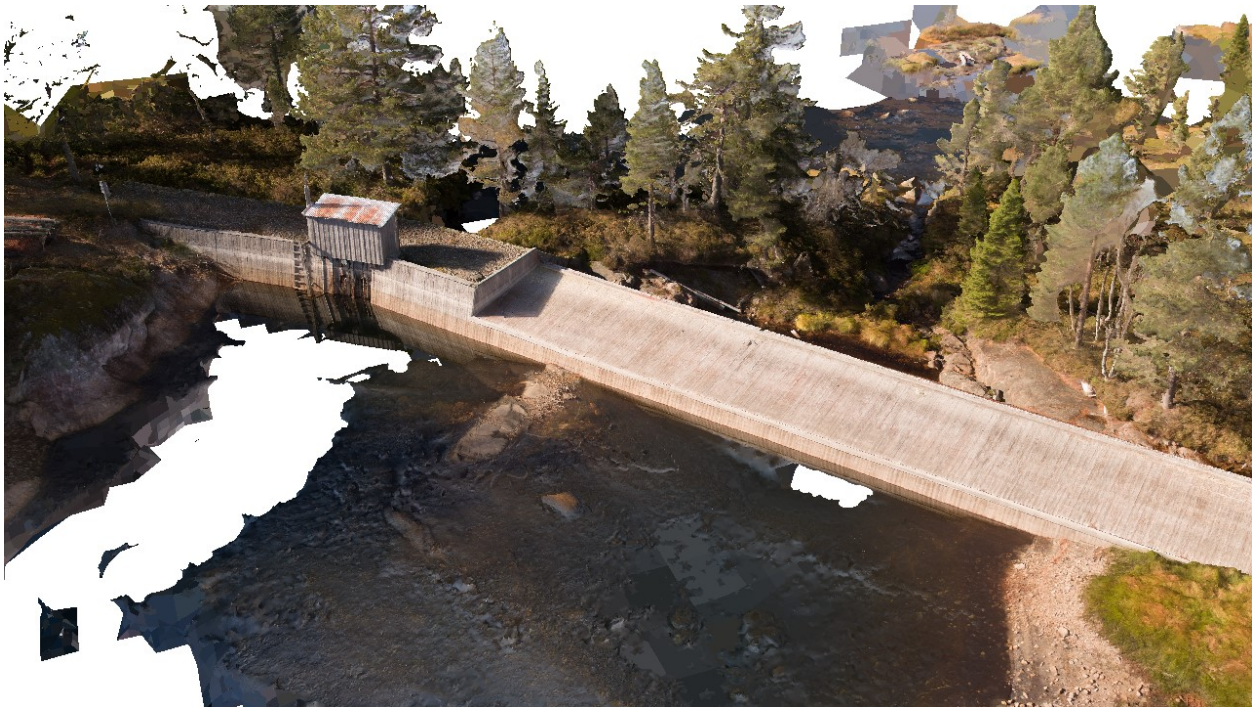


Fig. 2. Punktsky av Langeraksvatn dam. Foto: NVE.

Noen refleksjoner i etterkant av piloten

Kontekst og avgrensning er viktige vurderinger i et dokumentasjonsprosjekt. Hva man har fokusert på og hvilke avveininger som er tatt, hvilke aspekter som ikke er tatt med og hvilke områder som er nedprioritert er avgjørende for resultatet og eventuelt videre arbeid, og må derfor redegjøres for tidlig i rapporten. Noen av disse valgene vil være tatt i en vurdering av kulturminnet og i vilkårene til anleggseier, mens ytterligere vurderinger blir tatt i løpet av arbeidet.

NVE ser dokumentasjonen av anleggene som viktige skriftlige og billedlige kilder som i størst mulig grad skal kunne gi informasjon til forskning, kulturminneforvaltning eller et interessert publikum. Dokumentasjonen skal ikke være et forskningsprosjekt i seg selv, men skal legge grunnlaget, og gi systematisk oversikt med en tydelig sammenheng mellom kart, tegninger, foto og skriftlige kilder. Det skal være lett å orientere seg om man ikke er kjent i landskapet anlegget befinner seg i, man skal kunne finne oversikt over hvor det finnes skriftlige kilder, bilder, filmer osv. om det så er hos NVE eller i andre arkiver. Man skal finne god oversikt over anleggets historikk, utvikling, endringer og produksjonslinje.

Historic Englands dokumentasjonsstandard legger ikke stor vekt på arkivmateriale i nivå 3:

The information contained in the record will for the most part have been obtained through an examination of the building itself. If documentary sources are used they are likely to be those readily accessible, such as historic Ordnance Survey maps, trade dictionaries and other published sources. (Historic England, 2006:14)

Videre skrives det om nivå 3:

A Level 3 record may also be appropriate when the fabric of a building is under threat but time and resources are insufficient for detailed documentary research, or where the scope for such research is limited. (Historic England, 2006:14)

Fra NVEs perspektiv ser vi imidlertid at gjenfinning i arkiv er et viktig aspekt for en god dokumentasjon. Et mindre omfattende dokumentasjonsnivå kan være å kartlegge i hvilke arkiver det finnes informasjon om det aktuelle anlegget. Dette bør dokumenteres med institusjon, arkivnummer, navn og mappenummer, slik at gjenfinnbarheten for forskere eller andre som er interessert i anlegget senere lett kan finne tilbake til informasjonen. Et høyere nivå for dokumentasjon burde inneholde oversikt over arkiver, samt mer dyptgående arkivøk. Mer informasjon om hva som finnes i de ulike arkivmappene (f. eks: korrespondanse mellom eier og arkitekt under bygging) vil være essensielt. Gjenfinnbarheten og oversikt over innhold er det viktige i en slik sammenheng. I et høyere nivå for dokumentasjon eller et større forskningsprosjekt er det mer naturlig å dykke ned i kildene og analysere innholdet. I de fleste dokumentasjonstilfeller vil det være nødvendig med en oversikt over hvilke institusjoner som bevarer tilhørende kildemateriale. Brukes informasjonen i arkivmateriale, skal det refereres til i henhold til et referansesystem, f. eks Harvard (godkjent system for kulturhistorie/historie).

Som Historic England poengterer, er vi enige i at viktigheten av historiske kilder er stor og selv om bilder og tegninger viser byggets utseende og tilstand, og kan regnes som kilder i seg selv, vil skriftlige kilder gi en kontekst og forståelse som er viktig i enhver dokumentasjon. Når det kommer til historiske tegninger, er det viktig å sjekke utbyggingsplanene opp mot det faktiske resultatet.

Historic England sin standard «Understanding historic buildings» er naturlig nok svært bygningsfokuseret. I et stort og komplekst anlegg satt sammen av mange elementer er det også svært viktig å beskrive sammenhenger og prosesser, hvordan de ulike elementene fungerer i en større helhet, hvordan mennesker er involvert i prosessene og hvordan anlegget passer inn i et lokalmiljø eller en større sammenheng. I tillegg er teknisk utførelse og teknologihistorie viktig for dokumentasjonen av et teknisk industrielt kulturminne.

2.2 Nåvatn

Nåvatn I, II, III og IV er fire dammer som tilhører Skjerka Kraftverk i Åseral, Vest Agder. Vest Agder Energiverk ble stiftet i 1920 og planene for kraftutbygging på Skjerka ble igangsatt. Kraftverket ble bygd i flere faser og begynte med Skjerkevatn dam i 1932. Nåvatndammene sto ferdige i 1942. Nåvatn I og III er såkalte flerbuedammer, helt unike, skråstilte betongdammer som det ikke finnes liknende av i landet og som heller ikke vil bli bygget igjen på grunn av nye sikkerhetskrav (se Fig. 3.). Kraftverket eies i dag av Agder Energi (AE).

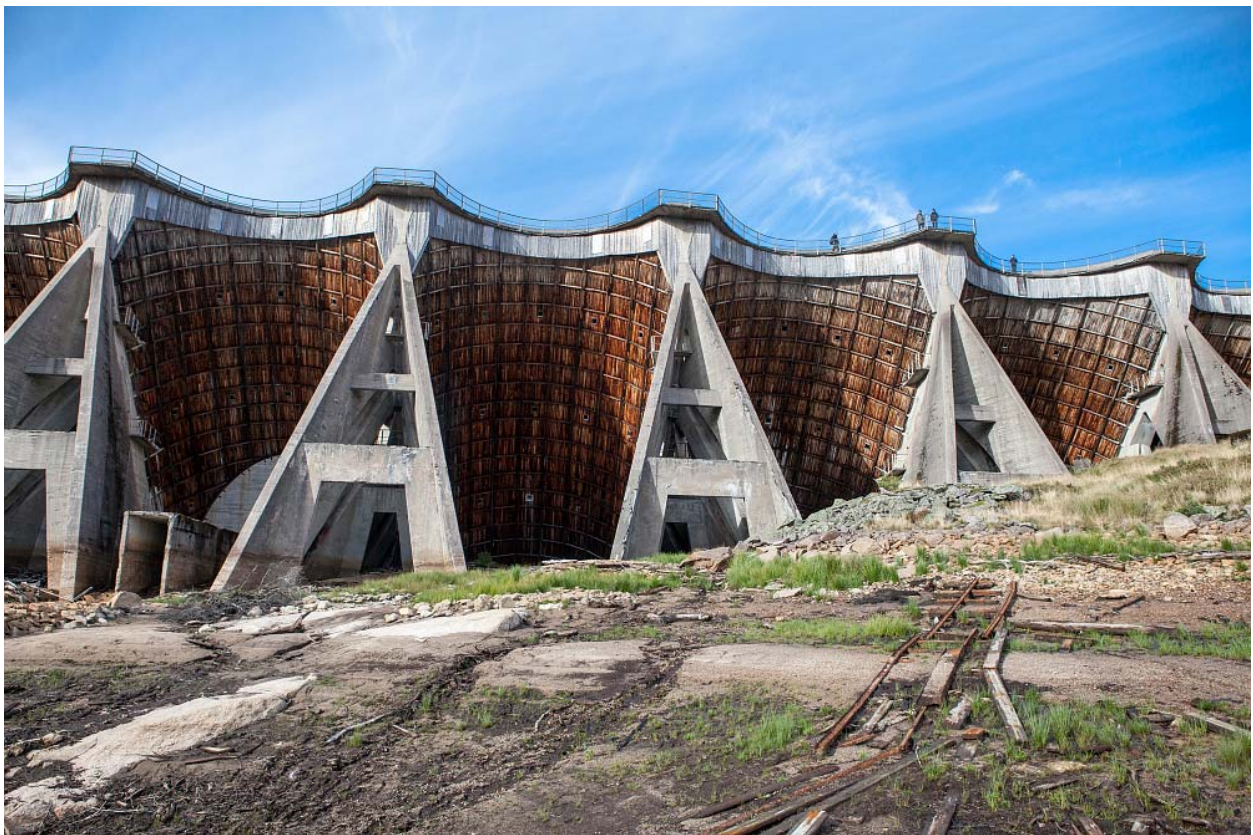


Fig. 3. Dam Nåvatn I. Foto: NVE/Stig Storheil.

I 2013 fikk Agder Energi tillatelse til å rive dammene og utvide magasinet til Skjerka. Dette innebar at alle de opprinnelige betongdammene ville bli erstattet med to nye fyllingsdammer. Som avbøtende tiltak satte NVE vilkår om kulturminnefaglig dokumentasjon av dammene før de ble revet, samt av riveprosessen og de nye dammene. Kravene omfattet fotodokumentasjon, men ikke tredimensjonal dokumentasjon av noen form.

Det var et ønske i prosjektet å teste laserskanning som metode på et damanlegg, og i tillegg sammenligne metoden med fotogrammetri for å undersøke metodenes nøyaktighet, effektivitet og nytte versus kostnader. Videre ville man undersøke hvordan metodene er å utføre i felt, samt bygge en forståelse av fotogrammetri og laserskanning i kontekst av arbeidet med utvikling av en nivåbasert dokumentasjonsstandard. Tatt i betraktning Nåvatndammenes høye verdi og nær forestående riving, ble det besluttet å bruke Nåvatn III til denne piloten. Dammen ligger også i et værutsatt område høyt til fjells, noe som ville gi en god test av bruk av drone vs bakkeutstyr.

Koordinat AS ble hyret inn for å utføre dokumentasjonen, og feltarbeidet ble utført over fem dager i begynnelsen av november 2017.

Testen viser blant annet at laserskanning gir mer stabile resultater som er mindre avhengig av både kompleksiteten i anlegget og værforholdene på stedet. Fotogrammetri er tilstrekkelig for å utarbeide 3D-modeller av terrenget og mindre komplekse deler/fasader av flerbuedammen. Metoden sliter imidlertid med å gjengi mørkere deler og repeterende mønstre som man finner på isolasjonsveggen på dammens luftside, samt de kryssende betongbjelkene. Fotogrammetri hadde sannsynligvis vært tilstrekkelig for å utarbeide gode 3D-modeller av betongdammene Nåvatn II og IV, som har mindre kompleksitet i struktur og overflater.

Se rapporter fra Koordinat for nærmere informasjon og resultater fra selve dokumentasjonsarbeidet og fra Tom Davies for en sammenstilling av resultatene, vedlegg 6.3.2.



Fig. 4. Dam Nåvatn III, fotogrammetri av dammens vannside. Foto: NVE/Koordinat AS.



Fig. 5. Dam Nåvatn III, laserskanning av dammens luftside. Foto: NVE/Koordinat AS.

2.3 Tinfos

Tinfos II ligger på Notodden i Telemark, ble satt i drift i 1912 og er fortsatt i produksjon. Kraftverket ble fredet som del av Tinfos kulturmiljø i 2014 og er en del av UNESCOs verdensarvområde Rjukan-Notodden.

I mai 2017 ble det gjennomført en pilot på Tinfos II der ulike digitale dokumentasjonsmetoder skulle testes ut på interiøret i en kraftstasjon. Telemark fylkeskommune har bred erfaring med digital dokumentasjon av nyere tids kulturminner. I et samarbeid med dem ville vi teste ut ulike

metoder for å konstruere 3D-modeller, samt diskutere ulike strategier for fotodokumentasjon av interiør fra vanlig fotografering til fotogrammetri.



Fig. 6. Tinfos II på Notodden. Foto: NVE/Stig Storheil.

Deltakere fra Telemark fylkeskommune var Sindre Arnkværn og Anund Grini, fra Kraftmuseet Dag Endre Opedal og fra NVE Stig Storheil, Unn Yilmaz og Christine Snekkenes.

I pilotene Longerak og Nåvatn, har vi testet ut bruk av drone til å lage 3D-modeller gjennom laserskanning og fotogrammetri. I disse pilotene har hovedfokuset vært på eksteriør og store utendørsområder, fra kraftstasjon til dam. Hensikten med denne piloten var å se hvordan de samme metodene ville fungere i et interiør. I flere av de eldre kraftstasjonene er maskinhallene store saler, med tilhørende stort og komplisert maskineri. I tillegg kan kraftstasjonene ha flere små rom og trappeløp som kan være vanskelig å få frem gjennom vanlig fotografi.

Dokumentasjonsmetoder som ble testet på Tinfos II:

- Bruk av Matterport-kamera for 3D-modell av interiør
- Fotogrammetri av interiør/rom
- Fotogrammetri av aggregat
- Testing av 360 graders foto, vidvinkel og andre fototeknikker i interiør.
- Fotomosaikk/ortofoto av fasader
- Vi ønsket også lage et eksempel på et romskjema, og hvordan vise sammenheng mellom foto, plantegning og beskrivelser.

Matterport er et roterende kamera som kombinerer foto med laserskanning for å lage 3D-modeller av interiører. Det er hovedsakelig brukt av eiendomsbransjen som et enkelt og brukervennlig verktøy for å lage interiørvisninger av boliger. Telemark fylkeskommune har tatt kameraet i bruk for å dokumentere interiører i kulturminner, som for eksempel tungtvannskjelleren på Vemork: <https://my.matterport.com/show/?m=7M1zgGKsMiL>.

Det viste seg raskt at det å fotografere en hel maskinhall med maskineri for å lage serier med overlappende bilder av alle flater til bruk i fotogrammetri var svært komplisert og tidkrevende. Forsøket ble avbrutt, og det ble heller fokusert på å ta bilder til fotogrammetri av ett aggregat. Her ble kamera montert på stang for å kunne ta bilder av aggregatet ovenfra.



Fig. 7. Dokumentasjon av aggregat til fotogrammetri. Foto: NVE/Stig Storheil.

Bruk av Matterportkamera for å dokumentere interiør viste seg å være raskt og enkelt sammenlignet med fotogrammetri. Det er et brukervennlig verktøy, og man får en forhåndsvisning av det ferdige resultatet etter hvert som man skanner rommet, slik at man kan korrigere skanningen underveis. Det er mulig å bevege seg gjennom rommene i den ferdige 3D-modellen, og resultatet blir veldig formidlingsvennlig.

Se notat for Tinfos II, vedlegg 6.3.3 for nærmere beskrivelser av metodene og erfaringer, samt lenker til 3D-modellene.

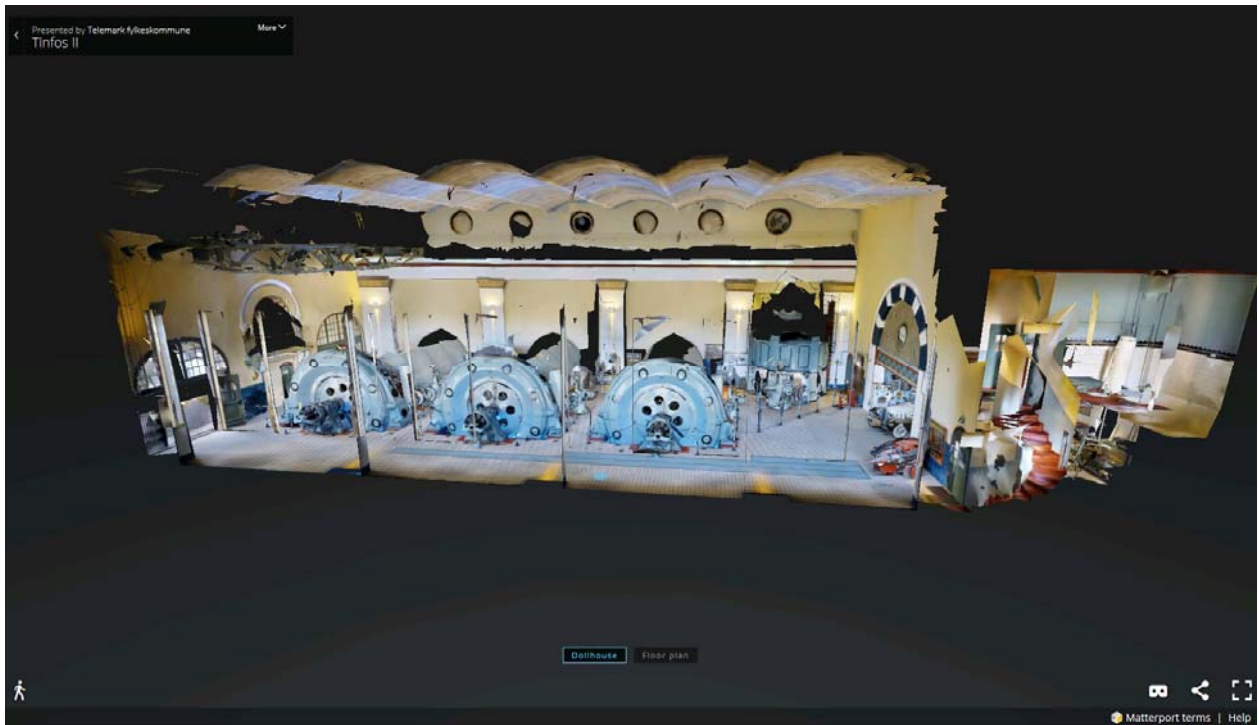


Fig. 8. Matterport 3D-modell av interiøret i Tinfos II. Foto: Telemark Fylkeskommune/Sindre Arnkværn.

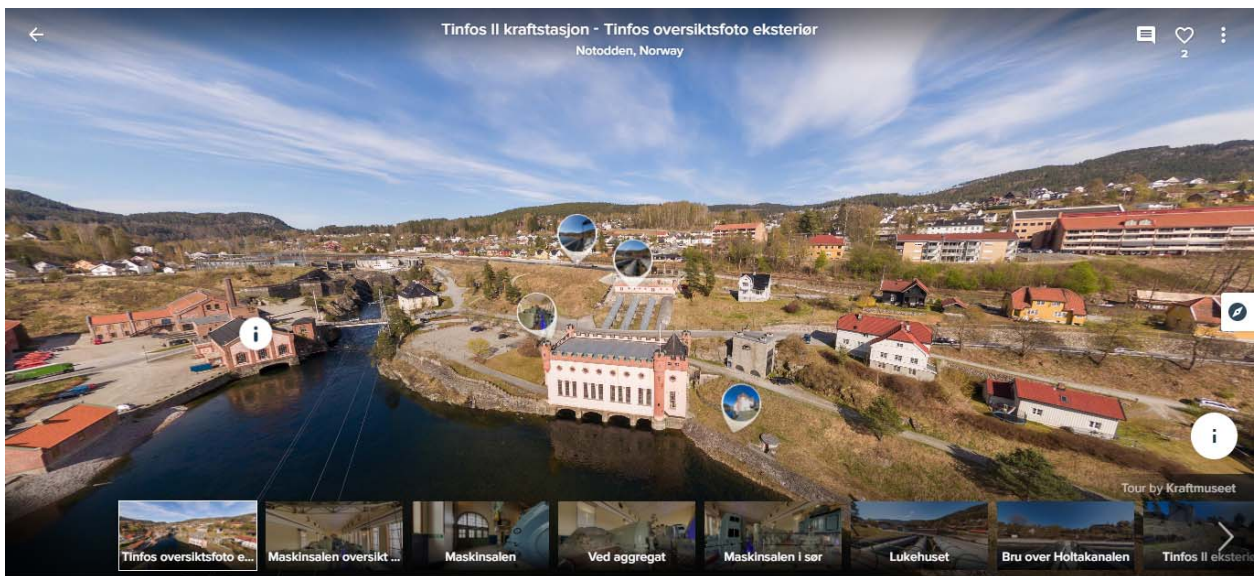


Fig. 9. Bilde fra 360-graders visning av Tinfos II med omgivelser. Foto: NVE/Kraftmuseet - Norsk vasskraft- og industristadmuseum/Dag Endre Opedal.

2.4 Haugsjå

Dette er en delpilot for å teste foto på dokumentasjonsnivå to og tre i Historic Englands dokumentasjonsstandard. Dag Endre Opedal fra Kraftmuseet vil utføre delpiloten og målet er å

finne ut hva slags tilpasninger som må gjøres for at denne standarden skal være dekkende for fotodokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner.

Dam Haugsjø ligger i Nidelva i Froland kommune i Aust-Agder. Dammen er inntaksmagasin for Bøylefoss kraftverk, som ligger 2 km lenger ned langs vassdraget. I NVEs temaplan «Dammer som kulturminner» trekkes Haugsjø dam frem som en viktig del av det kraftverkhistoriske miljøet Bøylefoss. I vurderingen trekkes flomløpets hoppbakkform frem som et viktig arkitektonisk element. At dammen er en eldre type massiv betongdam med forblending i stein og tallrike luker og seksjoner gjør Haugsjø til et unikt kulturminne. I en fotodokumentasjon er det viktig at disse særtrekkene blir tillagt betydelig vekt.

Haugsjø dam skal rehabiliteres for å møte nye sikkerhetskrav. Det planlagte tiltaket innebærer økning av dammens stabilitet ved gjenstøpning av flomluker, nytt kjøredekke på damtopp, samt nye forankringsstag til fjell. Dammens utforming og steinfasade søkes bevart i den grad det er forenlig med tiltakene. Nytt flomløp med tre store flomluker etableres vest for eksisterende dam. Estimert uttak av masse for ny flomkanal oppstrøms og nedstrøms de nye lukene er på 80 000 m³. Damvokterbolig og eldre uthus må rives. I en fotodokumentasjon er det viktig at de delene av dammen som omfattes av ombyggingen blir tillagt betydelig vekt.



Fig. 10. Haugsjø dam. Foto: Kraftmuseet - Norsk vasskraft- og industristadmuseum/Dag Endre Opedal (CC-BY-SA)

Se vedlegg 6.3.4 for Dag Endre Opedals notat om gjennomføring av fotodokumentasjon for Haugsjø dam. Notatet tar for seg grunnleggende fotografering, himmelretninger, geotagging og bruk av kompass, samt refleksjoner rundt standarden og tilpasninger.

Se også resultatet, 188 bilder av Haugsjø dam på Digitalt Museum:
<https://digitaltmuseum.no/021017340734/dokumentasjon-haugsjø-dam>

2.5 Hakavik

Hakavik kraftverk i Øvre Eiker, Buskerud, ble satt i drift i 1922 for å levere 16 2/3 Hz strøm til jernbanen mellom Kristiania og Drammen. Opprinnelig maskineri er bevart og fremdeles i drift, og kraftverket er nå under fredning som del av Statkrafts landsverneplan. Hakavik var i 2018 inne i sitt siste år med drift på den gamle måten i form av manuell innfasing og oppstart av aggregat, før prosessen automatiseres i 2019.

Ved dokumentasjon av tekniske og industrielle kulturminner er funksjon, prosesser og produksjonslinjer vesentlige elementer. Det er viktig å benytte seg av kunnskapen som de ansatte har når det kommer til å dokumentere driften av anleggene. Intervjuer og film av ansatte som demonstrerer og forklarer prosesser er verdifull dokumentasjon, i tillegg til rene beskrivelser, tegninger, diagrammer eller flytskjema.

For å dokumentere den manuelle prosessen ved å starte opp og stoppe aggregatene, utførte Dag Endre Opedal fra Kraftmuseet et «walk and talk» intervju med driftsansvarlig på Hakavik, kombinert med film av hele prosessen. Resultatet vil etter hvert publiseres på Digitalt Museum.



Fig. 11. Dokumentasjon av manuell prosess, Hakavik. Foto: NVE/Stig Storheil.

Se vedlegg 6.3.5 for Dag Endre Opedals notat om bruk av film og intervju for dokumentasjon av den manuelle prosessen på Hakavik.

3.0 Leveranser

3.1 Nivåbasert dokumentasjonsstandard

På grunnlag av eksisterende dokumentasjonsstandarder, erfaringer fra piloter, tilpasninger til sektoren og formelle krav til NVEs saksbehandling, lagring og formidling, er det utarbeidet en første versjon av en dokumentasjonsstandard for vassdrags- og energisektoren, se vedlegg 6.1. Med økt erfaring fra dokumentasjonsprosjekter er målet at standarden med veiledning vil forbedres og ytterligere tilpasses forskjellige typer anlegg.

Standarden er basert på tre nivåer som legger grunnlag for minstekrav til dokumentasjon fra mindre (nivå 1) til mer omfattende saker (nivå 3). Nivåene skal kunne overlappe og kravene tilpasses de aktuelle sakene og anleggene før de sendes ut til anleggseierne.

Nivåene redegjør for minstekrav til dokumentasjon, men vil kunne variere/overlappe ettersom de tilpasses de konkrete sakene. Dokumentasjonskravene bør stå i forhold til tiltakets omfang og verdiene som blir berørte, og det er nødvendig å gjøre en konkret vurdering for hver sak. Omfanget og detaljeringen på dokumentasjonen vil øke med størrelsen på inngrepet og verdien på anlegget. I noen tilfeller kan det være aktuelt å dokumentere de forskjellige objektene i et anlegg ut fra forskjellige nivåer, alt etter type tiltak og verdi knyttet til hvert objekt.

Tabellen under setter opp forslag til et utgangspunkt for dokumentasjonsnivå basert på type tiltak og verdi på anlegg, fra lavt til høyt nivå. Tilpasninger må gjøres til hver sak alt etter den spesifikke situasjonen – hva er spesielt med anlegget, hva bør fokuseres på, hva finnes av dokumentasjon fra før osv.

Tiltak	Behov	Nivå	Merknader
Mindre endringer på et anlegg	En oversikt over anlegget, beskrivelse av element(ene) før endring, fotodokumentasjon og beskrivelse av selve tiltaket.	1	For eksempel utskiftning av et aggregat eller mindre omfattende forsterkning av en dam
Endring/riving av objekter som ikke har høy verdi/ikke er vektlagt i temaplaner/ listeføring	Vise utvikling og funksjonell sammenheng i anlegget, fokusere på illustrasjoner og foto.	1-2	Viktigere objekter i anlegget som endres/rives dokumenteres på nivå 2-3
Større endring av anlegg med høy regional eller nasjonal verdi	Detaljert dokumentasjon av anlegg/berørte objekter før endring, kontekst for/ dokumentasjon av tiltaket samt ferdig resultat.	2-3	Bruk av flere kilder. Omfattende illustrasjoner og foto. Fotodokumentasjon også under og etter tiltaket
Riving av anlegg/deler av anlegg med høy regional eller nasjonal verdi	Detaljert dokumentasjon av anlegget, dets historikk, funksjon og betydning, samt tiltak og evt ferdig resultat etter endring.	3	Bruk av flere kilder, mer analytisk. Omfattende illustrasjoner og foto. Fotodokumentasjon også under/etter riving/ending.

Tab. 1 Dokumentasjonsnivåer

Standarden innleder med noen generelle krav til beskrivelser, illustrasjoner og foto, som tar for seg grunnleggende aspekter som det å skille beskrivelser fra tolkning, kildereferanser, godt kartgrunnlag, formater, lisenser og metadata på bilder. Et grunnleggende prinsipp er at all dokumentasjon som sendes inn til NVE skal kunne formidles og deles fritt. Etter innføringen av GDPR er krav til personvern blitt strengere, slik at det nå kreves skriftlig samtykke fra alle personer som blir avbildet eller intervjuet. Det er utarbeidet et eget samtykkeskjema for NVE som skal brukes i alle dokumentasjonsprosjekter, se vedlegg 6.1.

Dokumentasjonsstandarder er videre delt opp i følgende tematiske grupper:

1. Innledende informasjon

- Denne delen skal fungere som en innledning til dokumentasjonen. Her skal det oppgis grunnleggende opplysninger om anlegget/objekt(ene) som dokumenteres, informasjonen som kommer fram i de senere gruppene oppsummeres, og det skal informeres om hvor dokumentasjonen lagres og tilgjengeliggjøres. I tillegg skal det redegjøres for dokumentasjonsarbeidets bakgrunn og premisser.
- Innledende informasjon skal inngå i alle tre nivåene.

2. Utbygging og endring

- Hensikten med denne delen er å gi en redegjørelse for anleggets/objekt(ene)s utvikling og eventuelle endringer fra utbygging og drift, fram til i dag. Det skal brukes beskrivelser, illustrasjoner, foto og muntlige kilder der det er mulig.
- Dokumentasjon av utbygging og endring inngår i alle tre nivåene, men omfanget tilpasses de aktuelle sakene.

3. Arkitektur, teknologi og produksjon

- Denne delen skal gå mer i detalj i beskrivelser av arkitektur og funksjon. Eksteriør og interiør skal gjennomgås systematisk med beskrivelser, illustrasjoner og foto som skal henge sammen og ha en logisk rekkefølge. For interiører skal det brukes romskjema som knyttes sammen med nummererte plantegninger og foto. Her skal også anleggets produksjonslinje, prosesser og teknologi beskrives, og beskrivelsene suppleres med film og muntlig informasjon fra informanter som kjenner anlegget og driften.
- Dokumentasjon av arkitektur, teknologi og produksjon inngår i alle tre nivåene, men omfanget tilpasses de aktuelle sakene.

4. Kontekst og betydning

- Hensikten med denne delen er å gå mer i dybden i anleggets arkitektoniske, landskaps- og samfunnsmessige kontekst og betydning. Sette forskjellige faser og aspekter ved anlegget inn i en videre kontekst på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå. Hva er potensialet for videre undersøkelser av anlegget, hvilke spørsmål er ubesvart?
- Dokumentasjon av kontekst og betydning inngår i nivå 3.

5. Tiltak

- Denne siste delen dokumenterer konkrete tiltak som skal gjøres på anlegget eller objektet, slik som endringer eller rivinger. Denne delen gjennomføres etter at eksisterende tilstand på anlegget, det aktuelle objektet eller tekniske utstyret er dokumentert. Dokumentasjonen skal omfatte tiltakene under arbeid samt det ferdige resultatet.
- Dokumentasjon av tiltak inngår i alle tre nivåene og tilpasses de aktuelle sakene.

6. Kilder og ordforklaring

- Komplette kildeliste og forklaring av fagtermer som brukes gjelder for alle nivåer.

3.2 Registreringsskjema

Som et ledd i å effektivisere og forenkle oppfølgingen av dokumentasjonskrav, samt å forbedre tilgjengeliggjøring og formidling av informasjonen som samles inn, ble det allerede i forprosjektet besluttet å benytte et digitalt registreringsskjema. I samarbeid med seksjon for systemutvikling (ASU), ble utvikling av et kulturminneskjema en pilot i NVEs Min Side-prosjekt.

Et grunnleggende krav til registreringsskjemaet er at det skal kunne tilpasses de aktuelle dokumentasjonsnivåene og sakene, slik at det er tydelig for mottaker hvilken informasjon som skal fylles inn. Andre viktige krav til registreringsskjemaet er at det skal være mulig å knytte flere objekter til et anlegg (for eksempel flere dammer, rørgate og kraftstasjon), at det skal være mulig å knytte flere rom til en etasje, og ha flere etasjer i et bygg, og at det skal være mulig å laste opp flere filer (foto eller illustrasjoner) av gangen.

Siden det er begrenset hvor mange felter og hvor mye tekst som bør ligge inne i et skjema, måtte innholdet i standarden justeres som ledd i tilpasningen til et digitalt skjema. Noe av veiledningsteksten ligger som innledende informasjon til de tematiske gruppene, mens resten legges inn som hjelpetekster. Det ble også besluttet å opprette en egen nettside med utdypende veiledning til hvordan dokumentasjonen kan tilpasses forskjellige typer anlegg og eksempler på utfylling som det lenkes til i skjemaet. Nettsiden kan bygges ut og forbedres over tid etter hvert som det blir flere gode eksempler å vise til.

Parallelt med utforming av et registreringsskjema er det utarbeidet en taksonomi, eller ordnet begrepsliste, for sektoren som omfatter aktuelle begreper for å beskrive anlegg, objekter og komponenter. Begrepslisten skal også brukes som utgangspunkt for emneord på bilder, slik at de samme begrepene brukes konsekvent på alle delene av dokumentasjonen. I løpet av arbeidet ble det tydelig at det var et behov for å utvikle en felles taksonomi for hele NVE, og dette ble satt i gang som et eget prosjekt i regi av AIK i 2017. Når taksonomien er ferdig utarbeidet publiseres den på KulturNav: «et nettsted for å skape, forvalte og dele felles åpen terminologi og autoriteter med særlig fokus på behovene til museer og andre kulturarvsinstitusjoner», <http://kulturnav.org/>.

Piloten ble avsluttet i mars 2019, med anbefalinger om hvilken skjema-løsning NVE bør gå videre med, integrasjoner mot fagdatabaser, fagsystemer og kommunikasjon med eksterne. Piloten har også belyst behov for videre arbeid med problematikk rundt lagring og deling av forskjellige typer høyoppløselige data. Arbeid med implementasjon av registreringsskjemaet vil fortsette inn i 2019.

3.3 Implementasjon/resultater tatt i bruk

Dokumentasjonsstandarden skal implementeres i konsesjonsbehandlingen der NVEs utvalgte kulturminner berøres av tiltak som for eksempel endringer eller nedlegginger. NVE kan her stille krav om kulturminnefaglig dokumentasjon av anlegg som et avbøtende tiltak for å ivareta anleggenes kulturminneverdier. Standardiserte krav med veiledning vil øke forutsigbarheten og likebehandlingen i sakene, og øke kvaliteten på dokumentasjonen som blir samlet inn. Det digitale registreringsskjemaet vil sørge for enklere utfylling for eiere/konsulenter, og sikre forbedret lagring og tilgjengeliggjøring av dokumentasjonen for senere forskning og formidling av vassdrags- og energihistorien. Standarden vil også brukes som veiledning/rådgivning i saker der NVE vil anmode om dokumentasjon, eller til eiere, kulturminneforvaltning og frivillige som ønsker å dokumentere sektorens kulturminner.

Standarden er allerede tatt i bruk i forbindelse med riving av deler av kraftledningen Lysebotn-Tronsholen, som er et av NVEs utvalgte kulturminner. Statnett har her vært tidlig ute, og hyrt inn Rogaland fylkeskommune til å dokumentere ledningen ut fra den nye standarden, i påvente av konsesjonsvedtak. Andre aktuelle saker er fornyelse av koblingsanlegget til Tronsholen transformatorstasjon og kraftledningen Refsdal-Fardal. Den vil også brukes som veiledning ved dokumentasjon av ledningen Orkdal-Snillfjord, som fikk vilkår om dokumentasjon i 2012 i forbindelse med riving. Her er det TrønderEnergi Nett som er tiltakshaver. I tillegg er standarden sendt ut som veiledning til eiere og forvaltning i forbindelse med dokumentasjon av eldre kraftverk.

Det jobbes i 2018 og 2019, i samarbeid med Kraftmuseet og Anno Norsk Skogmuseum, med utvikling av en ny løsning for lagring, tilgjengeliggjøring og formidling av informasjon om vassdrags- og energisektorens kulturminner og kulturhistorie. I dette arbeidet inngår også løsninger for lagring, tilgjengeliggjøring og formidling av innsendt dokumentasjon.

4.0 Referanser og kilder

Historic England (2008, 2016): *Understanding Historic Buildings – A Guide to Good Recording Practice*. <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/understanding-historic-buildings/heag099-understanding-historic-buildings/>

Jernkontoret (2014): *Industridokumentation. Hur och varför?* Jernkontorets berghistoriska skriftserie nr. 47. Red: Peter Du Rietz & Anna Lindgren.

Leden, S. (2017): *Forvaltning av museumsbygninger. Bygningsvern i museer*. Kulturrådet. <https://www.kulturradet.no/documents/10157/2fe9164f-cb99-4c86-96af-0af03feab2f9>

NVE (2015): FoU-forprosjekt 80100: Sektorens kulturminner : bevaring som arkivverdig materiale : metodeutvikling og etablering av god praksis : sluttrapport. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_132.pdf

NVE (2016): *Strategi for NVE 2017-2021* https://www.nve.no/Media/4899/strategi-2017-web_spread.pdf

NVE (2018): Veileder for oppfølging av NVEs utvalgte kulturminner – roller, ansvar og virkemidler <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/nves-utvalgte-kulturminner/veileder-for-oppfolging-av-nves-utvalgte-kulturminner-roller-ansvar-og-virkemidler/>

Miljøverndepartementet, St. meld. nr. 16 (2004-2005): *Leve med kulturminner*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-16-2004-2005-/id406291/sec1>

Olje- og energidepartementet (1999). *Miljøhandlingsplan for olje- og energisektoren*. <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/oed/rap/2001/0001/ddd/pdfv/125090-1-83.pdf>

Olje- og energidepartementet (2016). *Tildelingsbrev til Norges vassdrags- og energidirektorat*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/98bccb1372ab47c99cc0a08e25752066/tildelingsbrev-til-norges-vassdrags--og-energidirektorat-for-2016.pdf>

Riksantikvaren (2005): Riksantikvarens standard/mal for dokumentasjon. <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/175701/Dokumentasjonsmal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

U.S. Department of the Interior, National Park Service (1983, 2003): *Secretary of the Interior's Standards and Guidelines for Architectural and Engineering Documentation*. <https://www.nps.gov/history/hdp/standards/index.htm>

5.0 Formidling og workshops

Seminar april 2016, Teknisk Museum: Tverrsektorielt seminar om dokumentasjon av tekniske og industrielle kulturminner. Presentasjon av DOKIVER.

Workshop 22.09.2016, NVE: Dokumentasjon og registrering av tekniske og industrielle kulturminner. Kulturminneforvaltning og museer. Arrangør.

Presentasjon på NVEs FoU-dager 2016

Seminar 09.-10.11.2016, NVE: Tekniske og industrielle kulturminner – Arkivmessig bevaring og formidling. Arrangør og presentasjon DOKIVER.

Forelesning nov 2016, Universitetet i Tromsø: Vassdrags- og energisektorens kulturminner og dokumentasjon. Presentasjon av DOKIVER for studenter på industriell arkeologi.

Artikkel: Dokumentasjon av kulturminner gjennom 3D-modeller. Lokalhistorisk Magasin 03.2017

Presentasjon på NVEs FoU-dager 2017

Seminar 18.10.2017, NVE. Fotodokumentasjon av tekniske og industrielle kulturminner. Arrangør og presentasjon DOKIVER.

Sluttkonferanse 19.-20.09.2018, Kraftmuseet: DOKIVER 2018 – Hvorfor kulturminnedokumentasjon? Arrangør og presentasjon.

<https://nvedokiver.wordpress.com/hovedkonferansen/>

Presentasjon på NVEs FoU-dager 2018

6.0 Vedlegg

6.1 Dokumentasjonsstandard med nivåer og veiledning

6.2 Samtykkeskjema

6.3 Rapporter og notater fra pilotene

6.3.1 *Longerak*

6.3.2 *Nåvatn*

6.3.3 *Tinfos II*

6.3.4 *Haugsjå*

6.3.5 *Hakavik*

Dokumentasjonsstandard - NVE

Beskrivelser

I beskrivelsene er det viktig å skille mellom det som er rene observasjoner i felt, tolkninger og informasjon som er hentet fra skriftlige eller muntlige kilder. Det vil alltid være nødvendig med kildehenvisninger i teksten, i tillegg til en litteraturliste. Beskrivelsene skal knyttes til illustrasjoner og bilder.

Illustrasjoner

Kart og kartdata skal være oppdatert og hentes fra Kartverket, Norgeskart, Geonorge e.l. (Google maps er ikke tilstrekkelig).

Kartene skal ha beskrivende tittel, navn på utfører, dato, målestokk og nordpil. De ulike anleggselementene skal markeres med tekst eller nummerering med en tilhørende forklaring.

Alt som brukes av kart og illustrasjoner i rapporten skal også overføres NVE som egne filer.

Foto/film

Alle nye foto skal ha åpen lisens (CC BY-SA/CC BY <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) og overføres NVE i formatene JPG eller TIFF uten nedskalering. Det skal brukes systemkamera med minimum 15 mp oppløsning.

Alle personer som avbildes må samtykke skriftlig om at NVE kan lagre og offentliggjøre foto og film. Eget samtykkeskjema skal brukes.

Organiser og nummerer/navngi nye foto så de ligger i en logisk rekkefølge, for eksempel fra oversiktsbilder til eksteriør og interiør, gjennom rom og etasjer, eller langs ledninger.

Det må legges metadata på foto og film: prosjektnavn, kommune, fotograf, motiv, himmelretning (foto), dato og beskrivelse av motiv.

Det skal utarbeides en fotoliste med bildenummer og metadata, for eksempel i Excel.

Info om lisens/bruksrettigheter på nye og historiske foto og film skal alltid oppgis.

Det skal ikke sendes inn informasjon, illustrasjoner, foto eller film som av ulike årsaker ikke kan formidles eller deles fritt.

1.0 Innledende informasjon

Denne delen skal fungere som en innledning til dokumentasjonen. Her skal informasjonen som kommer fram i de senere bolkene oppsummeres, og det skal informeres om hvor dokumentasjonen lagres og tilgjengeliggjøres. I tillegg skal det redegjøres for dokumentasjonsarbeidets bakgrunn og premisser.

1.1 Anleggets navn, eier og beliggenhet.

Adresse om det finnes, kommune, fylke, samt henvisning til kart.

Illustrasjoner:

- Oversiktskart som plasserer anlegget i Norge og i regionen, med de viktigste stedsnavnene, samt stedsnavn som omtales i beskrivelsene.
- Detaljkart over eksisterende anlegg med forklaringer og stedsnavn. Kartet skal vise anleggets elementer i forhold til hverandre (for eksempel dam, vannvei, stasjon, kanaler, traséer, transportsystemer), samt anleggets forhold til topografi, landskap og relevante landskapselementer.

Eventuelt: Kartfesting av anlegg skal også oversendes på shapefil (.shp pluss tilhørende filformater). For eksempel mastepunkter.

1.2 Vernestatus

Opplysning om eventuell vernestatus (vern etter kulturminneloven, plan- og bygningsloven, statlige landsverneplaner/listeføring, regionale eller lokale kulturminneplaner).

1.3 Prosjektnavn. Dato for utført dokumentasjonsarbeid og navn på de som utfører arbeidet.

1.4 Lagring og tilgjengeliggjøring

Redegjørelse for hvor dokumentasjonen og arkivmateriale er lagret og tilgjengeliggjort. Hvilken tilstand er det på arkivmaterialet, er det spredt på flere arkiver?

1.5 Oppsummering

Dette punktet skal være en kort oppsummering av anleggets alder, utforming og funksjon, samt endringshistorikk. Ta med navn på arkitekter, byggmestre og eiere der dette er kjent.

1.6 Formål, avgrensning og metode

Redegjørelse for bakgrunnen for dokumentasjonsprosjektet:

- a) Beskrivelse av formål
- b) Begrunnelse av omfang og avgrensninger

c) Beskrivelse av metoder

Konsesjonsvilkår og krav for dokumentasjon skal legges ved rapporten.

Nivå 1-3 på alle punktene

2.0 Utbygging og endring

Hensikten med denne delen er å gi en redegjørelse for anleggets/objektets utvikling og eventuelle endringer fra utbygging og drift, fram til i dag. Bruk beskrivelser, illustrasjoner, foto og muntlige kilder der det er mulig.

2.1 Utviklingsfaser og endringshistorikk

En kronologisk oversikt over anleggets/objektets utviklingsfaser og endringshistorikk fra utbygging fram til i dag. Tidspunkt for endringer og utvidelser skal inn her, sammen med en beskrivelse av årsak og kontekst. For eksempel utvidelser av kraftverk, utskiftning av aggregater, endringer i luker og luketyper for dammer, utskiftning av master og liner, flytting av transformatorer og koblingsanlegg.

Ta med informasjon om arkitekt/ingeniør og byggmester/leverandører for de forskjellige fasene der dette er kjent. Informasjon om byggefirma, leverandører av byggematerialer, maskineri, o.l.

Oppgi om informasjonen kommer fra skriftlige kilder eller er observert i anleggets fysiske struktur, og om dato/tidspunkt for endringene er sikre eller estimert. Bruk også historiske bilder, kart og tegninger for informasjon om endringshistorikk.

Vurder kritisk tegninger og illustrasjoner, ble utbyggingsplaner gjennomført og ble det gjort tilpasninger eller endringer i den praktiske utførelsen? Relater dette til eventuelle nyere illustrasjoner og modelleringer, er det brukt historiske kart og illustrasjoner som grunnlag, og er eventuelle avvik mellom planer og utførelse tatt med?

Illustrasjoner:

- Kopier av historiske kart, tegninger, illustrasjoner eller bilder som illustrerer anleggets/objektets utvikling, med eiers tillatelse. Redegjør for materialets bruksrettigheter.
- Suppler med nye, digitale kart og illustrasjoner som viser utviklingsfasene. Vurder om kart eller tegninger, eller en kombinasjon, egner seg best for å oppnå en god illustrasjon. De forskjellige fasene i anleggets utvikling kan vises med skravering, farge eller forklaringer. De originale tegningene, som brukes som utgangspunkt til å lage illustrasjon av utviklingsfaser, skal legges ved og refereres til.

Nivå 3

Foto:

- Eventuelle detaljer eller spor som illustrerer endringer og ombygginger av anlegget.

2.2 Spor etter objekter som er revet

Spor etter objekter knyttet til anlegget som er revet, for eksempel rørgater, dammer eller bygninger. Disse kan illustreres med foto, kart, tegninger eller digitale modeller, der historikk og forholdet til anleggets øvrige objekter kommer fram.

2.3 Relevant informasjon fra informanter

Relevant informasjon fra eiere, ansatte, byggmestre, arkitekter eller andre som er kjent med anleggets utbygging og endring, inkludert muntlige historier. Kildene må oppgis og muntlig informasjon vurderes og settes i kontekst.

Skriv en kort beskrivelse av hva intervjuene handler om, og legg ved lydspor. Bruk eget samtykkeskjema for bruksvilkår av intervju og foto som skal fylles ut for hver informant.

Nivå 2-3 på alle punktene unntatt der spesifikt nivå er merket

Mindre endring – nivå 1

3.0 Arkitektur, teknologi og produksjon

Denne delen skal gå mer i detalj i beskrivelser av arkitektur og funksjon. Eksteriør og interiør skal gjennomgå systematisk med beskrivelser, illustrasjoner og foto som skal henge sammen og ha en logisk rekkefølge. For interiører skal det brukes romskjema som knyttes sammen med nummererte plantegninger og foto. Her skal også anleggets produksjonslinje, prosesser og teknologi beskrives, og beskrivelsene suppleres med film og muntlig informasjon fra informanter som kjenner anlegget og driften.

3.1 Systematisk beskrivelse av eksteriør og interiør

En systematisk gjennomgang og beskrivelse av anleggets eller objektets struktur, arkitektur og materialbruk.

- a) Eksteriør: beskrivelser av objektet – arkitektur/utforming, materialbruk, funksjonelle elementer, dekor.

Koble sammen beskrivelsene med foto av fasader/flater og evt tegninger.

- b) Ved mindre endringer på objekter: beskrivelser av elementene som endres eller skiftes ut (for eksempel damluker, rørgater, koblingsanlegg), arkitektur/utforming, materialbruk, funksjonelle elementer, dekor. *Nivå 1*

Illustrasjoner:

- Målsatte tegninger av fasader/flater som illustrerer objektets utforming og funksjon. Påfør hvilken himmelretning fasaden eller flaten vender seg mot.

Dette kan også oppnås gjennom 3D-modellering fra laserskanning, fotogrammetri eller perspektivjustert fotografi/fotomosaikk som grunnlag for nye tegninger.

- Kraftledninger: Målsatte tegninger av representative og spesielle master.
- Ved mindre endringer: tegninger av elementene som endres eller skiftes ut, og som illustrerer utforming og funksjon. *Nivå 1*

Foto:

- Oversiktsbilder av anlegget i landskapet og omgivelsene, samt bilder som viser sammenhengen mellom de enkelte objektene i anlegget (for eksempel dam, vannvei, stasjon osv).

Vurder å supplere med foto og film fra drone. Drone bør ha minimum oppløsning 12 mp.

3D-modeller (fotogrammetri, laser) kan brukes som supplement for å illustrere dette.

- Illustrerende bilder som viser sammenhenger i utforming og funksjoner i anlegget, som for eksempel er indikert i skriftlige kilder eller utledet fra objektet eller omgivelsene.
 - For eksempel inntak og utløp fra kraftstasjoner
- Systematiske bilder av objektets eksteriør som dekker alle fasadene/flatene. Ta perspektivjusterte bilder rett på fasadene/flatene, samt bilder som får med seg to fasader/flater der det er mulig for å gi et inntrykk av form og størrelse. Nummerer bildene i en logisk rekkefølge. Vurder behov for bruk av drone
- Kraftledninger, rørgater og andre lineære objekter. Det anbefales å bruke linser som ligger mellom moderat vidvinkel til moderat tele, eks 24-70 mm, for å unngå forvrengning av ledninger. Bildene skal organiseres og nummereres i en logisk rekkefølge:
 - Kontekstuelle bilder som viser ledningens eller rørgatas vei gjennom landskapet – vurder bruk av drone og film for å vise oversikt og sammenheng
 - Vanlige eller viktige enkeltobjekter som hører til – master, trafoer, rørfundamenter
 - Kraftledninger: detaljbilder av representative master, samt av master med spesielle tilpasninger til terreng eller tekniske løsninger.
- Ved mindre endringer: foto av det berørte objektet som setter elementene som skal endres inn i en kontekst. Mer detaljerte foto av elementene som endres eller skiftes ut, og som illustrerer utforming og funksjon.

Nivå 1

- c) Interiør: Systematiske beskrivelser av flater, strukturelle elementer, teknisk utstyr og eventuelle andre detaljer, rom for rom, etasje for etasje.

Beskrivelsene skal inn i et romskjema og kobles sammen med romnummer på plantegning og foto – se *Illustrasjoner/romskjema* og *Foto/interiørfoto* under.

- d) Ved mindre endringer i interiør: beskrivelser av elementene som endres eller skiftes ut, for eksempel aggregater eller annet teknisk utstyr.

Nivå 1

Illustrasjoner:

- Målsatte plantegninger av eksisterende forhold. Målestokk velges ut fra hva som er mest hensiktsmessig for anlegget, og oppgis på tegningen, sammen med øvrig informasjon.

Tegningene bør vise form og plassering av strukturelle elementer, døråpninger, vinduer, teknisk utstyr/maskineri (også i himling, slik som skinner, traverskraner o.a.), og eventuelt spor etter tidligere elementer som er fjernet. Eventuelle illustrasjoner av arkitektoniske detaljer (støpejernsporter/trappeløp/rekkverk, listverk, bjelker).

- Ved mindre endringer: hensiktsmessige tegninger som dokumenterer elementene som endres eller skiftes ut, samt deres plassering og funksjon. *Nivå 1*

- Romskjema: plantegning der alle rom er nummererte og som skal kobles opp mot beskrivelser og foto. Plantegningen må indikere himmelretning.

Begynn nummereringen i eventuell underetasje (001, 002, 003), og fortsett med rommene i neste etasje med 101, 102, 103, så 201 osv for neste etasje. Nummerer rommene i en systematisk og logisk rekkefølge.

Foto:

- Ved mindre endringer: foto som dokumenterer elementene som endres eller skiftes ut, samt deres plassering og funksjon. *Nivå 1*

- Interiørfoto – oversikt og detaljfoto av aktuelle rom.

Systematisk interiørfoto av bygninger, rom for rom, etasje for etasje.

Bildene skal kobles sammen med nummerert plantegning og beskrivelser. Romnummer skal følge med på metadata på bildene. Bildene skal tas i en systematisk og logisk rekkefølge gjennom rommene i bygget; vegger (rett på og hjørne til hjørne), gulv og tak, med detaljfoto av maskineri, dører, vinduer, trapper, dekorasjon og eventuelle andre elementer. Nummerer bildene så de ligger i samme systematiske rekkefølge.

- e) Øvrige illustrasjoner og foto:

- Målsatte tegninger som viser viktige strukturelle elementer, som for eksempel bæresystem.

- Målsatte snittegninger som viser eksisterende, vertikale forhold slik som etasje- og takhøyder, og takform.

- Strukturelle og/eller dekorative detaljer i eksteriør eller interiør, som er relevante for objektets utforming og funksjon. Bruk målestokk der det er relevant.

- Datoer eller andre inskripsjoner, skilting på maskineri o.l. som bidrar til en forståelse av objektet eller anlegget. *Nivå 1-3*
- Inventar som har betydning for anleggets historie, slik som verktøy, utskiftet utstyr, maskineri eller andre teknisk utstyr. *Nivå 1-3*
- Foto av kart, tegninger, illustrasjoner og/eller historiske bilder som finnes lagret eller utstilt i anlegget og som forteller noe om dets historie og utvikling. Avklar tillatelse og bruksvilkår med eier.

3.2 Prosesser, teknologi og produksjon

Til dette punktet er det viktig å involvere fagfolk som kjenner prosessen ved anlegget.

- a) Prosesser: Beskriv anleggets prosesser og produksjonslinje, for eksempel fra vannmagasin til overføringsanlegg. Skiller nåværende prosesser/produksjonslinje seg fra den opprinnelige, hvordan har det eventuelt endret seg gjennom anleggets levetid? For eksempel uttak og overføring av vann, type og antall aggregater, endringer i koblingsanlegg. Referer til kilder for denne informasjonen.
- b) Teknologi: beskrivelse av maskineri og teknologi som inngår i prosesser/produksjonslinje. Hvordan har endringer i teknologien påvirket anleggets utforming og prosesser/produksjonslinje.

Maskineri: informasjon om produsent, årstall og teknisk informasjon som typisk er oppgitt på graverte skilt på for eksempel turbiner og generatorer. Prosesser og sammenhenger mellom maskineri bør oppgis der det er aktuelt, eventuelle detaljer om maskineriet kan tas med om det er spesielt viktig eller uvanlig for funksjonen.

- c) Ved mindre endringer: beskrivelse av elementenes (som endres eller skiftes ut) plass og funksjon i produksjonslinjen.

Beskrivelse av teknologi/maskineri som endres eller skiftes ut: informasjon om produsent, årstall og teknisk informasjon som typisk er oppgitt på graverte skilt på for eksempel turbiner og generatorer. Prosesser og sammenhenger mellom maskineri bør oppgis der det er aktuelt, eventuelle detaljer om maskineriet kan tas med om det er spesielt viktig eller uvanlig for funksjonen. *Nivå 1*

- d) Arbeidere: informasjon om typer arbeidsoppgaver relatert til driften av anlegget, hvordan arbeidet ble utført og endringer over tid. Demografisk informasjon om arbeidsstyrken om dette finnes. Gjør bruk av intervjuer og film som forklarer og illustrerer arbeidsprosesser, se pkt 3.4.
- e) Produktet: hvor og hvordan ble/blir kraften overført, hvem var/er brukerne.

Illustrasjoner:

- Målsatte tegninger/illustrasjoner av teknisk utstyr/maskineri (luker, aggregater, transformatorer). *Nivå 1-3*
- Diagrammer som illustrerer produksjonslinje. For eksempel fra dam til kraftverk med utløp og overføringslinjer.

Illustrasjon av produksjonslinje må vise til grunnleggende tegninger, forklaringer og referanser. Diagrammer og prosessflyt bør kobles til øvrige illustrasjoner (plantegninger, snitt osv, evt digitale modeller) for å tydelig illustrere sammenhengen mellom prosess og de relevante delene av anlegget.

Foto:

- Oversikt/omfang: fra magasin, dam, rørledning, stasjon, til overføring og trafo
- Maskineri og teknisk utstyr, eventuelt spor etter tidligere installert utstyr.

Spesiell fokus på maskineri og strukturer involvert i produksjonslinjen gjennom anlegget:

- Inntaksrør, turbiner, generatorer, regulatorer og transformatorer, sammenheng og struktur
- Detaljer på maskineri som forteller noe om dets funksjon

Nivå 1-3

3.3 Tilstand

En generell beskrivelse/vurdering av anleggets tilstand på tidspunktet for dokumentasjon (er det i/ute av drift, er det vedlikeholdt eller står det til forfall).

Foto:

- Evt foto som illustrerer tilstand

Nivå 1-3

3.4. Intervjuer

Relevant informasjon fra eiere, ansatte, byggmestre, arkitekter eller andre som er kjent med utforming og drift av anlegget, inkludert muntlige historier. Kildene må oppgis og muntlig informasjon vurderes og settes i kontekst.

Skriv en kort beskrivelse av hva intervjuene handler om, og legg ved lydspor. Bruk eget samtykkeskjema for bruksvilkår av intervju og foto som skal fylles ut for hver informant.

Nivå 2-3 på alle punktene unntatt der spesifikt nivå er merket

4.0 Kontekst og betydning

Hensikten med denne delen er å gå mer i dybden i anleggets arkitektoniske, landskaps- og samfunnsmessige kontekst og betydning. Sette forskjellige faser og aspekter ved anlegget inn i en videre kontekst på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå. Hva er potensialet for videre undersøkelser av anlegget, hvilke spørsmål er ubesvart?

4.1 Anlegget i landskapet

En vurdering av anleggets opprinnelige og nåværende forhold til dets beliggenhet; landskap, topografi, bebyggelse. Har anlegget betydning som landemerke? Informasjon om evt konflikter og tilpasninger.

Illustrasjoner:

- Illustrasjon/situasjonsplan som viser sammenhengen mellom anleggenes enkelte objekter, samt vesentlige elementer i topografi og landskap.

Teknisk-industrielle anlegg har ofte mange objekter, og kan være spredt over store områder. På større prosjekter kan det være aktuelt å bruke terrengmodeller for å illustrere anleggets layout i landskapet. Vurder om LIDAR fra Kartverket har god nok oppløsning, og om bruk av skanning fra drone evt gir bedre resultater.

4.2 Arkitektonisk kontekst og betydning

En vurdering av anleggets arkitektoniske og historiske kontekst, og dets betydning lokalt, regionalt eller nasjonalt med tanke på opprinnelig form, konstruksjon, design, materialbruk, samt formål, status og historiske assosiasjoner.

Hvilke sammenhenger/tilpasninger er gjort mellom arkitektur og teknologiske/funksjonelle aspekter?

Arkitekt/ingeniør: opplysninger eller kort biografi, særlig om arkitekten eller ingeniøren bak anlegget er lokal eller lite kjent.

Karakter: en vurdering av anleggets/objektets arkitektoniske eller teknologiske kvaliteter, med vekt på uvanlige eller sjeldne aspekter. Redegjør for eventuell dekor og elementer som fastmonterte lamper, gulvfliser, lysbrytere og dørhåndtak. Informasjonen skal svare på hva som er spesielt med objektet når det kommer til utforming og hvordan dette reflekterer arkitektoniske eller teknologiske trender.

4.3 Teknologisk og samfunnsmessig betydning

En oversikt/redegjøring for anleggets betydning med tanke på teknologiske løsninger/utvikling og samfunn:

- a. Betydningen av forskjellige faser og aspekter i anleggets utvikling
- b. Viktige aspekter ved anlegget sett i en regional og nasjonal kontekst

4.4 Videre undersøkelser

En vurdering av potensialet for videre undersøkelser eller dokumentasjon av anlegget. Har det i løpet av dokumentasjonsarbeidet dukket opp tema eller problemstillinger som går utover kravene fra NVE, men som bør undersøkes videre?

4.5 Øvrige aspekter

Kopier av eventuelle andre dokumenter som kaster lys over aspekter ved anlegget (med tillatelse fra eier) som ikke kommer fram i øvrig dokumentasjon, eventuelt en henvisning til lagringssted og tilgjengelighet.

Nivå 3 på alle punktene

5.0 Tiltak

Denne siste delen dokumenterer konkrete tiltak som skal gjøres på anlegget eller objektet, slik som endringer eller rivinger. Denne delen gjennomføres etter at eksisterende tilstand på anlegget, det aktuelle objektet eller tekniske utstyret er dokumentert. Dokumentasjonen skal omfatte tiltakene under arbeid samt det ferdige resultatet.

5.1 Beskrivelse av tiltak

Beskrivelse av tiltaket, hva er årsaken/hensikten (eks opprustning, utvidelse, rehabilitering, nedlegging), hvilke valg er tatt og hvorfor.

Beskrivelse og begrunnelse av eventuelle endringer eller tilpasninger av planer som gjøres underveis i arbeidet.

Beskrivelse av ferdig resultat, som kobles til foto. Referanse til saksnummer (møtereferater, arbeids- og sluttrapporter).

Illustrasjoner:

- Kart og tekniske tegninger/planer for tiltaket.

Foto:

- Foto/film med beskrivelser av arbeidsprosessen. Deler av strukturer/utstyr som eventuelt blir avdekket og er synlige under arbeidet dokumenteres med foto og beskrivelser før de dekkes til igjen.
- Foto av det endelige resultatet.

5.2 Uventede funn

Beskrivelse og foto av eventuelle nye eller uventede funn om anlegget/objektet som kommer fram under arbeidet (tekniske løsninger, alder, tidligere endringer, materialbruk etc).

5.3 Rehabilitering av eldre dammer

Rehabilitering av eldre mur- eller tredammer: Opplysninger om materialer og teknikk, med film og foto som viser metoder og handlingsbåren kunnskap.

Foto:

- Foto/film med beskrivelser av arbeidsprosessen. Bygningsdeler og deler av konstruksjonen som blir avdekket og er synlige under arbeidet dokumenteres med foto og beskrivelser før de dekkes til igjen.
- Foto av endelig resultat.

Nivå 1-3 på alle punktene

6.0 Kilder og ordforklaring**6.1 Litteratur- og kildeliste**

Komplett litteratur- og kildeliste med publiserte, upubliserte og muntlige kilder. Lenker til nettsider skal oppgi dato for siste besøk.

6.2 Ordliste

Forklaringer av faguttrykk.

Nivå 1-3 på alle punktene



Samtykke til bruk av personopplysninger i dokumentasjonsprosjekter knyttet til kulturminner

Dokumentasjonsprosjekt: *Tittel og saksnummer for konsesjonssaken*

Kryss av for hva samtykket gjelder:

Uformell samtale

Intervju

Annet*

Lydopptak

Foto

Film

*Beskrivelse:

Informanten bekrefter med underskriften sin at NVE fritt kan bruke materialet som er innhentet i forbindelse med dokumentasjonsprosjektet.

Personopplysninger skal behandles i tråd med personopplysningsregelverket.

Informanten **gir samtykke/gir ikke samtykke** til at hans navn kan publiseres i forbindelse med prosjektet. Samtykket kan når som helst trekkes tilbake.

Mer informasjon om personvern og NVEs personvernerklæring finnes på nve.no

Dato:

Informant

.....

Underskrift

.....

Navn og kontaktinformasjon

Intervjuer

.....

Underskrift

.....

Navn og kontaktinformasjon



Utfyllende informasjon

NVE kan stille vilkår om dokumentasjon av kulturminner i forbindelse med konsesjoner.

I forbindelse med dokumentasjonen er det viktig for oss at personopplysninger behandles etter personvernregelverket. NVE er en offentlig etat og må også følge kravene i blant annet forvaltningsloven, offentleglova og arkivloven.

NVE vil unngå at opplysninger fra dokumentasjonsprosjektet kan brukes på en måte som kan skade eller krenke identifiserbare personer. NVE skal ikke lagre flere personopplysninger enn nødvendig for å oppfylle formålet med dokumentasjonsprosjektet.

Referat fra samtaler og intervjuer vil bli arkivert sammen med foto, lydfiler, film og øvrig dokumentasjonsmateriale hos NVE i henhold til arkivloven med forskrifter.

Formidling og publisering av informasjonen

Hele eller deler av informasjonen som har fremkommet gjennom samtalen, intervjuet, foto, lydopptak og film kan brukes til formidling og forskning, både av NVE og andre.

Dokumentasjonen kan brukes til mange forskjellige formål. For å kunne dokumentere kvaliteten på informasjonen kan dine kontaktopplysninger og opplysninger om hvilken rolle du har hatt, eventuelt også faglig bakgrunn, være nødvendig informasjon. Hvis det ikke blir gitt samtykke til at personopplysninger kan publiseres, vil disse opplysningene ligge i NVEs saksbehandlingssystem. Forskere eller andre som har behov for å dokumentere hvem som har bidratt med informasjon vil kunne få det fra NVE. Hvis det blir begjært innsyn i saken etter offentleglova vil personopplysningene bli utlevert.

NVE gjør oppmerksom på at vi kan publisere materialet på våre nettsider, i rapporter, artikler, foredrag og liknende. Hvis du ikke vil at ditt navn skal komme frem når materialet publiseres, må du sette kryss i rubrikken på foregående side.

Du som informanten får tilgang til dokumentasjonsmaterialet ved å kontakte NVE.

Seksjon for informasjonsforvaltning og kulturhistorie (AIK) i NVE har det daglige behandlingsansvaret for prosjektet. Mer informasjon om personvern og NVEs personvernombud finner du på <https://www.nve.no/cookies-personvern-sikkerhet-og-offentleglova/>.



Langeraksvatn dam, Bygland kommune, Aust Agder

Vurdering og dokumenteringsmetode

Tom Davies Msc BA Hons

28.06.2016



R W I P



Innhold

Sammendrag	3
Innledning	4
Vurdering	5
Historisk utvikling	6
Bakgrunn	6
Utbygging av Langeraksvatn dam	6
Langerak Kraftstasjon	6
Vurdering	8
Bevis og historiskverdier	8
Aestetiskverdi	8
Kommunaltverdi	8
Forskingsagenda	9
Metode	10
Praktisk gjennomgang	10
Tegninger	11
Fotografering og fotogrammetri	11
Skriftlige elementer	11
Rapport og formidling	12
Formidling	12
Arkiv og Arkivdeponering	12
Referanser	13

Oversiktskart



Sammendrag

Forprosjektet 80100 «Sektorens kulturminner – bevaring som arkivverdig materiale – metodeutvikling og etablering av god praksis» har undersøkt hvilke dokumentasjonsstandarder knyttet til tekniske industrielle kulturminner som eksisterer i dag.

Å finne ut om standardene som finnes i dag kan brukes i arbeidet med å dokumentere vassdrags- og energisektorens kulturminner har også vært en viktig forutsetning for forprosjektet. Det er behov for å utarbeide standarder for dokumentasjon i egen sektor ettersom dette er et savn nasjonalt og internasjonalt. Det overordnede målet for prosjektet har vært å finne metoder for å effektivisere NVEs saksbehandling, lette konsesjonsøknadsprosessen for eiere av kulturminner knyttet til vassdrags- og energisektoren, kvalitetssikre dokumentasjonen og nyttiggjøre seg av den ved å formidle det som blir dokumentert.

I forprosjektet var det utarbeidet en mulighetsstudie som har vært brukt til å evaluere ulike dokumentasjonsstandarder som eksisterer i dag. Forprosjektet har gjennom kartlegging av ulike dokumentasjonsstandarder og metoder konkludert med at et treårig hovedprosjekt bør igangsettes, og har fått bevilget FoU midler til dette gjennom Direktørmøte i NVE desember 2015.

Konklusjonene basert på forprosjektet har ledet fram til fire punkter som et forslag til hovedprosjektets oppbygging:

- Definere nivå for dokumentasjon
- Utvikle et digitalt registreringssystem
- Tilgjengeliggjøring av informasjon gjennom kartbasert formidling
- Utvikle veileder for anleggseiere

Denne metode er til en av to pilotprosjekter som skal bli gjennomført i løpet av 2016. Målet er å utvikle et standardisert system til både vurdering av dokumentasjonsbehov og metodeutvikling for dokumentering. Pilotprosjekt 1 er for Langeraksvatndam i Bygland Kommune, Aust Agder, som er en del av Langeraksvatn kraftstasjon som ble bygd i 1916. Hele anlegget ble bygd for forsyning av strøm til et tuberkulosesanatorium med overskudd til lokalbefolkningen. Riving av dammen ble bestemt i 2015 og konsesjon ble tildelt med betingelsen at dammen skulle dokumenteres i forkant. Dette dokumentet inkluderer både vurdering av dammen og dens rolle i Langeraksvatn kraftstasjon samt etablering av metode for dette arbeidet.

Overordnet rammeverk for prosjektet er knyttet opp til INSPIRE, et europeisk prosjekt som målsetter standardisering av ulike fagområder over hele Europa. Som en del av dette skal pilotprosjektene gi innspill til utvikling av en ordbok med begrep og terminologi for vurdering, dokumentering og saksbehandling. Prosjektet skal bruke ArcGIS for kartbasert informasjon og følge eksisterende nasjonale standarder for kulturminneforvaltning f.eks. Riksantikvarens Askeladden.

Innledning

I mai 2016 begynte NVE (Norges Vassdrag og Energidirektorat) sitt FoU prosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner 80131»– metodeutvikling og etablering av god praksis'. Prosjektets mål er å utvikle et bedre faglig beslutningsgrunnlag i forvaltningen av kulturminner i NVE og kulturminneforvaltningen. Prosjektet skal utvikle standarder for kulturminnefaglig dokumentasjon og digital registrering samt formidle resultatene. Prosjektet bygger på konklusjonene fra et forprosjekt som ble gjennomført i 2015 (NVE Rapport 2015:132).

Metoden utviklet for vurdering og dokumentering i dette dokumentet er til de to første pilotprosjekter, Langeraksvatn dam og Nåvatn dam I og III i hovedprosjektet. Begge dammene har fått dispensasjon til riving i løpet av 2016 og 2017 med betingelsen om at tilpassende bygningsdokumentering gjennomføres i forkant. Både Langeraksvatn og Nåvatn I og III eies og drives i dag av Agder Energi.

Anbefalingene fra forprosjektet som ble ferdigstilt i 2015 var hovedsaklig å tilpasse eksisterende og standardiserte historiske systemer for bygningsdokumentering fra blant

annet Historic England (HE) 'Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Practice', Storbritannia og Historic American Building Survey (HABS) 'Recording Historic Buildings', USA til et standardisert system for historisk bygningsdokumentering designet for Norge. Denne oppsummeres i 'Historic American Engineering Record (HAER) Guidelines for historical reports' Disse systemene danner grunnlag for historisk bygningsdokumentering i egne land (EH 2006 & HABS 1970 & 2008/2015).

Metode og vurdering for Langeraksvatn dam (som beskrives her) skal være en omfattende dokumentering som fanger opp tilsvarende nivåer i forhold til detaljer og bakgrunn som kan representere og informere om Langeraksvatn dam til fremtiden. Nåvatn I, II og III skal ha fokus på fotogrammetri som dokumenteringsmetode, noe som påkreves av de enorme størrelsen av Nåvatn dam. Fotogrammetri er ikke med i HE eller HABS sine systemer da de ble skrevet for tidlig. Dette betyr at Nåvatnprosjektet gir en stor anledning til å etablere en standardisert metode for bruk av fotogrammetri i bygningsdokumentering. gir en stor anledning til å etablere en standardisert metode for bruk av fotogrammetri i bygningsdokumentering.

Langeraksvatn dam i dag



Vurdering

Begge metodikker presenterer en kombinasjon av 'best-practice' tilnærming og metoder for dokumentering av enkelte deler f.eks. tegning, fotografering og forskning sammen med et utvalg av nyttige eksempler. HABSs metode inkluderer et system for beregning av fotograferingsnivå, mens Historic Englands metode tilpasses i forhold til dokumenteringsnivå. Poenget er at ulike dokumenteringsprosjekter blir plassert på et nivå fra 1- 4 og på denne måten kan disse sammenlignes. De ulike nivåer fra 1 – 4 øker i detaljer og kan tilpasses i forhold til enkelte bygninger samtidig med at dokumenteringene er sammenlignbare.

Målet med dokumentering og vurdering av Langeraksvatn dam er hovedsaklig å tilpasse og teste en metodikk basert på HE og HABS sine systemer med relevante innspill fra andre kilder. Metode skal bli utviklet i forhold til Langeraksvatn dam og testet i feltet for å vurdere resultatene og videreutvikle et tilpasset system til NVE sine behov. De ulike metoder inkluderes i originale format som vedlegg og beskrives i forhold til Langeraksvatn dam under dokumentering.

For å bestemme et egnet nivå for dokumentering er det nødvendig å gjennomføre en vurdering av kulturminnet som skal studeres og inngrepsgrad i forhold til planlagt tiltak. I Langeraksvatn og Nåvatn sine saker er det siste punktet forenklet av at begge skal rives. Dokumenteringsnivået skal baseres på en forvurdering av hver dam i forhold til bestemte og sammenlignbare kategorier.

Det finnes flere vurderingssystemer fra ulike etater og virksomheter over hele verden som reflekterer ulike behov i ulike land og ulike utviklinger i internasjonal kulturminneforvaltning. Disse ulike kriteriene har mange elementer og kategorier (se tabell under).

I 2006 publiserte Historic England (under tidligere navn English Heritage) et forenklet vurderingssystem 'Conservation Principles Policies and Guidance: for sustainable management of the historic environment' (EH 2008). Systemet etablerer fire kategorier for vurdering av kulturminneverdier. For å etablere et begrep som inkluderer både kulturminner og historiske bygningner benytter HE ordet 'sted' (se vedlegg 1);

Eksempler av ulike vurderingskriterier (Davies 2014)

REIGL (1982)	LIPE (1984)	FREY (1997)	ENGLISH HERITAGE (1997)	BURRA CHARTER (1999)
Age Historical Commemorative Use Newness	Economic Aesthetic Associative-Symbolic Informational	Monetary Option Existence Bequest Prestige Educational	Cultural Educational & Academic Economic Resource Recreational Aesthetic	Aesthetic Historic Scientific Social (including spiritual, political, National,cultural)

English Heritage Kriterier fra Principles (EH 2008)

- **Fysisk verdi:** *Potensiale for å gi informasjon om menneskelig aktivitet*
- **Historisk verdi:** *Forbindelsen mellom sted og historisk vesentlige personer, hendelser, og samfunnsaspekter*
- **Estetisk verdi:** *Sanselig og intellektuell stimulering fra sted*
- **Kollektiv verdi:** *Betydning av et sted sett i forhold til kollektive minner og opplevelser.*

Historisk utvikling

Følgende er et tilpasset utsnitt fra 'Langerak Kraftstasjon (1916 – 2016)' skrevet av Reidar Larsen en tidligere ansatt i Langerak Kraftstasjon mellom september 1963 og oktober 2002. Hele historien hans er inkludert i vedlegg (Larsen 2002)

Bakgrunn

På begynnelsen av år 1900 kom en ny tid her i landet, med nasjonale oppkjøp av fallrettigheter i vassdragene. Hensikten var å sikre de nasjonale behov, og å hindre at kraftkildene ble kjøpt opp av utenlandske interesser. De første konsesjonslovene ble vedtatt av Stortinget i 1907, hovedloven kom i 1917. Lovene satte nasjonale rammer for kraftutbyggingen. Det var framsynte menn med kapital og næringsinteresser som stod for oppkjøpene. Det var en ny tid hvor man kunne overføre vannkraften som elektrisk energi til der man hadde bruk for den. Tidligere måtte man bruke vannkraften der den var.

Utbygging av Langeraksvatn dam

Det var Otteraaens Brugseierforening som stod for oppkjøpene her i distriktet. Det ble skrevet kontrakt med gårdeierne på Langerak gnr. 54, bnr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9 den 14. september 1911 om å oppføre en dam for Langerakvatn i en høyde av opptil 3 meter og en senkning inntil 2 meter. Gårdeierne fikk en erstatning på kr. 12000,- for rett til oppføring av dam ved utløpet av Langerakvatn og reguleringsrett av vannføringen i Langerakåna. Vilkaene for dette var at gårdeierne skulle ha rett til kverne- og sagevann til husbruk, under forutsetning at slik bruk ikke ble til ulempe for Brugseierforeningens bruk av vannmagasinet. I kontrakten står også andre vilkår med blant annet at arbeidet med oppførelse av dammen ikke kunne påbegynnes før erstatningen var betalt ut til gårdeierne. Den 28. mai 1912 kvitterte gårdeierne for å ha mottatt beløpet på Kr.12000,-.

Konsesjon og tillatelse ble gitt den 22. november 1912, og arbeidet med oppsetting av dam ved Langerakvatn ble startet umiddelbart opp vinteren 1912-1913 med tømmerhogst og transport av tømmer til damanlegget. Det ble satt opp en såkalt steinkistedam. Den ble bygget på fjellgrunn på hensiktsmessig sted i utløpet av Langerakvatn og festet til fjell med bolter. Steinkisten bestod av to vegger av grovt tømmer bundet sammen med tverrstokker og fylt med stein. Trekonstruksjonen ble føyet sammen med bolter og haker. Steinkisten ble konstruert slik at vekten av steinmassen ble overført til hele kisten. Stein til steinfyllingen i kisten ble minert og kilt ut i nærområdet til dammen. Det ble satt opp to slike steinkister med tappeløp mellom dem. Reguleringen ble med nåler i tappeløpet. Vannsiden av steinkistene ble kledd med plank som tetning.

Magasinet er etablert ved oppdemning med hoveddam og en liten sperredam. Hoveddammen er steinkistedammen med frontal tetning av plank, og det er fritt overløp med en lengde på vel 30 meter. Kronelengden er bortimot 50 meter, og største høyde fem meter. Dammen var ferdig i 1914, og ble rehabilitert i 1971. Dammen ved inntaket er en murdam med oppstrøms betongplate. Dammens lengde er rundt 30 meter, med fritt overløp. Største høyde er litt over fire meter. Dammen var ferdig i 1914 og ble ombygd og utbedret i 1953 og 1984. Fra inntaket fører et rør med en lengde på rundt 1 200 meter ned til kraftstasjonen. Kraftstasjonsbygningen har to etasjer og er oppført i betong med forblending i naturstein. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dammer med flom-avledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr.

Arbeidet ble utført av 12-13 mann, hovedsakelig lokale folk fra distriktet. En normal arbeidsdag på den tiden var 12 timer, fra kl.0700 til kl.1900, og en daglønn på kr.4,00. Dammen kom på kr.14319,- og lønnskostnadene på kr.7692,-. Til å begynne med var det meningen at Langerakvatn skulle være et vannmagasin i tillegg til Byglandsfjorden for framtidig kraftutbygging nedenfor i vassdraget.”

Langerak Kraftstasjon

For å oppnå en helhetlig forståelse av Langeraksvatn dam må det blir sett i sammenhengen med Langerak Kraftstasjon. Langeraksvatn Kraftstasjon og dam ble bygd av staten for å skaffe elektrisitet til Landeskogen Tuberkulosesanatorium i Setesdal i Årdal sogn, Bygland, Aust-Agder fylke (Larsen 2016).

I begynnelsen av år 1900 var tuberkulosen blitt et svært økende problem for helsemyndighetene her i landet. Det ble da satt i gang bygging av helseheime og sanatorier. Tuberkulosen herjet voldsomt i Aust- og Vest-Agder rundt år 1900. I 1906 ble Egra helseheim ved Grimstad opprettet, som etter hvert fikk plass til 58 pasienter. Senere kom Furukollen sanatorium ved Arendal med plass til 40 pasienter, Solhøgda Tuberkulosesykehus i Mandal med plass til ca.16 pasienter, som senere fikk plass til 50 syke, og Landeskogen Tuberkulosesanatorium med plass til 102 pasienter (Larsen 2016).

Staten ville her bruke elektrisk energi både til oppvarming, belysning og drift av sanatoriet. Det var første gang dette ble prøvet ut her i landet. Derfor måtte det settes opp en kraftstasjon for dette. Det var to alternativer hvor de skulle ta vannkraften, enten fra Tjørnstølvatn på heia ovenfor Sanatoriet eller fra Langerakvatn som allerede hadde blitt regulert med dam. Valget falt på Langerakvatn med større vannmagasin og regulering (Larsen 2016).

Kraftverket ble satt i drift med tre aggregater i 1916 og ligger omtrent 60 meter høyere enn Byglandsfjorden. Inntaket er plassert nedenfor Langerakvatnet, slik at heller ikke hele fallet ned til kraftstasjonen er utnyttet. En

forklaring er at utbyggerne ikke så for seg at det ville bli behov for mer kraft, en annen forklaring er at den valgte fallhøyden ble ansett som en grense for hva som var teknisk mulig. Imidlertid var det allerede bygd kraftverk andre plasser i landet både med større fallhøyde og vesentlig større installasjon. Kraftproduksjonen gikk også til alminnelig forsyning til bygda. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) overtok kraftverket i 1925. Kraftverket ble overtatt av Aust-Agder Kraftverk i 1962. Fra 2001 er Agder Energi eier.

Langerakvatn Kraftstasjon





Vurdering

Fysisk og historiske verdier

Langerak kraftverk ble bygd for å skaffe kraft til det nærliggende, men arkitektonisk mer nøkterne tuberkulosesanatoriet. Andre helseinstitusjoner i landet hadde også fått eget kraftverk noen år tidligere, men disse kraftverkene hadde en mer beskjeden størrelse. Elektrisitet for sykehusdrift var viktig. Mulighetene for overføring over lange avstander var begrenset, og derfor ble mange helseforetak lagt der det var en utbyggbar kraftkilde. Kraft til alminnelig forbruk ble da en ekstra gevinst.

Dermed representerer Langeraksvatn kraftstasjon og dam et kraftanlegg som blir bygd for et enkelt behov i forhold til drift av et tuberkulosesanatorium med overskudd til lokalbefolkningen. Denne er ganske typisk for sin tida i og med at de tidligere kraftanlegg ble bygd i hovedsak med tanke på lokal strømforsyning. Dokumentering av dammen i forkant av riving er en anledning for å skaffe informasjon om Langeraksvatn som kan settes inn for det større bildet av tidlige kraftanlegg i Norge. Det er viktig å inkludere både dam og stasjon i forskningsdelen for å vise hvordan de fungerte sammen som en helhet. Tilsvarende eksempler med lignende konstruksjon inkluderer Breidvatn, Hartevatn, Førsvatn, Hovatn og Vatnedalsvatn.

<http://obrugseier.no/status-rehabilitering-av-dam-breidvatn/>

<https://www.yumpu.com/no/document/view/18530048/injisering-av-ttmerkistedam-energi-norge/45>

<http://otrakraft.no/slider/film-fra-utbyggingen-av-dam-vatnedalsvatn/>

http://www.flommer.no/numedalslagen/side.cfm?ID_art=110

Estetisk verdi

Langerak kraftstasjon er kalt "eventyrslottet i skogen". Den er tegnet av arkitekt Kristian Hjalmar Biong. Kraftstasjonsbygningen har forblending i naturstein, med rike detaljer, og minner om et lite fransk senmiddelalderstlott eller en middelalderborg i miniformat. Engelsk romantikk er en annen karakteristikk som er brukt. Langeraks romantiske stil blir forsterket av oppdelingen i flere bygningsvolumer og av fasadenes natursteinskledning. Det er først og fremst kraftstasjonens arkitektur og beliggenhet som særmerker Langerak kraftverk. Kraftstasjonen er absolutt en sjelden severdighet.

Langeraksvatn dam har steinkledning som skulle passe inn med kraftstasjonen. Den er forholdsvis enkel, men skulle sannsynligvis sees i sammenheng med bildet av eventyrslottet på Langerak kraftstasjon. Det er viktig at feltarbeidet fanger opp en representativ dokumentasjon av dammens utforming.

Kollektiv verdi

Det er relativt lite tilgjengelig informasjon om hva slags forhold lokalbefolkningen har til Langeraksvatn kraftstasjon i dag. Men tilsvarende eksempler fra andre deler av Norge har vist at konstruksjon av kraftanlegg på 1900-tallet var ofte vesentlige hendelser for lokalebefolkningen. Ny kraftstasjon gav bedre livskvalitet gjennom aspekter som teknisk utbedring av strømforsyning, nye arbeidsplasser samt at nye innbyggere kom til området.

Det er viktig at denne verdien vurderes og tas med som en del av dokumenteringen. Et hovedverktøy for å ivareta dette er formidling gjennom blogging, befaringer med lokalbefolkning og kraftselskapet sammen. Bakgrunnsforskningen kan gi viktig informasjon i forkant som indikerer hvilke deler av befolkningen det er mest aktuelt å involvere.

Forskningsagenda

Følgende punkter har blitt identifisert i innledende vurdering og blir inkludert som mål for dokumentering.

Produsere en hensiktsmessig illustrativ dokumentasjon av Langeraksvatndam som kan representere og videreformidle en omfattende forståelse av strukturen og rollen som kraftstasjon.

Analysere design, form, materiale, funksjon, alder og utvikling av de ulike elementer av Langeraksvatndam sammen med en vurdering av informerende kilder. Dette kan inkludere historiske tegninger, fotoer, skriftlige kilder og annen relevant materiale;

Sammenligne Langeraksvatndam idag med planlagte og tidligere gjengivelser, for å gi en helhetlig forståelse av utviklingen;

Dokumentere enkelte arkitektoniske og tekniske detaljer som informere om form og bruk;

Undersøke bevis for endringer i strukturen, spesielt de som hører til reparasjonsfaser i 1952–53 og 1972-73;

Bruk felttegninger og fotogrammetri for produsere en helhetlig modell av Langeraksvatndam i dag og med tverrsnitt for å illustrere strukturell komposisjon;

Illustrasjoner skal produseres i målestokk 1:20, 1:50 og 1:100;

Detaljert fotografering (separat fra fotogrammetri) av dammen i tillegg til fotografering av sammenhenger innenfor kraftstasjonsanlegget;

Kartlegge Langeraksvatn og de andre strukturene i kraftstasjonsanlegget i rapporten for å vise beliggenhet og opplyse om hvordan Langeraksvatn kraftstasjon fungerer

Undersøke og representere sammenheng mellom Langeraksvatn og andre tilsvarende typer anlegg av samme tidsperiode (se liste over)

Gjør resultater tilgjengelige via ulike mediaer bl.a. rapport, blogg osv.

Dammen ved utbygging



Metode

Et hensiktsmessig dokumenteringsnivå for Langeraksvatndam med hensyn til den planlagte riving er tilsvarende Level 3 i 'Understanding Historic Buildings'. Level 3 beskrives som en analytisk tilnærming som består av systematisk dokumentering av opphav, utvikling og bruk. Det inkluderer også en vurdering av støttende kilder i forhold til pålitelighet, noe som betyr at dokumenteringsmetodikk kan revideres senere. Det inkluderer illustrasjoner og foto for å vise hvordan byggverket så ut og var strukturert for å støtte historisk analyse. Målet med Level 3 er ikke å diskutere historisk kontekst i stor dybde men at det kan inkluderes i et større forskningsprogram ved behov. Følgende kriterier er basert på Level 3 i 'Understanding Historic Buildings' og støttet av innspill fra HABS og andre best-practice eksempler.

(1) En gjennomgang av Agder Energi A/S sitt arkiv i forkant av dokumenteringsfasen for å samle inn tegninger, opplysninger, kart, foto og andre medier. En detaljert vurdering skal produsere grunnlaget for feltarbeid og plan for prosjektgjennomgang.

(2) Etter innledende forskning blir det noen dager med feltarbeid for å dokumentere damstrukturen slik den ser ut idag. Det er best hvis dette skjer etter at dammen har blitt avvannet, men kan også tas før. Dokumenteringsarbeid i denne fasen består av fotografering for alle formål (se under), observasjoner, skriving av feltnotater.

(3) Siste fase er overvåking under riving eller nedlegging av Langeraksvatn dam. Erfaring fra andre dammer som ble bygget etter 1912-konvensjonen er at tømmeret er borte (råtnet). Disse inkluderer Breidvatn, Hartevatn, Førsvatn, Hovvatn og Vatnedalsvatn som ble bygget etter samme prinsipp. Planen er at overvåking kan skaffe ytterligere informasjon om damstrukturen og bilder som illustrerer denne til rapport og formidling.

Tidlig bilde i maskinhallen



Følgende lister skal fungere som sjekkelister i feltarbeid for å forsikre standardisering av metodikk;

Tegninger

Det er planlagt å bruke eksisterende og historiske tegninger som tegnebase og supplere disse i feltet med fotogrammetribaserte tegninger og foto. Dette legger til rette muligheter for å sammenligne og kvalitetssikre informasjon mellom eksisterende situasjonen og denne som vises som planlagt fra diverse kilder.

Plantegninger med målestokk for å vise planløsning, strukturelle elementer og tekniske anlegg

Tegninger med målestokk av detaljerte elementer f.eks. tekniske anlegg, strukturelle eller arkitektoniske detaljer

Snittegninger med målestokk som viser forhold mellom relaterte elementer, f.eks. strukturell sammenheng eller teknisk anleggsutstyr

Skalert plantegning av hele Langeraksvatnanlegg og relaterte elementer

Skalerte plantegninger som viser fotoutsnitt

Tolkende/Analytiske tegninger som viser ulike faser og endringer, samt elementer som sirkulasjon og bevegelse som en del av anlegg

Eksisterende tegninger som viser viktig informasjon om ulike aspekter

Fotografering og fotogrammetri

Detaljert og generell fotografering skal gjennomføres for å produsere materiale til rapport, blogg og annen formidling.

Fotogrammetri er inkludert både for å lage 3D- modeller av Langeraksvatndam og for å produsere tegninger fra ortofoto i etterarbeid. På denne måten blir det mindre behov for å tegne i feltet.

Oversiktsbilder av dammen og hele anlegget Langeraksvatn kraftstasjon

Direkte og skråstilte bilder av dammen samt relaterte byggverkselementer for å representere det i sin helhet

Bilder som viser til viktige aspekter som opplyst av dokumentariske kilder bl.a.

Bilder over individuelle enheter f.eks. rom og anleggsområder

Detaljerte bilder av strukturelle og arkitektoniske elementer (bruk av målestokk)

Teknisk utstyr og maskiner

Datoer og evt., graffiti samt annen markering som gir opplysninger

Gjenstander og annet som informerer om bruk i kraftverket

Fotogrammetriske bilder til produksjon av hovedmodell

Fotogrammetriske bilder fra rivingsfasen som skal brukes til produksjon av snittegninger

Alt fotomateriale skal legges ut med åpne lisenser.

Skriftlige elementer

Kartfesting, beliggenhet, koordinater og adresse

Feltarbeidsdato, navn på feltarbeidere samt arkivdetaljer og arkivplassering

Sammendrag som oppgir byggtipe, formål, endringer i formål i tid, materialer og datoer

Innholdstabell og liste over figurer

Innledning som inkluderer datoer til feltarbeid, innberetning, formål med prosjekt og kontekst (f.eks. riving), omfang av prosjektet, metode og avgrensinger osv. Oppsummering av vurdering og metodokumentet (som vil bli inkludert som vedlegg)

Liste over bidragsyttere

Analyse og diskusjon av skriftlige og andre historiske kilder. Kan skrives som en historie av byggverket i lys av tilgjengelige kilder.

Opplysning om bruk av byggverk, hvordan det fungerte som en del av kraftstasjonen. Er dette forandret i tid. Inkluderer sirkulasjon, teknisk utstyr og maskiner

Bevis for og diskusjon av tidligere elementer i byggverk som nå er vekk

Diskusjon av forhold mellom dam, kraftstasjonanlegg og andre aspekter (f.eks. sanatorium), samt plassering i landskapet

Diskusjon om potensiale for videre undersøkelse og dokumentariske studier

Diskusjon av historisk sammenheng og betydning av byggverket i forhold til andre relaterte strukturer, samt utvikling under sin tidsperiode

Vedlegg andre rapporter om byggverket med relevant informasjon

Opplysninger fra eiere, brukere, arbeidere og lokal befolkning. Dette kan være fra skriftlige og muntlige kilder

Liste over kilder

Ordliste (tas inn til hovedordbok og skal være et utsnitt fra denne)

Rapport og formidling

Dokumenteringsrapport skal inkludere:

Sammendrag med informasjon om mål og kontekst til prosjektet, kronologi av prosjektgjennomgang, metode og oppsummering av resultater;

Beliggenhet, m. kart, forskningsagenda og metode;

Bakgrunn for pilotprosjekt;

Redegjørelse av Langeraksvatndam sin historie og utvikling

Langeraksvatndam og kraftstasjon i sin bredere kontekst i Norge

Analyse av struktur, utforming, tekniske funksjoner, bruk av materiale, alder og utvikling samt forandringer

Opplysninger fra ulike interessenter om Langeraksvatndam og kraftstasjonsanlegg

Beskrivelse av enkelte elementer i Langeraksvatndam og hvordan de fungerer sammen;

Illustrasjoner som inkluderer plan- og fasadetegninger samt fotogrammetriresultater.

Kartfesting og registrering av prosjektinformasjon i ArcGIS

Kartfesting og registrering av prosjektinformasjon på Askeladden

Bevis for endringer og tidligere elementer i strukturen

Kilder og referanser.

Målte plan og fasadetegninger med observasjonsnotater;

Fotogrammetriske modeller og tegninger

Representative detaljer, eksteriør og interiørbilder samt oversiktsbilder av Langeraksvatndam og kraftstasjon

Ferdigskrevet rapport skal sendes til Agder Energi, Otteraaen Brukseierforening, Aust Agder fylke og Riksantikvaren.

Formidling

Bruk NVE Museumsordningens bloggside til å publisere informasjon om prosjektet og oppdatering om fremgang

Etablere en brukerportal hvor interessanter kan registrere informasjon og opplysninger som er relevant for prosjektet.

Registreringsskjemaer for grunneiere og andre interessenter kan bli presentert her.

Bruk av lokalmedia og sosiale media (bl.a. Twitter og Facebook) som formidlingsforumer.

Arkiv og Arkivdeponering

Hovedarkivet skal oppbevares digitalt av NVE Museumsordningen i P360, og Askeladden skal oppdateres med nye opplysninger. Fotomaterialet skal lagres og registreres i NVEs fotodatabase Fotostrømmen internt og public. Dette inkluderer

En kopi av rapporten;

En kopi av vurderings- og metodedokumentet (dette);

Tegninger og andre illustrasjoner med observasjonsnotater;

Fotografiske og fotogrammetrisk dokumentasjon med observasjonsnotater;

Digitalt fotografisk arkiv;

Skannede kopier av historiske kilder og annen bakgrunnsinformasjon

Referanser

Mackee, H.J. 1970 *Recording Historic Buildings* Washington The Historic American Buildings Survey (HABS)

English Heritage 2006 *Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Recording Practice* London Storbritannia

Historic American 2008 Engineering Record (HAER) *Guidelines for historical reports* (updated 2015) Washington

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013 *Dammer som Kulturminne (NVE rapport nr 64 – 2013)* Oslo

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013 *Kulturminne i norsk kraftproduksjon (NVE-rapport – nr. 52 – 2013)* Oslo

Larsen, R. 2016 *Langerak Kraftstasjon (1963 – 2016)* Byglandsfjord Norge

Tidlig bilde av Kraft Stasjon



Januar 2017

**Langeraksvatn dam, Bygland kommune,
Aust Agder
Dokumentasjonsrapport
Februar 2017**



Langeraksvatn dam (Stig Storheil NVE 2016)

Forfatter TD Dato Januar 2017

Sammendrag.....	2
1 <i>Innledning</i>	4
2 <i>Langeraksvatn dam</i>	5
3 <i>Mål og Metodikk</i>	12
4 <i>Forskningsagenda</i>	13
5 <i>Historisk utvikling</i>	14
6 <i>Feltarbeid</i>	27
7 <i>Bredere kontekst</i>	35
8 <i>Ulike damtyper</i>	37
9 <i>Bruk og faseutvikling av Langeraksvatn dam</i>	40
10 <i>Tilsvarende dammer</i>	42
11 <i>Vurdering av mål, metodikk og resultater</i>	44
12 <i>Potensiale for videre undersøkelse</i>	46
13 <i>Konklusjon</i>	47
14 <i>Referanser</i>	48

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene av dokumentasjon og undersøkelser av Langeraksvatn dam i forbindelse med en planlagt rehabilitering i løpet av 2017. Langeraksvatn dam er den første av to pilotprosjekter som ble utført i løpet av 2016 som en del av NVEs treårige forsknings- og utviklingsprosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner 80131» (DOKIVER). Formålet med begge pilotprosjektene er å informere og bidra til utvikling av metodikk for vurdering av kulturminneverdier samt et nivåbasert dokumenteringssystem.

Standardene til dokumenteringssystemet skal utvikles i løpet av 2017 basert på informasjon fra pilotprosjektene Langeraksvatn og Nåvatn. Hovedfokusene for pilot Langeraksvatn er gjennomføring av analytisk dokumentasjon i feltet under Norske forhold og utprøving av fotogrammetri som dokumentasjonsmetode for kraftverk. Fokus på Nåvatn er å teste og sammenligne fotogrammetri og laserskanning i feltet som dokumentasjonsmetode.

«Dokumentasjon av sektorens kulturminner 80131» tar utgangspunkt i forprosjektet «80100 Sektorens kulturminner – bevaring som arkivverdig materiale – metodeutvikling og etablering av god praksis» (NVE 2015). Forprosjektet undersøkte hvilke dokumentasjonsstandarder knyttet til tekniske og industrielle kulturminner som eksisterer i dag og konkluderte at det er behov for å utarbeide standarder for dokumentasjon i egen sektor ettersom dette er et savn både nasjonalt og internasjonalt.



Første byggefase av reguleringsdammen (Bygd 1912 – 1914 i 1929) (Conrad Holteng/NVE)

Langeraksvatn dam i Bygland Kommune, Aust Agder utgjør en del av Longerak kraftverk sammen med Longerak kraftstasjon, to inntaksdammer, en sperredam, samt rørgate, og ble bygd i 1912-1916. Kraftverkets formål var forsyning av strøm til Landesbogen Tuberkulosesanatorium på Grendi, Bygland, i Aust-Agder fylke, med overskudd til lokalbefolkningen. På begynnelsen av 1900-tallet var tuberkulosen blitt et svært økende problem for helsemyndighetene her i landet. Som svar ble det satt i gang bygging av flere helseheimer og sanatorier. Staten måtte derfor sette opp kraftstasjoner som forsynte sanatoriene med strøm.

Magasinet ved Longerak kraftverk ble etablert ved en oppdemning av hoveddam og en liten sperredam. Hoveddammen er en steinkistedam med frontkledning av plank. Den var ferdig i 1914, og ble rehabilitert i 1952 og 1971. Første inntaksdam var en murdam som kontrollerte vannstrømmen og er i dag fjernet. Dammen ved inntaket er en murdam med en oppstrøms betongplate. Den var ferdig i 1914 - 1916 og ble ombygd og utbedret i 1952 - 1953 og 1972 - 73. Kraftstasjonsbygningen har to etasjer og er oppført i betong med forblending i naturstein. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanent utstyr. Til å begynne

med var det meningen at Langeraksvatn skulle fungere som et vannmagasin, i tillegg til Byglandsfjorden, med potensial for framtidig kraftutbygging.

I forbindelse med planer om rehabilitering av dammen ble det bestemt å utføre dokumentasjon sammen med testing av nye metoder, som en pilot i dokumentasjonsprosjektet. Dette dokumentet inkluderer både vurdering av dammen og dens funksjon som del av Langerak kraftverk, samt etablering av metode for dette arbeidet.

Langeraksvatn dam ble dokumentert i september 2016 som et avbøtende tiltak i forkant av den planlagte ombyggingen av dammen. Målet med dokumenteringen var å lage en representasjon av dammen og kraftstasjonen som gi informasjon og legge til rette for fremtidig studie av anlegget og eventuelt andre kraftverk i Norge. Metoden inkluderte en kombinasjon av observasjoner, fotografering, fotogrammetri og samtaler med ansatte ved Langerak kraftverk. Dette har gitt en helhetlig forståelse av kraftverket og gitt muligheten for å konstruere 3D-modeller og tekniske tegninger. Som en del av denne metoden er det viktig å presentere dammen innenfor konteksten av hele kraftverket. For å oppnå dette er kraftverket beskrevet og tolket som en enhet med opplysninger om kraftstasjonen, de ulike dammene som kontrollerer vannstrømmen og rørgata.

Langeraksvatn dam har hatt tre ulike byggefaser fra 1914-16, 1952 – 53 og 1972-73, og har blitt endret fra en enkel nåledam til en lukedam med stålluker. Andre deler av anlegget har blitt fornyet og delvis steinkledd. Kraftstasjonen er forholdsvis godt bevart i sin originalform. Endringer av anlegget viser til økt behov for vannforsyning og svakheter knyttet til sikkerheten til tømmerkistedammer. Noen tilsvarende eksempler av andre dammer har blitt sammenlignet i rapporten for å bekrefte problemet med nedbryting av tømmerdeler.



Langeraksvatn dam (Stig Storheil NVE 2016)

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

1. april 2016 startet NVEs (Norges Vassdrags- og energidirektorat) 3-årige FoU-prosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner 80131» (DOKIVER) opp. Prosjektets mål er å utvikle et bedre faglig beslutningsgrunnlag i forvaltningen av kulturminner i NVE. Prosjektet skal utvikle standarder for kulturminnefaglig dokumentasjon og digital registrering, samt formidle resultatene. Prosjektet bygger på konklusjonene fra et forprosjekt som ble gjennomført i 2015 (NVE Rapport 2015:132).

Det overordnede målet for prosjektet er å finne metoder for å effektivisere NVEs saksbehandling, lette konsesjonsøknadsprosessen for eiere av kulturminner knyttet til vassdrags- og energisektoren, kvalitetssikre dokumentasjonen og nyttiggjøre seg av den ved å formidle det som blir dokumentert. Overordnet rammeverk for prosjektet er knyttet opp til INSPIRE, et europeisk prosjekt som målsetter standardisering av ulike fagområder over hele Europa.

Metoder for vurdering og dokumentering av de to første pilotprosjektene, Langeraksvatn dam og Nåvatn dam III i hovedprosjektet ble utviklet i løpet av 2016. Etter anbefaling fra forprosjektet i 2015 er metodikken for pilotprosjektene basert på eksisterende og standardiserte historiske systemer for bygningsdokumentering fra blant annet Historic England (HE) 'Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Practice', Storbritannia og Historic American Building Survey (HABS) 'Recording Historic Buildings', USA (HABS 1970 og HE 2016). Ytterligere detaljer oppgis av metodene til pilotprosjektene (NVE 2016).

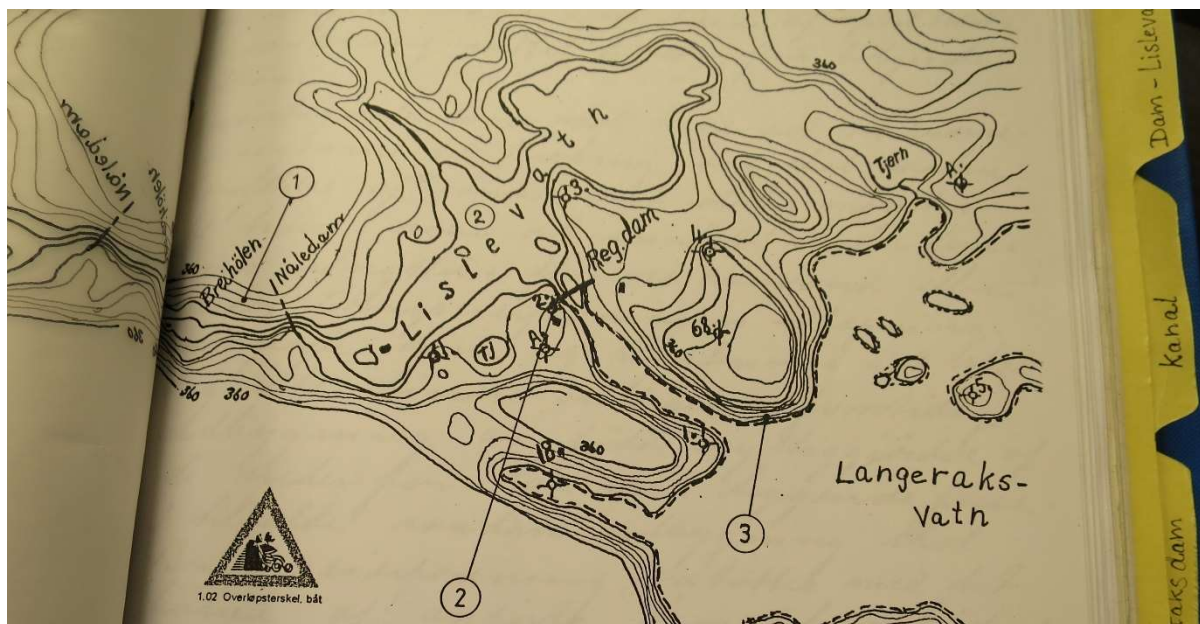
Metoden for pilotprosjektene danner et tilpasset nivåbasert system som er utviklet gjennom ulike veiledninger og systemer sett opp mot norske forhold. Målet med pilotprosjektene er å teste en metodikk for vurdering senere i prosjektet. Gjennom flere pilotprosjekter skal det utvikles et velegnet vurderingssystem for norsk vannkraft- og energiforvaltning.

Målet med dokumentering og vurdering av Langeraksvatn dam er hovedsakelig å tilpasse og teste en metodikk basert på HE og HABS sine systemer med relevante innspill fra andre kilder. Metode blir utviklet i forhold til Langeraksvatn dam og testet i feltet for å vurdere resultatene og videreutvikle et tilpasset system til NVEs behov. De ulike metodene inkluderes i sine originale format som vedlegg og beskrives i forhold til Langeraksvatn dam under kapittelet «Mål og metodikk».

1.2 Beliggenhet

Langerak kraftverk som inkluderer Langeraksvatn dam, kraftstasjon, rørgate, inntaksdam osv. ligger i Bygland kommune, i Aust Agder på 58.752357, 7.874815 koordinater sentralt på anlegget. Dammen ligger på 58.753314, 7.892542 og kraftstasjon på 58.751389, 7.854353 (googlemap).

2 Langeraksvatn dam



Oversiktskart over Langerak (Tom Davies/NVE 2016)

Denne rapporten for Langeraksvatn dam er en omfattende dokumentasjon som fanger opp egnede nivåer når det gjelder bakgrunn og detaljer som kan representere og gi informasjon om Langeraksvatn dam i fremtiden. Nivå og metodikk for vurdering og dokumentasjon er presentert i 'Langeraksvatn dam, Bygland Kommune, Aust Agder – Vurdering og dokumenteringsmetode' (NVE 2016).

2.1 Vurdering

Egnet nivå for dokumentasjon er basert på en forvurdering av Langerak kraftverk sett i forhold til bestemte og sammenlignbare kategorier. Dette ble gjort under den første fasen der det ble utført en kartlegging av metode, med kriterier innhentet fra Historic Englands 'Conservation Principles, Policy and Guidance for the Sustainable Management of the Historic Environment' (HE 2008). Etter vurdering av ulike vurderingskriterier under metodeutviklingen ble det besluttet å bruke Historic Englands kriterier fra Historic Englands *Principles* for pilotprosjektene for å teste hvor egnede de er i denne sammenhengen. Vurderingen danner grunnlag for beslutningen om tilsvarende nivå på dokumentasjon for dette prosjektet og er fullt beskrevet i 'Langeraksvatn metode og vurdering' (NVE 2016) og presenteres nedenfor med oppdatert informasjon fra feltarbeid og forskning.

- *Fysisk verdi: Potensiale for å gi informasjon om menneskelig aktivitet;*
- *Historisk verdi: Forbindelsen mellom lokalitet og historisk vesentlige personer, hendelser, og samfunnsaspekter.*
- *Estetisk verdi: Sanselig og intellektuell stimulering fra sted.*
- *Kollektiv verdi: Verdien av et sted sett i forhold til kollektive minner og opplevelser.*

2.2 Langerak kraftverk -Fysiske og historiske verdier

Langerak kraftverk ble bygd for å produsere elektrisitet til det nærliggende, men arkitektonisk mer nøkterne tuberkulosesanatoriet. Andre helseinstitusjoner i landet hadde også fått eget kraftverk noen

år tidligere, men disse kraftverkene hadde en mer beskjeden størrelse. Elekrisitet for sykehusdrift var viktig. Mulighetene for overføring over lange avstander var begrenset, og derfor ble mange helseforetak lagt der det var en utbyggbar kraftkilde. Kraft til alminnelig forbruk ble da en ekstra gevinst (se historisk bakgrunn).



Landeskogen tuberkulosesanatoriet på Grendi, Bygland (Stig Storheil/NVE 2016)

Longerak kraftverk representerer dermed et anlegg som bygget for ett enkelt behov, dvs drift av Landeskogen tuberkulosesanatorium. Overskuddskraften gikk til lokalbefolkningen. Dette er ganske typisk for sin tid i og med at de tidligere kraftverkene ble i hovedsak ble bygget med tanke på lokal strømforsyning. Dokumentasjon av dammen i forkant av ombygging er en anledning for å samle informasjon om Langeraksvatn dam som kan settes inn i en større sammenheng av tidlige norske kraftverk. Det er dermed viktig å inkludere både dam og stasjon i en bredere kontekst for å vise hvordan de ulike elementene fungerte sammen som en helhet. Sammenligning med tilsvarende eksempler med lignende konstruksjon vil til en viss grad etablere en bredere kontekst. Utvalgte eksempler er Breidvatn, Hartevatn, Førsvatn, Hovvatn og Vatnedalsvatn.

<http://obrugseier.no/status-rehabilitering-av-dam-breidvatn/>

<https://www.yumpu.com/no/document/view/18530048/injisering-av-tmmerkistedam-energi-norge/45>

<http://otrakraft.no/slider/film-fra-utbyggingen-av-dam-vatnedalsvatn/>

http://www.flommer.no/numedalslagen/side.cfm?ID_art=110

Langeraksvatn dam ble bygd i 1912 – 14 som en nåledam;

‘som har fått navn etter hvordan flomløpet er bygd opp; en fast terskel som er stengt med en rekke treplanker (nåler). Nålene ble plassert vertikalt ved siden av hverandre. Det ble holdt på plass av et skjelett (bukker) av treverk eller stål på et fundament bestående av en massiv betongdam eller murdam. Ved flom eller behov for tapping, ble nålene fjernet. Nåledammer bygges ikke lenger, og de gamle nåledammer blir gradvis ombygd. Nåledammer er vanskelig å manøvrere under flom, og blir regel erstattet av mer moderne lukedammer’ (NVE 2009).

I 1952 - 53 ble Langeraksvatn dam ombygd, antakelig pga. vanskeligheter med vannregulering, til en lukedam. Senere arbeid i 1972 – 73 omfattet bare restaurering og fornyelse av råtne tredeler. Den originale nåledamkonstruksjonen er typisk for sin tid og representerer en type som blir stadig sjeldnere. Dette viser at Langeraksvatn dam har høy kulturminneverdi som et eksempel på bevart nåledam.

Resten av dammen er bygd som tømmerkistedam. *‘Tømmerkistedammer består av en tømret kiste med tverrgående bjelker. Kisten fylles med stein, og de tverrgående bjelkene sørger for at vekten av steinene overføres til hele kisten.’* (NVE 2013). Denne ble ombygd og delvis utvidet i 1952 – 53.



Utløpskanal til første fasen ca. 1930 (NVE)

Lukedammer har flomløp som reguleres av store luker på vannsiden av dammen. Lukedam brukes ofte som betegnelse på en dam der lukekonstruksjonen dominerer dammen. Disse dammene er vanlige i tilknytning til elvekraftverk, og består av en massiv betongdam (gravitasjonsdam) med store luker. Det finnes mange forskjellige luketyper i slike dammer, bl.a. store stålluker som valseluker, sektorluker, segmentluker og klappeluker.’ (NVE 2013). Lukedammen ved Langeraksvatn er en av de tidligere valseluketyperne.

For å oppsummere de fysiske, historiske og tekniske verdiene til Langeraksvatn dam er den et godt eksempel på ombygd nåledam. Både som nåledam og lukedam har den en relativt høy verdi som et bevart eksempel. Det er dermed anbefalt en analytisk dokumentering i forkant av den planlagte ombygging i samsvar med Nivå 3 (HE 2016). Nivå 3 omfatter representasjon av anleggets struktur gjennom tegninger og bilder. Det inkluderer også skriftlige opplysninger som sammenligner og analyserer strukturen med relevante eksempler, og setter den innenfor en bredere kontekst.

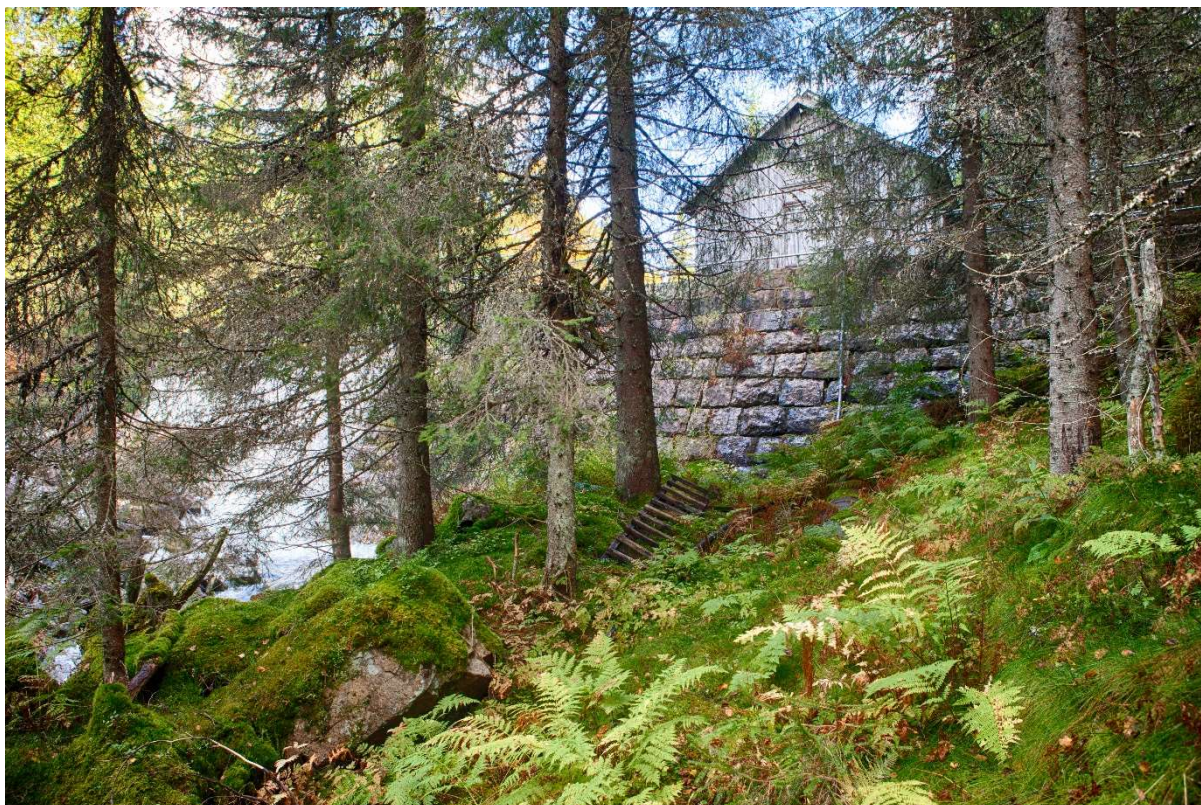


Inntak på vannsiden av Langeraksvatn dam (Stig Storheil/NVE 2016)

Rørgata har både fysiske og historiske verdier og er del av de originale elementene fra 1914-16. Inntaksdammen ble restaurert i 1952-53, men består hovedsakelig av deler fra den opprinnelige byggefasen. Reguleringsdammen som også var en del av den første byggefasen i 1914-16, har blitt fjernet. I dag står det igjen en enkel bro over elven der reguleringsdammen lå.



Inntaksdammen og rørgata under utbygging 1914 – 1916 (Conrad Holteng/NVE)



Inntaksdammen og rørgata (Stig Storheil/NVE 2016)

2.3 Longerak kraftverk -estetisk verdi

Longerak kraftstasjon blir av flere omtalt som «eventyrslottet i skogen». Den er tegnet av arkitekt Kristian Hjalmar Biong. Kraftstasjonsbygningen har forblending i naturstein, med rike detaljer, og minner om et lite fransk senmiddelalderslott eller en middelalderborg i miniformat. Engelsk romantikk er en annen karakteristikk som er brukt. Kraftstasjonens romantiske stil blir forsterket av oppdelingen i flere bygningsvolumer og av fasadenes natursteinskledning. Det er først og fremst arkitekturen og beliggenheten som særtegnar Longerak kraftverk og er absolutt å regne som en sjelden severdighet.

Langeraksvatn dam er bygd av planker og steinkledning som passer i samme stil som inn med kraftstasjonen (se under). Den er forholdsvis enkel, men skulle sannsynligvis sees i sammenheng med bildet av Longerak kraftstasjon som et «eventyrslott». Dammen presenterer en helhetlig struktur med enkel arkitektonisk verdi og materialer som passer inn i omgivelsene. Inntaksdammen og sperredammen er også bygd av stein med lignende estetiske kvaliteter. Rørene og boltene gir rørgata et industrielt preg som også tillegger rørene en estetisk verdi.



Longerak kraftstasjon (Stig Storheil/NVE 2016)

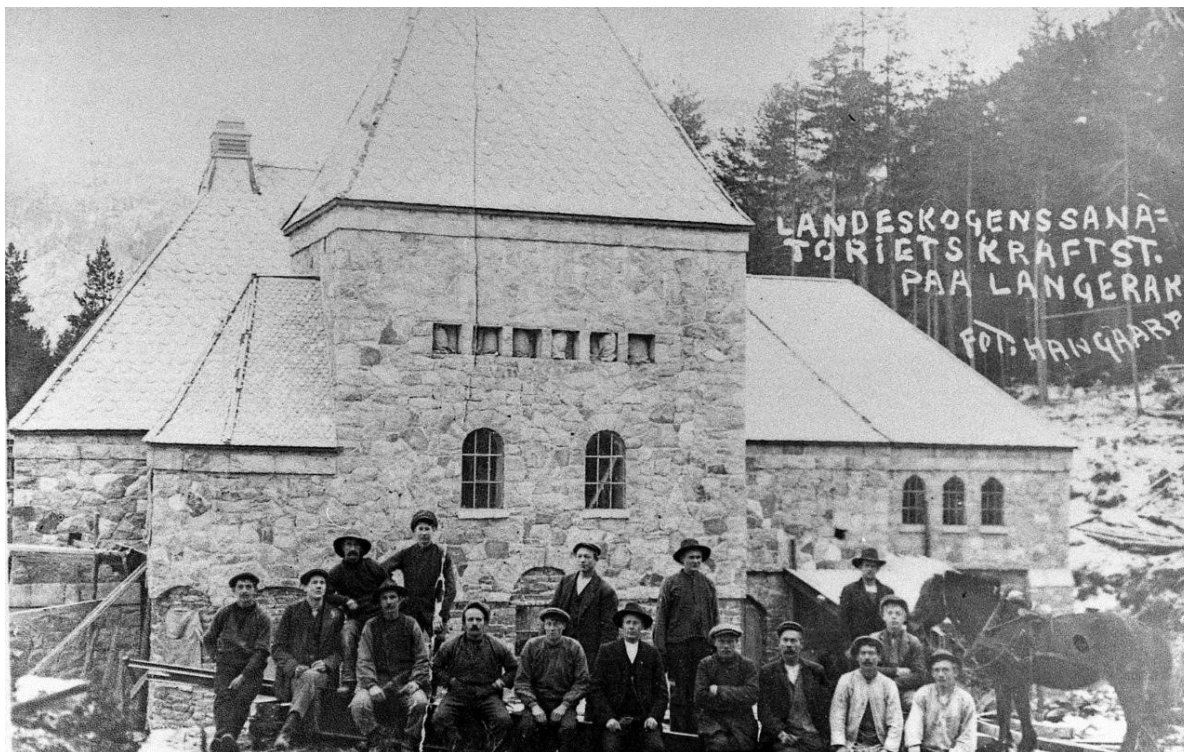
Det var arkitekt Kristian Hjalmar Biong (1870-1959) som tegnet både Landeskogen Tuberkulosesanatorium og Longerak kraftstasjon. Han var født i Ullensaker, Akershus, fikk sin utdannelse i England, Frankrike og Nederland, og har praktisert i Oslo. Hans viktigste arbeider er Kongsseteren på Voksenkollen og den Norske creditbank i Oslo, Psykiatrisk klinikk på Aker og Vardenåsen sanatorium i Asker. Kraftverket sett som en helhet presenterer en relativt høy estetisk verdi med hovedfokus på kraftstasjon.

2.4 Longerak kraftverk -kollektiv verdi

Forholdet lokalbefolkningen har til Longerak kraftstasjon ble noe undersøkt under feltarbeidet. Hovedkilder var ansatte og tidligere ansatte som har et tett forhold til og interesse for kraftverket. Opplysninger fra samtaler med disse viser til at lokalbefolkningen har et mindre forhold til anlegget i dag, men også at det er et klart potensiale for utvikling av kollektiv verdi gjennomformidling. Dette kan forklares av manglede turistinformasjon og formidling om kraftverket og det er tydelig at fokus må være på kraftstasjonen. Jf stor lokalt engasjement rundt Longerak som «ukens kulturminne» på NVEs Kulturstrøm, bekreftet også at mange lokale ikke kjente til «det lille slottet i skogen. Med tilrettelagt formidling av kraftstasjonen som kulturminne er det potensiale for utvikling av større kollektiv verdi og tilknytning til lokalbefolkningen.»

Tilsvarende eksempler fra andre deler av Norge har vist at konstruksjon av diverse kraftverk på 1900-tallet ofte var viktige hendelser for lokalbefolkningen. Ny kraftstasjon gav bedre livskvalitet gjennom teknisk utbedring av strømforsyning, nye arbeidsplasser, samt at nye innbyggere kom til området.

Kollektiv verdi kan utvikles på lang sikt som en del av fremtidig forvaltning av Longerak kraftverk. Dette kan oppnås gjennom formidling som bloggskrivning, befaringer med lokalbefolkningen, kraftselskapet og diverse sosiale arrangementer. Pga. tilgjengelighet må kraftstasjonen spille den sentrale rollen i dette.



Longerak kraftstasjon under utbygging 1914 - 1916 (Hangaard 1914)

2.5 Oppsummering

Longerak kraftverk har i sin helhet høye fysiske og historiske verdier. Kraftstasjonen har høyest estetisk verdi, som hoved arkitektoniske fokuset på kraftverk, men dammen og andre deler av anlegget har aspekter som tilhører denne. Med dette er de totalt sett vurdert til medium høy verdi. Kollektiv verdi er høy for de ansatte, men viser utviklingspotensiale i forhold til lokalbefolkning og samfunnet for øvrig.

I *Vurdering og Metodikk* fra juli 2016 ble det besluttet å implementere et Nivå 3 tilsvarende dokumentasjonen av Langeraksvatn dam, som omfatter hele damanlegget og som sammenligner med de overnevnte andre dammer som bredere kontekst. Dokumentasjon av rørgata og kraftstasjon skulle oppnås på en måte som støtter dokumentering av Langeraksvatn dam. En kombinasjon av eksisterende arkitektoniske tegninger, nye tegninger og fotogrammetrimodeller, samt detaljerte og historiske bilder, skal brukes i rapporten. Detaljer om nivå 3 oppgis nedenfor (NVE 2016).

3 Mål og Metodikk

Et hensiktsmessig dokumentasjonsnivå for Langeraksvatn dam med hensyn til den planlagte rehabiliteringen er tilsvarende Nivå 3 i 'Understanding Historic Buildings'. Level 3 beskrives som en analytisk tilnærming som består av systematisk dokumentering av opphav, utvikling og bruk. Dette inkluderer også vurdering av de få tilgjengelige støttende kilder i forhold til pålitelighet, noe som betyr at dokumenteringsmetodikk kan revurderes senere (se kilder). Illustrasjoner, foto og fotogrammetri er også inkludert for å vise hvordan byggverket så ut og var strukturert for å støtte historisk analyse. Målet med Nivå 3 er ikke å diskutere historisk kontekst i stor dybde men at det kan inkluderes og bidra til i et større forskningsprogram ved behov. Detaljer ved Nivå 3 oppgis fullt i 'Langeraksvatn Vurdering og Metodikk' (NVE 2016). Følgende har blitt oppdatert med hensyn til beslutninger tatt etter skriving av metodikk.

3.1 Praktisk gjennomføring

(1) En forespørsel til Agder Energi A/S og Otteraaens Brugseierforening ble gjennomført i forkant av dokumentasjonsfasen for å samle inn tegninger, opplysninger, kart, foto og andre medier. En detaljert vurdering av denne informasjonen produserte grunnlaget for feltarbeid og plan for prosjektgjennomgang. Planen for feltarbeid beskrives under 'Langeraksvatn Dam, Bygland Kommune, Aust Agder' (NVE 2016).

(2) Etter innledende undersøkelser ble feltarbeid utført for å dokumentere dammen slik den ser ut i dag. Denne består av fotografering til alle formål (se under), observasjoner, skriving av feltnotater. Bilder av utvalgte strukturer fra kraftverket til bruk i fotogrammetri ble også tatt for å bygge 3D-modeller av dam, kraftstasjon og rørgate. Resultatene fra feltarbeidet produseres i denne rapporten som er sammenlignet med forrapporten for å sikre at en tilegnet forståelse og oppførelse av dammen er oppnådd (se kapittel 1).

(3) Under metode ble det planlagt en siste fase med overvåking av dammens ombygging. Erfaring fra andre dammer som ble bygget etter 1912-konsesjonen er at tømmeret forsvinner (råtner). Disse inkluderer Breidvatn, Hartevatn, Førsvatn, Hovatn og Vatnedalsvatn som ble vurdert under metodefasen. Behøvet for overvåking skulle evalueres i denne rapporten i forhold til resultater fra feltarbeidet. Overvåking vil kunne skaffe ytterligere informasjon om dammen som ikke var tilgjengelig under feltarbeidet. Resultater presenteres i et vedlegg til denne rapporten. I samsvar med Nivå 3 inkluderer rapporten informasjon om bredere kontekst, sammenligning med andre dammer og evaluering av resultatene.

3.2 Tegninger

Eksisterende og historiske tegninger brukes som tegnebase og suppleres i felt med fotogrammetribaserte tegninger og foto. Dette legger til rette for muligheter til å sammenligne og kvalitetssikre informasjon mellom eksisterende situasjon og planleggingen av dammen som beskrives av diverse kilder blant annet tekniske tegninger fra 1929, 1952 – 53 og 1972 -73 og arkivmateriale samlet av Agder Energi A/S og Otteraaens Brugseierforening som ble undersøkt under feltarbeid.

3.3 Fotografering og fotogrammetri

En viktig del av pilotarbeidet var å teste fotogrammetri som en del av nivå 3 i English Heritage, med følgende mål;

- Lage 3D-modeller av Langeraksvatn dam;
- Produsere tegninger fra ortofoto i etterarbeid.
- Redusere behov for å tegne i feltet
- Bidra til utvikling av standarder for fotogrammetri

Detaljert og generell fotografering ble gjennomført for å produsere materiale til rapport, blogg og annen formidling. Fotogrammetri ble inkludert både for å lage 3D-modeller av Langeraksvatn dam og

for å produsere tegninger fra ortofoto i etterarbeidet. På denne måten blir det mindre behov for å tegne i feltet. Alt fotomateriale legges ut med åpne lisenser.

Fotografering ble gjennomført med følgende utstyr;

- *Canon 5D mark II (21 mpx fullformat) med*
- *Canon EF 24 – 70 mm 1:2.8 L USM og*
- *Canon EF 70 – 200 mm 1:2.8 L USM*

Dronen som ble brukt til fotogrammetri er;

- *DJI PHANTOM 3 4K (12 mpx)*
- *Lens: 20 mm f/2.8*
- *Sensor: 1/2.3" CMOS*

4 *Forskningsagenda*

Følgende punkter har blitt identifisert i innledende vurdering og blir inkludert som mål for dokumentering;

- Produsere en hensiktsmessig illustrativ dokumentasjon av Langeraksvatn dam som kan representere og videreformidle en omfattende forståelse av dammens struktur og funksjon som et element i Langerak kraftverk.
- Analysere design, form, materiale, funksjon, alder og utvikling av de ulike elementer av Langeraksvatn dam sammen med en vurdering av informerende kilder. Dette kan inkludere historiske tegninger, foto, skriftlige kilder og annet relevant materiale;
- Sammenligne Langeraksvatn dam i dag med planlagte og tidligere utforminger, for å gi en helhetlig forståelse av dammens utvikling;
- Dokumentere enkelte arkitektoniske og tekniske detaljer som informerer om form og bruk;
- Undersøke fysisk for endringer i strukturen, spesielt de som tilhører reparasjonsfaser i 1952–53 og 1972-73;
- Bruke felttegninger og fotogrammetri for å produsere en helhetlig modell av Langeraksvatn dam i dag og med tverrsnitt for å illustrere strukturell utforming
- Illustrasjoner skal produseres i målestokk;
- Detaljert fotografering (separat fra fotogrammetri) av dammen i tillegg til fotografering av sammenhenger innenfor kraftstasjonsanlegget;
- Kartlegge Langeraksvatn dam og de andre strukturene i kraftverket i rapporten for å vise beliggenhet og opplyse om hvordan Langeraksvatn kraftverk fungerer.
- Undersøke og representere sammenheng mellom Langeraksvatn og andre tilsvarende typer anlegg fra samme tidsperiode (se liste over).
- Gjøre resultater tilgjengelige via ulike medier bl.a. rapport, blogg osv.

5 Historisk utvikling

Historisk bakgrunn for Langeraksvatn dam og kraftverk ble undersøkt gjennom kraftselskapets arkiv, samtaler med ansatte og andre tilgjengelige kilder. Dette inkluderer 'Longerak Kraftstasjon (1916 – 2016)' av Reidar Larsen som var maskinist på Longerak kraftstasjon mellom september 1963 og oktober 2002. Ytterligere informasjon kom fra pensjonert maskinmester Reidar Larsen og andre ansatte som en del av feltarbeidet, samt en befaring av kraftstasjonen sammen med Morgan Igland som er ansatt i kraftstasjon idag. 'Longerak kraftstasjon (1916 – 2016)' av Reidar Larsen er inkludert i vedlegg (Larsen 2016).

5.1 Bakgrunn

På begynnelsen av 1900-tallet kom en ny tid i Norge, med nasjonale oppkjøp av fallrettigheter i vassdragene. Hensikten var å sikre de nasjonale behov, og å hindre at kraftkildene ble kjøpt opp av utenlandske interesser. De første konsesjonslovene ble vedtatt av Stortinget i 1907, Hovedloven kom i 1917. Lovene satte nasjonale rammer for kraftutbyggingen. Det var framsynte menn med kapital og næringsinteresser som stod for oppkjøpene. Det var en ny tid hvor man kunne overføre vannkraften som elektrisk energi til der man hadde bruk for den. Tidligere måtte man bruke vannkraften der den var (NVE 2009 & Larsen 2016).

5.2 Utbygging av Longerak kraftverk

Longerak kraftverk ble bygd for å skaffe kraft til det nærliggende, men arkitektonisk mer nøkterne tuberkulosesanatoriet. Andre helseinstitusjoner i landet hadde også fått eget kraftverk noen år tidligere, men disse kraftverkene hadde en mer beskjeden størrelse. Elektrisitet for sykehusdrift var viktig. Mulighetene for overføring over lange avstander var begrenset, og derfor ble mange helseforetak lagt der det var en utbyggbar kraftkilde. Kraft til alminnelig forbruk ble da en ekstra gevinst (www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/kulturminner/kraftverk/longerak).



Langeraks kraftstasjon under utbygging 1914 – 1916 (Hangaard 1914)

Det var Otteraaens Brugseierforening som stod for oppkjøpene i distriktet. Det ble skrevet kontrakt med gårdeierne på Longerak gnr. 54, bnr.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9 den 14. september 1911 om å oppføre en dam for Langerakvatn i en høyde av opptil 3 meter og en senkning inntil 2 meter.

Gårdeierne fikk en erstatning på kr. 12000,- for rett til oppføring av dam ved utløpet av Langerakvatn og reguleringsrett av vannføringen i Langerakåna. Vilklårene for dette var at gårdeierne skulle ha rett til kverne- og sagevann til husbruk, under forutsetning at slik bruk ikke ble til ulempe for Brugseierforeningens bruk av vannmagasinet. I kontrakten står også andre vilkår, blant annet at arbeidet med oppførelse av dammen ikke kunne påbegynnes før erstatningen var betalt ut til gårdeierne. Den 28. mai 1912 kvitterte gårdeierne for å ha mottatt beløpet på Kr.12000,-.

Konsesjon og tillatelse ble gitt den 22. november 1912, og arbeidet med oppsetting av dam ved Langeraksvatn ble startet umiddelbart vinteren 1912-1913 med tømmerhogst og transport av tømmer til damanlegget. Det ble satt opp en såkalt steinkistedam som ble bygget på fjellgrunn på hensiktsmessig sted i utløpet av Langeraksvatn og festet til fjell med bolter. Steinkisten bestod av to vegger av grovt tømmer bundet sammen med tverrstokker og fylt med stein.

5.3 Utbygging 1914 – 1916 (Fase 1)

Langeraksvatn dam

Trekonstruksjonen til Langeraksvatn dam ble føyet sammen med bolter og haker. Steinkisten ble konstruert slik at vekten av steinmassen ble overført til hele kisten. Stein til steinfyllingen i kisten ble minert og kilt ut i nærområdet til dammen. Det ble satt opp to slike steinkister med tappeløp mellom dem. Reguleringen ble gjort med nåler i tappeløpet regnes dermed som en nåledam. Vannsiden av steinkistene ble kledd med plank som tetning.



Materiale fra tidligere faser på stranda (Stig Storheil/NVE 2016)

I følge 'Beskrivelse over dam Langerakvand' fra 1915 består 'trekonstruksjonen av fjellfuru som ble laftet omhyggelig på vannsiden og var tettet gjennom laftene med tjæredrev. Tapningsløpet er kun 1,5 av 3m så at det kunne lett manøvreres og motstå trykket, og unngå at nålene utsettes for vesentlig isgang (Ukjent 1915).

Stokkebelagte delen og øvre del av nåleløpet ble kledd med 2 tommer furuplanker spikret med 5 tommer galvaniserte spikre. Til 'skjødning' (skjøting) av laftene anvendes 6 tommer galvaniserte spikre og til festing av overløpets dekk anvendes ½ tommer haspebolter som gikk betydelig dypt i

damveggen. På begge siden av nåleløpet var det særlig omhyggelig bolting slik at damveggene boltes og nagles fra øverste til nederste. Alle jernbolter forsynes med kile i nedre ende og 'muttrik' og stoppskive i øvre ende slik at bunnen til dammen trekkes fast til fjellet i hele dammens lengde' (Ukjent 1915).

Arbeidet ble utført av 12-13 mann, hovedsakelig lokale folk fra distriktet. En normal arbeidsdag på den tiden var 12 timer, fra kl.0700 til kl.1900, og en daglønn på kr.4,00. Dammen kom på kr.14319,- og lønnskostnadene på kr.7692,-. Til å begynne med var det meningen at Langeraksvatn skulle være et vannmagasin i tillegg til Byglandsfjorden for framtidig kraftutbygging nedenfor i vassdraget. Alt arbeidet skulle ledes og utføres av spesielle kyndige fagfolk slik av veggene og steinfylling ble så kompakt som mulig. Det skulle også vektlegges at dammen får 'gode fot å stå på' og således at det kunne sprenges fjell der ved behov (Ukjent 1915 & Larsen 2016).



Bolter og jerndeleer fra tidligere faser på stranda (Stig Storheil/NVE 2016)

Reguleringsdam

Reguleringsdammen sto tidligere ved utløpet av Lislevatn som er navnet til vannet på luftsiden, nedenfor dammen. I følge kilder fra 1915 var det uten overløp (Ukjent 1915). Det er i dag en lafteverksdam med steinfylling med bro over den.



Reguleringsdammen (Stig Storheil/NVE 2016)

Inntaksdam

Inntaksdammen er en murdam med oppstrøms betongplate. Inntaksmagasinet er lite, på ca. 300 m³. Fra inntaket fører rørgata med en lengde på rundt 1 200 meter vannet ned til kraftstasjonen.



Conrad Holteng/NVE

5.4 Reparasjon av Langeraksvatn Dam 1952-1953 (Fase 2)

Etter ca. 40 år var trevirket i dammen så dårlig at dette måtte skiftes ut, og en ombygning av flomløpet var nødvendig. Da ble det også montert to tappeluker i stedet for nåler i tappeløpet. Flomløpet ble ombygd, men steinkisten på den andre siden beholdt konstruksjonen. Dermed ble dammen konvertert fra nåledam til lukedam. Vinteren 1952 ble det transportert inn tømmer og plank til dammen fra Grendi. Materialene ble transportert til Tjørnstøl, derfra ca. 800m over til Langeraksvatn. Det var lokale folk med hest og slede som foretok transporten (Larsen 2016). Norges vassdrags- og elektrisitetvesen (NVE) overtok kraftverket i 1925 og det ble senere overtatt av Aust-Agder Kraftverk i 1962. Under ombyggingen i 1952 – 53 var det altså Norges vassdrags- og elektrisitetvesen som hadde ansvaret (Larsen 2016).

Hele dammen var nå ombygget som steinkistedam ca. 50m lang med fast overløp. Overløpet hadde kotehøyde 597,85m.o.h. Det tilsvarte høyeste regulerte vannstand. Laveste regulerte vannstand hadde kotehøyde 593,85m.o.h. Ved reparasjonen ble alt gammelt trevirke i flomløp fjernet på luftsiden. Før trevirket ble fjernet, ble det satt opp en ny trebukk-konstruksjon av grovt tømmer av malmfuru i flomløpet. Det gamle trevirket ble fjernet stykke for stykke fra bunnen, og den nye steinfyllingen ble pakket tett mot den gamle. Den nye trebukken ble boltet fast til fjell, og overliggeren i konstruksjonen ble boltet fast til større nedlagte stein i fyllingen. Hele bukken ble boltet sammen ved overfallskanten (Larsen 2016).

Steinfyllingen på luftsiden fikk en helning på 1:1,5. Det ytre steinlaget ble lagt i en ordning som mur med forband. Til bukkene ble det boltet langsgående åser av furutømmer med ca. 1m mellomrom, og på disse ble lagt et dekke av 3" uhøvlet furuplanker.



Utløpskanal på luftsiden med 0,25 betongplate over utløpet (se under) (Stig Storheil/NVE 2016)

På vannsiden ble helningen slik den var før reparasjonen (omtalt i avsnitt 5:1). For å holde den gamle steinmassen på plass, ble det satt opp en mur av store hogde steiner med samme helning. Nedleggingen av steinene ble gjort på samme måte som på luftsiden når det gjaldt trevirket. Som tetningssjikt utenfor den oppmurte steinmuren, ble det støpt en plate av A betong, som var 0,25m tykk, med en rammearmering av 10mm jern. På toppen av støpen ble lagt en 5"x5" boks, med bolter i

støpen, for feste av en kledning med 3" plank. Til tetning ble det støpt inn en tynn kobberplate som var så bred at den nådde toppen av plankene. Kobberplatene, som ble satt på utsiden av plankekledningen, var ikke noen god løsning, fordi isen om vinteren rev disse bort etter hvert. Nå ble de bestemt å erstatte nålereguleringen i tappeløpet med to luker hver med 0,86m bredde og 1,40m høyde (Larsen 2016)..

I den før utsprengte utløpskanal, ble det murt opp to 1,5m høye vangemurer av hugd granitt med en avstand av 2,0m mellom dem. På grunn av høy vannstand under reparasjonen, måtte denne del av dammen trekkes noe utover fra den gamle. Den nye dammen kunne bare fullføres mot land ved at den ytre delen av de doble steinkistene ble revet. Over vangemurene ble det støpt et jernarmert dekke, som går i ett med tetningsstøpen på enden av vangemurene.



Detalj av utløpskanalen (Stig Storheil/NVE 2016)

Til lukeføringer ble det støpt inn U-jern nr.10 som har sveisede klør for å feste i støpen. Lukene ble laget av 3" pløyd plank med jernbeslag. Til tetning av lukene ble det montert messinglister langs kantene for anslag. Lukene manøvreres hver for seg med en stålstang som har flatgjenger i øvre enden til snekkespillet med en kapasitet på 5 tonn. Til beskyttelse av lukespillene ble det satt opp et lukehus ca.2x6m stort, med en høyde på ca.2,5m og tak av bølgeblikk. Den flomfrie delen av dammen fikk på luftsiden også en helning på 1:1,5 slik som flomløpet, og med det ytre steinlaget i en ordning som mur med forband. I forbindelse med denne reparasjonen ble det utført arbeid på inntaksdammen. Det ble blant annet støpt plate, som tetning for lekkasje, på vannsiden av dammen.

5.5 Reparasjon av Langeraksvatn Dam 1972-1973 (Fase 3)

Ca. 20 år siden forrige reparasjon ble det oppdaget at trevirket i dammen var så dårlig at noe måtte gjøres. Denne gangen var det Aust-Agder Kraftverk som var eier, og hadde fått ansvar for dam og vannmagasin fra 1. januar 1963. Det ble våren 1972 bestemt at alt tilgjengelig trevirke skulle skiftes ut og for første gang skulle det brukes impregnerte materialer. Det ble kjøpt inn 1 ½" og 3" impregnert plank fra Mesna Bruk på Østlandet og 15 stk. impregnerte master av rundtømmer fra eget lager.



Planker fra 1972 – 73 reparasjon (Stig Storheil/NVE 2016)

Materialene ble transportert med lastebil til Langerak våren 1972 for videre transport med helikopter til dammen ved Langeraksvatn. Materialene ble på forhånd delt opp i optimale pakker som helikopteret kunne transportere fra jordet til bruk nr.2 bak Bygdestoga på Langerak. Samtidig med denne transporten kom arbeidsfolk fra Aust-Agder kraftverk som skulle utføre arbeidet sammen med to lokale innleide arbeidere. Kraftverket hadde leid inn pensjonist Harald Lauvland f.1906 fra Åmli som arbeidsformann til dette arbeidet. Han hadde vært ansatt ved Aust-Agder kraftverk i perioden 1919-1968. På grunn av alder ble han med helikopteret på den siste turen opp til dammen, de andre gikk opp. Det var fire mann som skulle utføre arbeidet, Harald Lauvland (formann), Georg Hagane, Jon S. Langerak og Arne Brokeland. De begynte med å fjerne det gamle trevirket på flomløpet, som var svært dårlig, både den stående plankekledningen, trebukkene og de langsgående åsene av tømmer.

Den gamle konstruksjonen ble nå erstattet med trebukker og åser av impregnerte mastestolper. Trebukkene ble som før boltet fast i fjell ved de to spennene. Overliggeren ble boltet fast til store steiner i fyllingen som før. Alle bukker er boltet sammen med varmgalvaniserte bolter i overfaldskanten. Deretter ble steinfyllingen pakket forsvarlig før konstruksjonen ble kledd med impregnert plank på luftsiden og oversiden. Derved var første del av arbeidet utført før vinteren.

Våren 1973 fortsatte arbeidet på dammen når Langeraksvatnet var nedtappet for å ta vannsiden. Det gamle trevirket ble fjernet, og ny impregnert 3" plankekledning ble satt opp langs hele vannsiden, både på flomløpet og den flomfrie delen. Det ble også satt opp nytt lukehus. Reparasjonen av selve dammen ved Langeraksvatn kom på ca. kr.75000, i tillegg kom lønnskostnadene.



Luker og lukehus 2016 (Stig Storheil/NVE 2016)

Deretter ble det laget ny nåledam i utløpet av Lislevatn, av impregnerte materialer. Denne dammen er totalt ca. 8,5m lang. Tappeløpet med løse nåler er ca.2,4m. Resten av dammen har fastspikrede planker. Nå fikk denne dammen også en gangbro av plank, slik at man kunne kjøre over med snøscooter om vinteren. Lukehuset på Inntaksdammen fikk ny impregnert kledning og nytt tak av bølgeblikk. Gulvet inne i lukehuset ble skiftet ut med 3" impregnerte løse planker. Plankevegg over ristene ble også skiftet ut med impregnerte materialer.

Samtidig med dette arbeidet, ble hytta til Kraftverket ved dammen utbedret og fikk ny impregnert kledning og nye bølgeblikkplater på taket. Det ble også satt inn ny vedovn og røykrør med hatt og plate. I tillegg kom nye køyesenger og kokeapparat med propan, samt bord og stoler.

5.6 Kontrollering og regulering av dammen

Dammens vannhøyde ble kontrollert regelmessig over årene. I følge opplysninger fra 1962 skulle avlesning tas tre ganger i måneden og det er også notert årlig kontrollering mellom 1931 -1953. Vannmål er beskrevet som en stålbolt som festet i berget på 593.843 moh. etter nivellementet i 1929. Kontrollmerket Fm3 var plassert på Lislevatn ved utløpet sør for dammen. I følge kilder målte det 15m fra dammen og 2m fra kanalen. Det er også opplyst i samme kilder at et nytt kontrollmerke var satt opp i 1950 ved siden av inntaksdammen på Breiholen (på Fm2). Årsaken var at den tidligere vannmåleren var i ustand. Det er oppgitt at avlesning tas en gang i uke og under flom en gang hver dag (perm). Høyden er oppgitt som 554.385 moh. Vannmål Fm1 var plassert hvor utløpet fra kraftstasjon møtes Långerakå elven på Otra på 249.052 moh. Det er senere oppgitt som 254.961 moh. som viser til at en del kalibrering pågikk (materiale fra Vest Agder Energi A/S).

På denne tiden var vannmagasinet til Langerak kraftverk på 12,5 million m³, nedbørsfeltet målte 18,5 million m³, årsavstrømning var 20,2 million m³ og vannføring gikk på 0,64 m³/sek. Vannmål var plassert på vannsiden av Langeraksdammen. Reguleringshøyden til magasinet var på 4m med kapasitet til ytterligere toleranse på 0,5m. Tegninger fra 1962 viser en 'ny kraftstasjon' nord for Langerak kraftstasjon med planlagt rørgate til Langeraksvatn. Det ble visstnok ingenting av denne (Vest Agder A/S 2016).

Longerak kraftstasjon

For å oppnå en helhetlig forståelse av Langeraksvatn dam må den bli sett i sammenheng med Longerak kraftstasjon. Kraftstasjonen med tilhørende elementer ble bygd av staten for å skaffe elektrisitet til Landeskogen Tuberkulosesanatorium i Setesdal i Årdal sogn, Bygland, Aust-Agder fylke (Larsen 2016).



Longerak kraftstasjon (Stig Storheil/NVE 2016)

I begynnelsen av år 1900 var tuberkulosen blitt et svært økende problem for helsemyndighetene og det ble satt i gang bygging av flere helsehjem og sanatorier. Tuberkulosen herjet voldsomt i Aust- og Vest-Agder rundt år 1900. I 1906 ble Egra helsehjem ved Grimstad opprettet, som etter hvert fikk plass til 58 pasienter. Senere kom Furukollen sanatorium ved Arendal med plass til 40 pasienter, Solhøgda tuberkulosesykehus i Mandal med plass til ca.16 pasienter, som senere fikk plass til 50 syke, og Landeskogen tuberkulosesanatorium med plass til 102 pasienter (Larsen 2016).

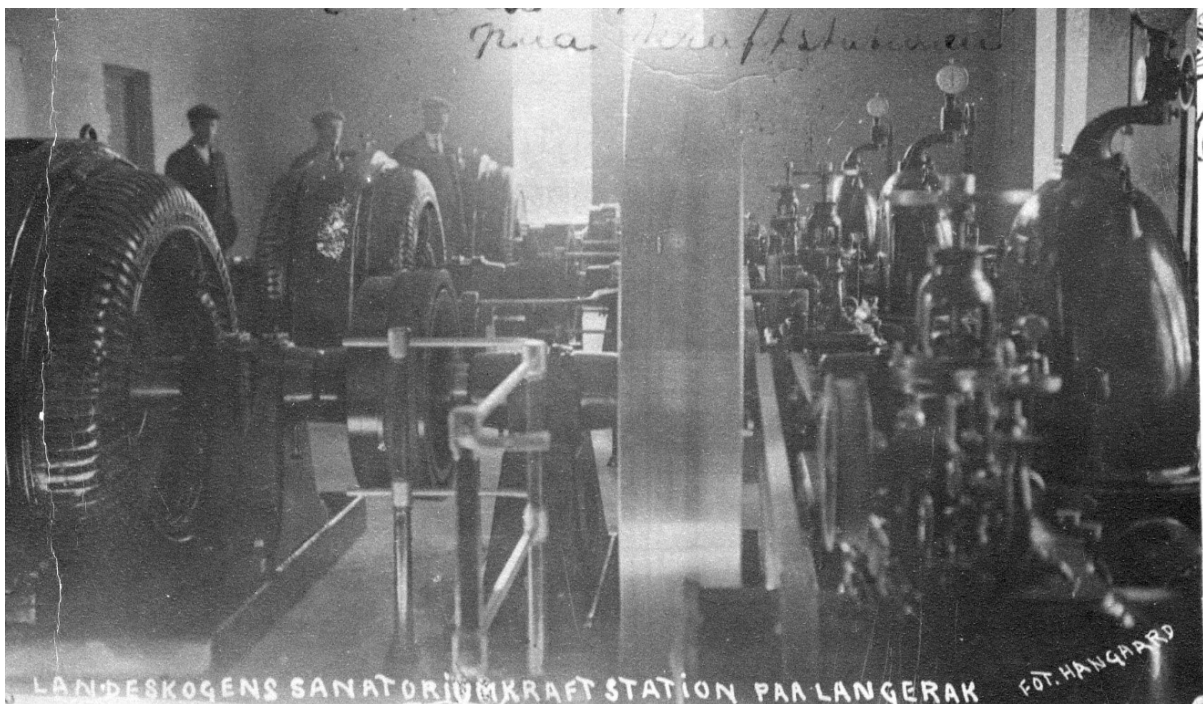
Det ble skrevet kontrakter med gårdeierne på Lande gnr.57, bnr.1 og bnr.2 i Bygland herred datert henholdsvis 9. november 1911 og 4. september 1912 om kjøp av skogområder for å anlegge tuberkulosesanatoriet. Det ble avholdt skylddelingsforretning den 29. november 1912 over gården Lande bnr.1 for å skille ut bnr.3 Hoddrønn til staten før det kunne skrives skjøte. Det ble skrevet skjøte fra Thor E. Lande til Staten på gnr.57 bnr.3 den 20. februar 1913 og tinglyst 10. mars. Kjøpesummen var kr.13146,-. Dette ble byggeplassen for Sanatoriet. Det ser derfor ut til at det første spadesticket på byggeplassen for hovedbygningen kunne begynne våren 1913.

Senere ble det kjøpt et stort skogstykke fra bnr.2 med skjøte datert 11. mai 1914 fra Ragnvald Gundersen. Kjøpesummen var kr.12880,-. Det ser ut til at dette er en stor parsell nedenfor sanatoriet som går helt ned til Byglandsfjorden. Denne parsellen ble slått sammen med bnr.3. Våren 1916 kom de første pasientene. Innvielsen ble foretatt søndag 1. oktober 1916.

Staten ville her bruke elektrisk energi både til oppvarming, belysning og drift av sanatoriet. Det var første gang dette ble testet i Norge, og derfor måtte det settes opp en kraftstasjon for dette. Det var to alternativer hvor de skulle ta vannkraften, enten fra Tjørnstølvatn på heia ovenfor Sanatoriet eller fra Langeraksvatn som allerede hadde blitt regulert med dam. Valget falt på Langeraksvatn med større vannmagasin og vannregulering (Larsen 2016).

Kraftverket ble satt i drift med tre aggregater i 1916 og ligger omtrent 60 meter høyere enn Byglandsfjorden. Inntaket er plassert nedenfor Langeraksvatnet, slik at bare deler av hele fallet ned til kraftstasjonen er utnyttet. En forklaring er at utbyggerne ikke så for seg at det ville bli behov for mer kraft, en annen forklaring er at den valgte fallhøyden ble ansett som en grense for hva som var teknisk mulig. Imidlertid var det allerede bygd kraftverk andre steder i landet både med større fallhøyde og vesentlig større installasjon. Kraftproduksjonen gikk også til alminnelig forsyning til bygda. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) overtok kraftverket i 1925. Kraftverket ble overtatt av Aust-Agder Kraftverk i 1962. Fra 2001 ble Agder Energi eier. I dag utnytter kraftverket et fall på 300 meter fra reguleringsmagasinet Langeraksvatn, som reguleres mellom 598 og 594 moh. Samlet effekt er 1,5 MW og midlere årsproduksjon er på 8 GWh.

Generator 1 er utviklet i 1967 og generator 2 og 3 ble utskiftet med en ny standard skipsgenerator i 1980 og 1981. Turbinene ble vurdert i 1972 til å være i god tilstand. Siden da har det vært en liten skade på et løpehjul som ble rettet ved at skovlene ble sveiseutbedret og slipt (arkiv 13.04.2005).

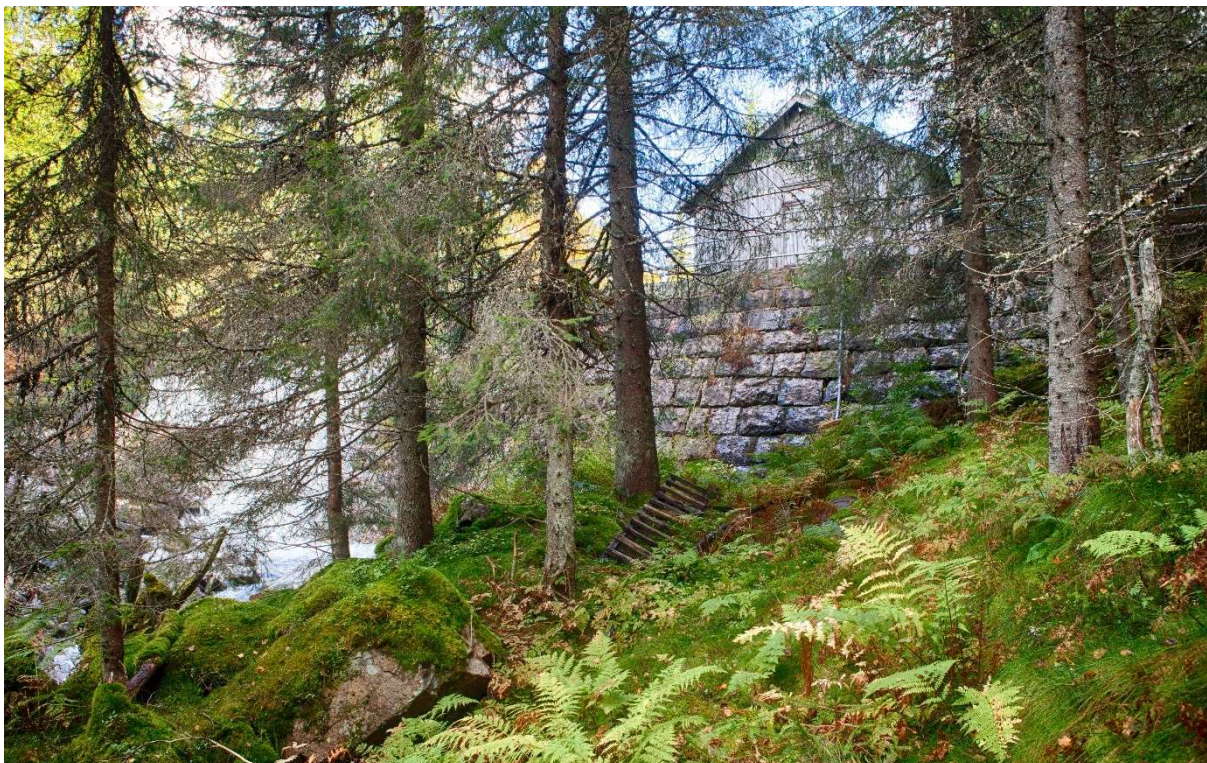


Maskinrom i kraftstasjon (Hangaard 1914)

En tilstandsvurdering av kraftstasjonen i 1962 beskriver murene som «Ålesundsmur» en type uregelmessig oppmuring som har sitt opphav i Jugendstil bebyggelse i Ålesund. . Selv at bygningen var i generelt god tilstand nevnte tilstandsvurderingen imidlertid noen problemer. Det var blant annet et hull i vegg mellom turbinkanalen og oljekjelleren der det samlet seg 1 fot vann.



Maskinrommet og bilder av generator under utbygging (på neste side) (Stig Storheil/NVE 2016 og Conrad Holteng/NVE)



Inntaksdammen og rørgata (Stig Storheil/NVE 2016)

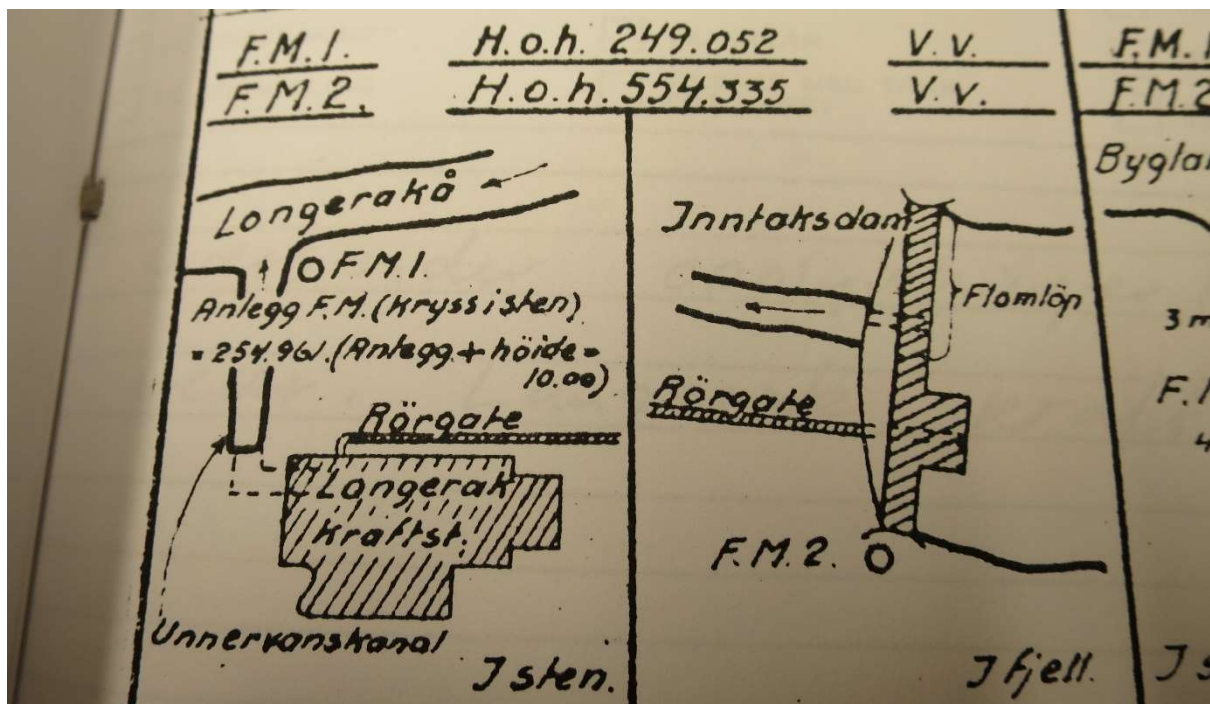
5.7 Rørgata

Rørgata mellom inntaksdammen og kraftstasjonen inkluderer 456m sveisede rør med diameter på 450mm. I den nederste delen er det en tilkoblende struktur av stein og en seksjon av bevarte skinner

som tilhører banen som ble brukt for å bygge rørgata og gjennomføre vedlikehold. (arkiv epost 13.04.2005).



Rørgata (ovenfor) og fotogrammetri resultater av rørgata på neste side. (Stig Storheil/NVE 2016)



Plan over dammen og kraftstasjonen. (Arkiv) (Tom Davies/NVE 2016)

5.8 Teknisk utførelse

Kraftverket ligger omtrent 900 meter nedstrøms fra Langeraksvatnet og har en fallhøyde på rundt 300 meter. Med alle aggregatene i drift er slukeevnen $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Kraftverkets hoveddeler består av et magasin, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanent utstyr.

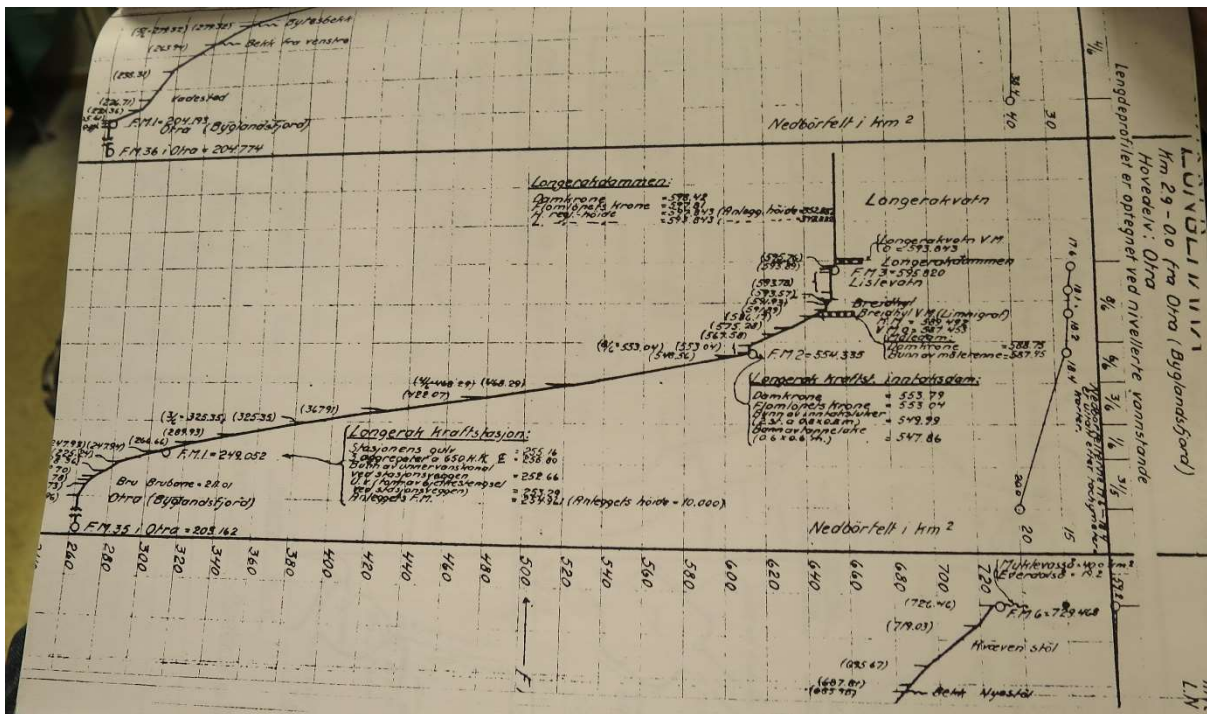


Diagram over høyde (Tom Davies/NVE 2016)

Magasinvolumet er på 12,5 mill. m³. Med et midlere årlig tilsig på snaut 17 mill. m³ har kraftverket god regulering. Magasinet er etablert ved oppdemning av en hoveddam og en liten sperredam. Hoveddammen er som nevnt en steinkistedam med frontledning av plank, og det er fritt overløp med en lengde på vel 30 meter. Kronelengden er bortimot 50 meter, og største høyde fem meter. Dammen ved inntaket er en murdam med oppstrøms betongplate. Fra inntaket fører rørgata, med en lengde på rundt 1 200 meter, vann ned til kraftstasjonen.

Kraftverket har tre horisontale aggregater. Turbinene er av typen enstrålet Pelton, hver med en ytelse på 480 kW. De ble levert av norske Kværner Brug, alle med påstemplet årstall 1914. Det er én opprinnelig generator i fortsatt bruk. Den ble levert av svenske Nya Förenade Elektriska AB. Generatoren er nylig omviklet. På denne generatoren er det fortsatt en operativ likestrøms magnetiseringsmaskin, levert av norske Per Kure. Denne løsningen er nå relativt sjelden. De to andre generatorene er fra 1981 og 1982. Begge ble levert av NEBB, norsk datterselskap av sveitsiske Brown Boveri & Cie. Maskinsalen har en enkel utførelse. Instrumenttavlen ble også levert av Per Kure. Transformatorene fra 1981–82 er plassert ute. Tidligere var trafoene plassert i en trebygning like ved kraftstasjonen, men på grunn av brannfaren har man gått bort fra denne løsningen (www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/kulturminner/kraftverk/langerak).



Utbygging av kanalen i 1914 -16 (Conrad Holteng NVE)

6 Feltarbeid

6.1 Beskrivelse

Feltarbeid på Langeraksvatn ble utført mellom 26. og 29. september 2016 og besto av befaringer som undersøkte både eksteriør og interiør ved anlegget. Målet var å registrere observasjoner om dammens struktur. Undersøkelsen av dammen og de relaterte strukturene ble gjort av Unn Yilmaz, Christine Snekkenes og Tom Davies. Samtidig ble det utført detaljert fotografering av Stig Storheil for å dokumentere viktige elementer til dokumentasjonen. Dronefotografering og vanlig fotografering med speilreflekskamera ble gjort av Dag Endre Opedal. Bildene skal brukes for å bygge 3D-modeller av dammen og kraftstasjonen som skal brukes for å produsere tekniske tegninger og videre formidling.



Langeraksvatn dam fra vannsiden (Stig Storheil/NVE 2016)

6.2 Langeraksvatn dam

To tredjedeler av dammen er dekket av trekledning, og den siste tredjedelen er steinkledd. Dammen har en relativt flat topp og er skråstilt mot luftsiden. Tredelen står på ca. 1.5m i høyde over vann. Toppsiden er 4m bredt og 28.8m lang i tre og 16.8m i steinkledning (til sammen 45.6m). Alle treplanker er blitt sagd av maskin og måler 152mm (eller 6"/tommer) bredt av diverse lengder. De er spikret på plass med maskinproduserte spiker. Den siste tredjedelen som består av steinkledning er inntil 0,8m høyere enn tredelen og huser utløpet og luker. Utløpet måler 2m bredt. Steinkledningen viser noen tegn etter utspredning som måler 30mm i brede. Enkelte stein varierer i størrelse men er hovedsakelig mindre enn 0,4m². Hele den steinkleddede delen måler 4m bredt på toppsiden.



Tegn etter sprengning på steinkledning (Stig Storheil/NVE 2016)

Området til den tidligere nåledammen ble undersøkt og har fortsatt noen planker (nåler) som sitter sammen med lukene fra ombyggingen i 1952 – 53. På luftsiden ble en betongplate fra 1952 observert, noe som tyder på at skuret på dammen ble bygd på et senere tidspunkt. Bredden på betongplaten måler 250mm, noe som er i samsvar med informasjon om 1952-fasen. Dammen er i relativt god tilstand, men plankene viser noen tegn etter råtning og isskader.

Omgivelsene til dammen ble undersøkt og inkluderer anleggsbrakke og en hytte som er eldre enn dammen (den vises på gamle tegninger fra 1916 som Sjerraks hytte). En del nedbrutt tømmer og gamle jernbolter ble observert på stranda øst for Langeraksvatn og ved dammen samt en del avkappede stokker som lå nedenfor ved luftsiden av dammen. Disse elementene hører antakelig til de første to fasene av Langeraksvatn dam og har blitt byttet ut.



Bolter (Stig Storheil/NVE 2016)



Avkappede stokker antagelig fra reparasjon i 1972-73 (Stig Storheil/NVE 2016)

Befaringen inkluderte også Lislevatn som har et torvrområde som muligens har blitt brukt til fyring eller som fyllingsmateriale til dammen. Men ettersom det ikke er nevnt i de detaljerte opplysningene om tidligere arbeid, er det siste lite sannsynlig. Lengre nedover langs elven ble broen over reguleringsdammen, inntaksdammen og rørgata undersøkt.



Inntaksdammen (Stig Storheil/NVE 2016)

6.3 Inntaksdammen og Rørgata

Inntaksdammen er en murdam med et lite lukehus og utløp med luker. På sørsiden av inntaksdammen har fjellet blitt støttet opp med betongfylling, og det er en liten trapp i tre ned til rørgata. Koblinger til rørgata måler 2" med avstand mellom koblinger på 2'.



Betongfylling i fjellet (Stig Storheil/NVE 2016)



Rørgata (Stig Storheil/NVE 2016)

6.4 Kraftstasjon

Kraftstasjonen ble undersøkt som siste del av befaringen med omvisning av Morgan Igland, en av de ansatte. Den er kledd med stein i ulik farge og noen deler med blågrå farge i Ålesunds murstil. Denne stilen er oppkalt etter bebyggelse fra gjenreisningen av Ålesund etter bybrannen i 1904 og består av avrundede stein i diverse størrelser. Det er tre skorsteiner montert på taket og alle de originale vinduene er intakte. Den største forandringen på kraftstasjonen er et inngangsparti som er påbygd på antakelig på siste delen av det 20. århundre. Inntaket til rørgata ligger langs nordveggen på kraftstasjonen, og fra det nordvestlige hjørnet er det en utløpskanal som fortsetter ut til elven gjennom en trase i skogen.



Kraftstasjon og utløpskanal til venstre for byggverk (Stig Storheil/NVE 2016)

Innvendig er det største rommet et maskinrom som inneholder tre aggregater, og på sørveggen er det montert elektrisk utstyr for å regulere og måle strøm. En av generatorene er original og de andre to stammer fra utskiftningen i 1982. Øst for generatorrommet er det et kontorrom og et arbeidsrom, og sør for maskinrommet er det et rom med strømutstyr. På nordsiden av rommet ligger turbinene som driver generatorene. Veggene på maskinrommet er hvitmalt og inneholder originale vinduer. Langs vestveggen er det en kran montert i taket.



Teknisk utstyr (Stig Storheil/NVE 2016)

Ovenfor maskinrommet er det to rom. Et som er tilgjengelig via trapp fra arbeidsrommet og som er brukt til lagring av verktøy. Et annet rom som er tilgjengelig via en jugendstil spiraltrapp fra sørvestlige hjørne av maskinrommet. Dette rommet huser utstyr til utsending av strøm til trafoen som ligger sør for kraftstasjonen.



Utstrømning (Stig Storheil/NVE 2016)

Utstyr til utsending har blitt endret men det er fortsatt en del utstyr montert på den sørlige vegg som hører til den originale layouten. Dette inkluderer ulike skilt som sier 'sanatorilina', og 'lokalbefolkningen' og viser til ulike mottakere. På gulvet ligger utstyr fra tidligere bruk av kraftstasjonen eksempelvis en tidlig 1900-talls telefon, ulike festeanordninger til strømlinjer og en del verktøy f.eks. stolpesko til kraftstolpe klatring. Takrommet ble også undersøkt og inneholder ventilasjonsskorstein og en del nytt tømmer fra takutskifting på 2000-tallet. I kjelleren har kraftstasjonen et rom som i perioder har stått under vann. Rommet er ubrukt i dag men ble muligens brukt til lagring tidligere.



Diverse gammelt utstyr (Stig Storheil/NVE 2016)



Jernskinner ved rørgata (Stig Storheil/NVE 2016)

7 *Bredere kontekst*

For å vurdere Langeraksvatn dam i samsvar med nivå 3 i Historic Englands veileder, må dammen sees både innenfor konteksten av Longerak kraftverk og den generelle utviklingen av dammer og kraftverk tidlig på 1900-tallet. Dette kapittelet begynner med den nasjonale konteksten og fortsetter med analyse av ulike aspekter ved Langeraksvatn dam. Kapittelet avslutter med en oppsummering av ulike faser ved Longerak kraftverk og en sammenligning av lignende dammer.



Reparasjon av brudd i rørgata ca. 1929. (Conrad Holteng/NVE)

‘På slutten av 1800-tallet ble det lansert en epokegjørende ny teknologi. Med denne teknologien ble det mulig å omforme vannets bevegelsesenergi til elektrisitet via turbiner og generatorer. I 1882 bygde Senjens Nikkelverk, et lite kraftverk i Hamn på Senja – angivelig det første vannkraftverket i Norge og i Europa. Frem til 1885 ble det bygd ca. 30 små lysverk. Det første elektrisitetsverket som solgte strøm var Laugstol Brug ved Skien. Hammerfest ble i 1891 Norges første by med elektrisk gatelys fra byens eget vannkraftverk. Elektrisitetsverkene krevde oppdemmet vann og rør som ledet vann til turbinene (NVE 2013).

Elektrisitetsproduksjonen ga grobunn for industriutvikling der fossefallene var lokalisert, helst nær isfrie havner for å lette transporten av produkter til markedene. De store vannkraftutbyggingene fra tidlig 1900-tall skjedde hovedsakelig i Østfold, på Vestlandet og i Telemark. Odda, Sauda, Notodden, Rjukan og Glomfjord er eksempler på fremveksten av nye samfunn basert på ensidig industri i stor skala. I disse områdene ble det bygd forholdsvis store dammer for regulerings- og inntaksmagasin. Det var vesentlige murdammer og massive betongdammer (NVE 2013).’

Inntil betong ble tatt i bruk omkring 1900 var det vanlig å bruke det materialet man hadde for hånden på stedet; enten det var trevirke og/ eller stein. Valg av damtyper ble bestemt av stedets topografi, geologi, tilgjengelig teknologi og tilgjengelige lokale byggematerialer. Formen på landskapet har også stor innvirkning. En trang kløft eller en v-formet dal med stor høyde taler for en buedam (hvelvdam) i betong, mens en vid, u-formet dal gjør det naturlig å bygge en fyllingsdam, eventuelt platedam. Fjellkvaliteten er også avgjørende. Massive bergarter tåler store trykkspenninger. Vassdragets/ nedbørfeltets karakter på stedet er også vesentlig (flere små magasiner eller et stort magasin) (NVE 2013).

Helt til langt ut på 1700-tallet dominerte tre- eller steinmaterialer, eventuelt en kombinasjon av tre og stein. Tidlig på 1900-tallet dominerte murdammene, men etter hvert som teknologien utviklet seg, ble det mer og mer vanlig å bygge betongdammer. Disse var nærmest enerådende til langt ut på 1950-tallet. Imidlertid gjorde vanskelige fundamenteringsforhold og mindre egnete lokaliteter sitt til at det var økonomisk lønnsomt å satse på andre typer dammer. På midten av 1950-tallet overtok steinfyllingsdammene som den ledende damtypen, men det finnes fortsatt flest betongdammer. Særlig på 1960-tallet var kraftutbyggingsaktiviteten høy og det ble bygd ca 60 nye dammer hvert år. Til sammenligning var utbygningstakten på 1990-tallet ca 10 dammer per år. De fleste store dammer er dermed enten betong- eller steinfyllingsdammer (NVE 2013).

Det er ikke uvanlig med kombinasjoner av dammer der en eldre konstruksjon er støttet opp av en nyere på luftsiden. Eventuelt kan en eldre konstruksjon være innebygd i en ny, eller en eldre konstruksjon, eller deler av den, ligger igjen i vannmagasinet (NVE 2013).

Forutsetningen for å bruke vannfallets krefter til ulike formål er oppdemning av sjøer og vassdrag. Teknologi- og kompetanseutviklingen kan avleses i de ulike damtyper fra 16-, 17- og 1800-tallets tre- og steinkonstruksjoner, via 1900-tallets betongkonstruksjoner ("betongalderen") til dagens steinfyllingsdammer som nærmest er for storskala landskapsinstallasjoner å regne. Det er mange overgangsformer mellom ulike typer, til dels også kombinasjoner av typer. Ikke minst er mange dammer i takt med strengere sikkerhetskrav blitt ombygd. Dette har medført at en dam kan bestå av flere "alderslag" eller at man på damstedet finner rester etter eldre damkonstruksjoner nedstrøms eller oppstrøms. Stein som materiale har fulgt mer eller mindre hele utviklingen, om enn i ulike former/formasjoner. Stein er brukt både som hovedelement i konstruksjon og som forblending/kledning (estetisk utforming). Treverk brukes stort sett ikke lenger. Det kommer mest til anvendelse når tredammer restaureres/rekonstrueres. Betongdammer av ulike størrelser og utforminger er den mest dominerende damtypen i landet (NVE 2013).



Inntaksdammen ca. 1929 (Conrad Holteng/NVE)

8 Ulike damtyper

8.1 Tredammer

Tredammer inndeles i to hovedtyper: tømmerkistedammer og bukkedammer. Tømmerkistedammer består av en tømret kiste med tverrgående bjelker. Kisten fylles med stein, og de tverrgående bjelkene sørger for at vekten av steinene overføres til hele kisten. Oppstrøms er det vanligvis stående planketetting. Dette er en eldre damtype som ikke er vanlig å bygge lenger. Dam Storfallet i Søkkunda, Hedmark var Norges høyeste tømmerkistedam. Den ble bygd på 1920-tallet og var 12 meter høy. Den ble revet i 1989 for å bli erstattet av en buedam i betong. Tømmerkistedammene ble bygd av rundtømmer. Med vekslende fukting og tørking kan trevirket råtne fort, og dammene var derfor lite varige. Et permanent overløp på dammen holdt materialene konstant fuktige og dermed økte levetiden. Påstryking av impregneringsmiddel kunne holde den synlige overflaten frisk, mens stokkene råtnet opp innenfra. Der det er brukt malmfuru kan tømmeret holde seg i årtier. Det sies at tømmerkistedammer "dør langsomt". Dammene siger sammen etter hvert som tømmeret morkner. Dammene står nesten alltid på fjell. Under spesielle forhold kan de fundamenteres på tømmerflåter. (NVE 2013). Tredammer har generelt sett kort levetid. Trevirket råtner og går i oppløsning, og dammene må bygges opp igjen etter intervaller på 30-40 år. Det vanlige har vært å erstatte tredammer med andre typer, men noen få blir bygd opp igjen med tremateriale og etter gamle metoder. Et eksempel er Djupsjøen dam, opprinnelig bygd i sammenheng med gruvedriften (vann brukt til å drive pumper) på Røros tidlig på 1700-tallet (NVE 2013).

8.2 Murdammer

Murdammer er dammer der hele tverrsnittet er bygd opp av stein eller steinblokker. Konstruksjonsmessig skiller det mellom murdammer lagt i mørtel og tørrmurte dammer. Førstnevnte har mørtel i alle fuger i hele tverrsnittet og damkroppen er derfor ikke drenerende. Tørrmurte dammer har imidlertid en godt drenerende damkropp, og en tetning på vannsiden bestående av spekkede fuger, betongplate, torv eller andre løsmasser. En ordentlig utført murdam av god stein er en solid og varig konstruksjon. I sin enkleste form kan det være en tørrmur av bruddstein med loddrett vannside og loddrett eller skrå luftside. Tetningen har fra gammelt av bestått av en oppstrøms fylling av tette masser (ofte torv) eller en oppstrøms mur som ble fuget med mørtel. Dammene er vanligvis fundamentert på fjell, men unntaksvis er hele eller deler av dammen fundamentert på løsmasse. Det finnes mange overgangsformer mellom mur- og betongdammer, og mellom mur- og steinfyllingsdammer (NVE 2013).

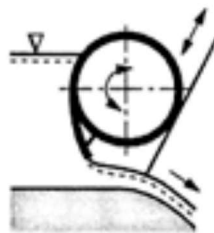
Av dammer fremdeles i bruk, er det murdammer som er de eldste i Norge. Enkelte av dammene er nærmere 300 år og fremdeles i god stand. Murdammer bygges ikke lenger, og de som fortsatt står er derfor eldre dammer. Hovedgrunnen til at de ikke lenger bygges er dagens kostnader på arbeidskraft som er skyhøye i forhold til for 50 og 100 år siden. Riktig utført og vedlikeholdt er murdammer sikre og varige. Hovedvekten av murdammer i Norge ble bygd før 1930 da betong ble vanlig for dammer (NVE 2013).

8.3 Nåledam

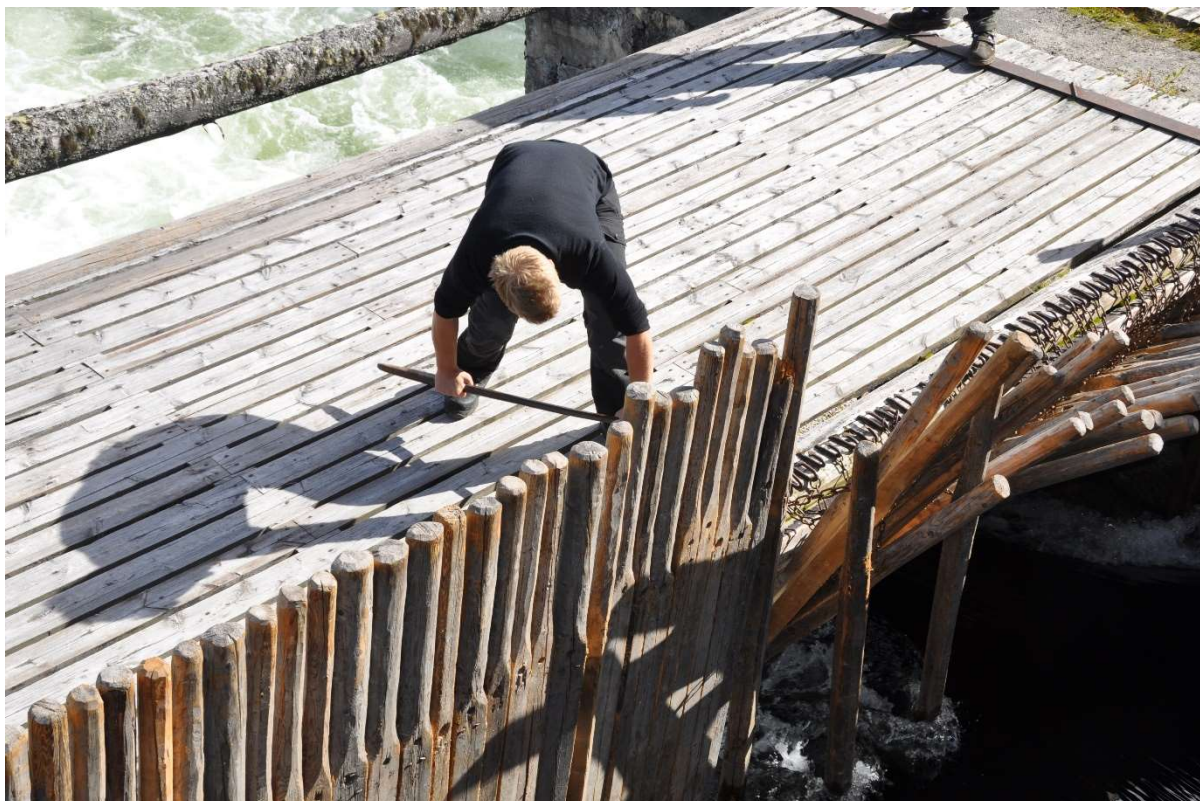
Nåledammer er bygd opp av et system med stål- eller trebukker som skjelett og "nåler" av tre (treplanker). Hele konstruksjonen hviler på et damfundament, som regel en murdam. Nålene må settes eller fjernes manuelt for å regulere vannføringen. Nålestengsler av tre var mye anvendt tidligere, men er normalt ikke akseptert i dag på grunn av at manøvreringen både er problematisk og farlig, spesielt under flom (NVE 2013).

8.4 Lukedam

Lukedammer brukes ofte som betegnelse på en dam der lukekonstruksjonen dominerer dammen. Disse dammene er vanlige i tilknytning til elvekraftverk, og består av en massiv betongdam (gravitasjonsdam) med store luker. Det finnes mange forskjellige luketyper i slike dammer, bl.a. store stålluker som vasseluker, sektorluker, segmentluker og klappeluker. Langeraksvatn dam ble modifisert som eldre vasleluke (NVE 2013).



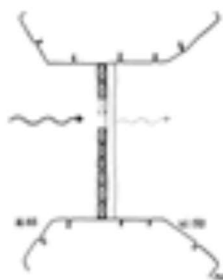
- Vasleluke



Atnbrufossdammen_eks på nålestengsel. Helena Nynäs/NVE,2012

8.5 Nålestengsel

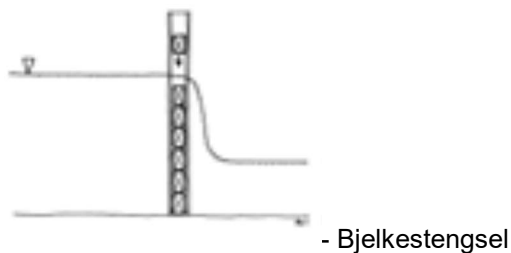
Det er en gammel måte å regulere vannstrømmen gjennom dammer på. Nåler settes eller fjernes manuelt ved å stå på toppen av dammen. Vannføringen er avhengig av antall nåler som er fjernet. Arbeidet med nålene kan være vanskelig og farlig, og derfor er det ikke lenger tillatt å regne med flomavledning gjennom nåleløp (NVE 2013).



- Nålestengsel

8.6 Bjelkestengsel

Stengselet består av bjelker som er lagt oppå hverandre i føringer langs sidene. Hvis en skal slippe ut mer vann, må en plukke opp en bjelke. Vannet går over bjelkene, så ved større vannføringer kan det være vanskelig å få opp bjelker som ligger lenger ned i vannet. Det er derfor ikke lenger tillatt å regne med flomavledning gjennom bjelkeløp (NVE 2013).



9 Bruk og faseutvikling av Langeraksvatn dam



Dam oversiktsbilde (Dag Endre Oppedal/Tom Davies/NVE 2016)

9.1 Bruk

Arkivmateriale fra Vest Agder A/S (diverse brev og tekniske tegninger) fra 1962 og Larsen (2016) opplyser hvordan Longerak kraftverk fungerer og er de mest pålitelige tilgjengelige kildene om kraftverkets spesifikasjoner. På denne tiden var magasinet som tilhørte Longerak på 12,5 million m³, nedbørsfeltet målte 18,5 million m³, årsavstrømningen var på 20,2 million m³ og vannføring gikk på 0,64 m³/sek. Disse målene ble tatt etter reguleringsdammen ble konvertert til luker og var trolig en del mindre der den var nåledam.

Magasinet har siden 1916 blitt delvis sikret av en liten inndemning på østsiden av Langeraksvatn. Reguleringsdammen sammen med Lislevatn magasin og den lille inndemningen kontrollerer vannstrømmen ned til inntaksdammen.

Inntaksdammen er en murdam med oppstrøms betongplate. Inntaksmagasinet er forholdsvis lite på ca. 300 m³. Kraftstasjonsbygningen har to etasjer og er oppført i betong med forblending i naturstein. Kraftverkets hoveddeler er magasin, dammer med flomavledning, inntak, vannveier og kraftstasjon med permanentutstyr (Larsen 2016).

Rørgata fører vannet ned til inntaket ved kraftstasjonen hvor turbinene driver generatorene som konverterer det til spenning. Det er i dag to systemer i bruk på Longerak kraftstasjon, lavspenning og

høyspenning. Tidligere var det tre produksjonslinjer, en som overførte strøm til sanatoriet og to linjer til lokalbefolkningen. Fra kraftstasjonen ble strømmen overført til en trafo som sendte det videre langs strømledningen.

Fase 1 (1914 – 1916)

I fase 1 fra 1914 - 1916 besto dammen av en trekonstruksjon av fjellfuru som ble omhyggelig laftet på vannsiden og var tettet gjennom laftene med tjæredrev. Nåleløpet var omhyggelig utført og beltet, noe som vises på tegninger. Tappingsløpet er kun 1,5 ganger 3m langt slik at det kunne lett manøvreres og motstå trykket, og unngå at nålene utsettes for vesentlig isgang (Ukjent 1915).

Fase 2 (1952 – 53)

Etter ca. 40 år, var trevirket i dammen så dårlig at dette måtte skiftes ut, og en ombygging av flomløpet var nødvendig. Da ble det også montert tappeluker i stedet for nåler i tappeløpet. Flomløpet ble ombygd, men steinkisten på andre siden beholdt konstruksjonen. Dermed ble dammen konvertert fra nåledam til lukedam. Hele dammen var ombygget som steinkistedam ca. 50m lang med fast overløp (Larsen 2016).

Fase 3)1972 – 73)

Etter ca. 20 år siden forrige reparasjon ble det oppdaget at trevirket i dammen var så dårlig at noe måtte gjøres. Det ble våren 1972 bestemt at alt tilgjengelig trevirke skulle skiftes og for første gang skulle det brukes impregnerte materialer. Det ble kjøpt inn 1 ½" og 3" impregnert plank fra Mesna Bruk på Østlandet og 15 stk. impregnerte master av rundtømmer fra eget lager. Den gamle konstruksjonen ble nå erstattet med trebukker og åser av impregnerte mastestolper. Trebukkene ble som før boltet fast i fjell ved de to spenn. Overliggeren ble boltet fast til store steiner i fyllingen som før. Alle bukker er boltet sammen med varmgalvaniserte bolter i overfaldskanten. Deretter ble steinfyllingen pakket forsvarlig før konstruksjonen ble kledd med impregnert plank på luftsiden og oversiden. Derved var første del av arbeidet utført før vinteren.

Våren 1973 fortsatte arbeidet på dammen når Langeraksvatnet var nedtappet for å reparere vannsiden. Det gamle trevirket ble fjernet, og ny impregnert 3" plankekledning ble satt opp langs hele vannsiden, både på flomløpet og den flomfrie delen. Det ble også satt opp nytt lukehus. Reparasjonen av selve dammen ved Langerakvatn kom på ca. kr.75000, i tillegg kom lønnskostnadene. Deretter ble det laget ny nåledam i utløpet av Lislevatn, av impregnerte materialer. Denne dammen er totalt ca. 8,5m lang. Tappeløpet med løse nåler er ca.2,4m. Resten av dammen har fastspikrede planker. Nå fikk denne dammen også en gangbro av plank, slik at man kunne kjøre over med snøscooter om vinteren. Lukehuset på inntaksdammen fikk ny impregnert kledning og nytt tak av bølgeblikk. Gulvet inne i lukehuset ble skiftet ut med 3" impregnerte løse planker. Plankevegg over ristene ble også skiftet ut med impregnerte materialer.

10 Tilsvarende dammer

Som en del av undersøkelsen av Langeraksvatn dams bredere kontekst har det blitt utført en sammenlignende vurdering med tilsvarende eksempler fra omtrent samme tidsperiode. De utvalgte dammene har blitt revidert underveis og består nå av Hovatn dam, Bygland kommune Aust-Agder, Djupsjøen, Stikkilen og Hittersjøen, på Røros og Gausbuvatn, Arendal.



Hvassdammen Nils Gamnes NVE 1929

10.1 Hovatn dam, Bygland kommune, Aust Agder

'Hovassdammen er ein dam i Hovatn i Bygland. Dammen vart bygd i 1916 og er ein kombinasjonsdam som er laga som tømmerkistedam og seinare forsterka med ein betongvegg på oppstrøms side. Den er ein del av systemet som skaffar vatn til Hovatn kraftverk med samla effekt på 45 MW og årlig produksjon på 84 GWh. Dammen er 252 meter lang og største høgde er åtte meter. Høgaste reguleringskote er 690,68 og lågaste er 673,84. Det gjev ein reguleringshøgde på 17 meter. Kapasiteteten i magasinet er på om lag 65 mill m³ vatn.

I 2011 blei Hovassdammen oppgradert. Han blei bygd litt høgare, og damkrona vart noko breiare etter oppgraderinga. Skråningane og krona blei plastra med stein. Masse til oppgraderinga tok ein ut frå eit massetak om lag 3 km frå dammen. Det kom også eit nytt massetak i samband med dette arbeidet. Knut P. Sandnes fekk dispensasjon til å opne eit massetak i Klyvslia, Klyvslia massetak, som ligg bare 400 meter sør for Hovassdammen.[2] Trafikk og Anlegg hadde oppdraget med oppgraderinga, som var kalkulert til å koste opp mot åtte millionar kroner totalt.' (www.setesdalswiki.no-wiki-Hovassdammen oppsøkt: dato).

10.2 Djupsjøen, Stikkilen og Hittersjøen, Røros

Dammene ved Djupsjøen, Stikkilen og Hittersjøen er alle lave, laftede tømmerkonstruksjoner fylt med stein, og med flomløp over hele damkronen. Damkronen er bred, og to av dammene har utstikkende laftekister nedstrøms for å sikre dammenes stabilitet. Hitterelva har sitt utspring sør for Aursunden og renner via flere innsjøer, bl.a. Djupsjøen, Stikkilen og Hittersjøen, før den renner gjennom Røros sentrum og videre ut i Glomma. Vassdraget ble regulert med dammer i perioden 1670-1890 for å sikre jevn vannføring til smeltehyttene ved Røros Kobberverk. Kobbervirket stod for reguleringen, og vannet ble brukt til drift av bl.a. hammer og blåsebelger i smeltehytta. Det ble også etter hvert viktig å opprettholde vannstanden i vassdraget for å hindre spredning av tungmetaller fra gruvevirksomheten ved Stortvart Gruber, som ligger i samme nedslagsfelt og har avrenning til Hitterelva. Dammene ble restaurert på 1990-tallet.



Tømmerkistedam ved Djupsjøen i Hitterelva_Helena Nynäs_NVE_2012

10.3 Gausbuvatn, Arendalsvassdrag

Tømmerkistedammen ligger øverst i Arendalsvassdraget, ved utløpet av Gausbuvatn vest for det gamle gruvesamfunnet Åmdals Verk. Dam Gausbuvatn er det som kalles en sperredam/overløpsdam og brukes ikke til aktiv regulering. Dammen som konstruksjon har vært gjennom mange faser, først som tømmerkistedam brukt i fløtningen, så ombygd med tørrmur på sidene, der tømmerkisten ble liggende igjen i midten av elveløpet, og senere med bukkelignende stengsel av tre over de åpne partiene. I 2003 startet arbeidet med rehabilitering av den nærmere 100 år gamle dammen. Dette var nødvendig på grunn av lekkasjer og for å tilfredsstillte dagens krav til sikkerhet.

10.4 Sammenligning

De utvalgte dammene viser en del fellestrekk og har tilsvarende utvikling som Langeraksvatn. Hovatn og Gausbuvatn er eksempler hvor bunn og mursidene er forsterket med betong, og hvor det ble laftet nye tømmerkister. Disse eksemplene representerer dammer med lignende struktur som Langeraksvatn dam, og viser samme behov for utbedring og forsterkning for å tilfredsstille dagens behov.

10.5 Bevaring

Langeraksvatn dam har hatt flere faser med forandring og fornyelse som har skiftet ut deler av det originale materialet og endret typen fra nåledam til lukedam. Tross dette er formen minimalt endret siden 1916. Den største endringen er den steinkledte delen over utløpet.

Kraftstasjonen med permanent utstyr er godt bevart og vedlikeholdt. De tre turbinene fra 1915 er nær sagt like som da de ble installert. En likestrøms magnetiseringsmaskin i bruk, som på den opprinnelige generatoren, er en sjeldenhet i dag. Langerak kraftstasjon har to generatore av nyere dato. Med sine kasseformede skall bryter disse med et ellers opprinnelig interiør og maskineri. Men samtidig viser disse generatore fra forskjellige epoker og hvordan en ny generator kombineres med en langt eldre turbin.

11 Vurdering av mål, metodikk og resultater

Metoden ble omvurdert i feltet og flere aspekter ble endret underveis for å oppnå bedre resultater. I tillegg til dette er fotogrammetri ikke inkludert i nivåsystemet. Dette presenterte en anledning å teste det innenfor Nivå 3. Observasjoner om dette beskrives under.

Under arbeidet med metoden konkluderte man med at tekniske tegninger eventuelt skulle produseres i felt for å støtte resultatene fra fotogrammetri. Forberedelsen og gjennomgang av gamle tekniske tegninger indikerte at dokumentasjon av dammen burde være tilsvarende Nivå 3, der dokumentasjon oppnås gjennom en kombinasjon av nyere tegninger, resultatene fra fotogrammetri og gamle tekniske tegninger.

Med drone og speilreflekskamera ble det gjennomført fotografering av dammen til bruk i fotogrammetri. Forarbeidet til fotogrammetri ble gjennomført på en dag og til sammen omfatter hele feltarbeidet hoveddammen, reguleringsdammen, inntaksdammen og rørgata. Dette inkluderer fotogrammetri av Langeraksvatn dam, fotografering samt undersøkelser og skriving av feltnotater. I forkant av feltarbeidet ble det besluttet å kartfeste dammen med koordinater fra Agder Energi A/S, Otteraaens Brugseierforening og NVE for å spare tid med innmåling i feltet. Dammen og andre strukturer ble målt for hånd i feltet og andre mål ble hentet fra gamle tekniske tegninger.

Under feltarbeidets dag 2 ble kraftstasjonen og rørgata undersøkt og dokumentert med fotogrammetri, detaljert fotografering, samtaler med ansatte og undersøkelse av de ulike bygninger og strukturer. For å gi en omfattende dokumentasjon av kraftverket er resultatene fra dag 2 presentert i denne rapporten, dokumentert på ca. Historic England nivå 2-3.

I etterarbeidet ble den mest tidskrevende oppgaven prosessering av fotogrammetri og produksjon av tegninger og ortofotoer. Dette var delvis på grunn av en beslutning under metodeutviklingen om å teste et nytt fotogrammetriprogram som heter *Capturing Reality*. Programmet ble anbefalt for å skaffe gode resultater på bygninger og arkitektoniske elementer. Programmet er relativt enkelt å bruke med litt øvelse, men har problemer med å knytte sammen bilder fra dronen og speilreflekskameraet. Dette ble imidlertid gjennomført av Dag Endre Opedal (NVIM) etter en del arbeid med å legge inn kjente punkter manuelt. Undersøkelser om denne utfordringen på nettforumer viste at flere har opplevd det samme og *Capturing Reality* sier at de arbeider med å finne bedre løsninger.

En annen ulempe med fotogrammetri var at bildene som ble tatt hadde alt for høye filstørrelser i forhold til datautstyr. Dette førte til treg prosessering og tekniske feil. For å løse dette er det anbefalt bruk av lav til medium oppløsning på bilder.

Det ble planlagt under metoden å bruke *live-trace* i tegneprogrammet som konverterer bilder av feltdokumentasjoner til digitale tekniske tegninger. Dette blir vanligvis brukt i håndtegninger fra feltet som en rask løsning. Etter flere forsøk ble det klart at bilder fra fotogrammetrien er for detaljert til *Live trace* (et verktøy fra Adobe) som produserer tegninger fra enkelte elementer i den originale. Det ble besluttet å digitalisere ortofotoene med *Inkscape* som er et gratis shareware program.

Samlet sett var resultatene fra fotogrammetri, ortofotoer og tekniske tegninger nøyaktige nok til å oppnå en analytisk dokumentasjon som er i samsvar med Historic England Nivå 3. Resultatene kan utbedres med innmåling som var ikke med på Langeraksvatn pga. av vanskelig tilkomst og tekniske hindringer. Et alternativ er å skaffe koordinater fra kraftselskap eller andre kilder.

Fotogrammetri gir en lettvinnt måte å oppnå raske resultater i feltet og kutter ned felttimer i stor grad. 12 megapixel oppløsnings kamera og mangel på innmålingsdata gir utilstrekkelig nøyaktighet til ingeniørformål, men er nok for å lage en god dokumentasjon av dammen til dette formålet.

12 Potensiale for videre undersøkelse

Det er potensiale for videre undersøkelse under følgende kategorier;

- Sammenligning av Langeraksvatn dam kan med andre kraftverk og dammer i Norge eller andre land kan gi verdifull informasjon til forskningsprosjekter med bredere omfang
- Dette kan omfatte tredammer eller murdammer eller andre aspekter ved Langeraksvatn dam f.eks. lukedam eller nåledam;
- Forskning på forholdet mellom Langeraksvatn dam og arbeidsliv på 20-tallet i Bygland kommune og/eller Aust Agder;
- Studie av ulike typer kraftverksbygninger og tilhørende strukturer tidlig på 1900-tallet;
- Dokumentasjonen av Langeraksvatn dam kan bidra til et studie av teknologisk utvikling av kraftverk;
- Studie av kraftverk tilknyttet sanatorier og andre helseinstitusjoner på begynnelsen av 1900-tallet;
- Lokalsamfunnets forhold til kraftverket og kraftforsyningen i kommunen;
- Bidra til utvikling av Longerak kraftverks kollektive verdi;
- Bidra til utvikling av norske standarder for historisk bygningsdokumentasjon av nyere tids kulturminner og industriell bebyggelse;
- Oppgir relevant bakgrunnsinformasjon til studier av Landesbogen Tuberkulosesanatorium;
- Bidra til utvikling av standarder for fotogrammetri som en del av et nivåbasert system.

13 Konklusjon

Langeraksvatn dam ble dokumentert i september 2016 som et avbøtende tiltak i forkant av planlagt ombygging av dammen. Målet med dokumentasjonen har vært å lage en representasjon av dammen som kan gi grunnlag for fremtidige studier av dammen og kraftverk, samt også andre relaterte kraftverk i Norge. Metoden som ble brukt inkluderte en kombinasjon av undersøkelse i felt, fotografering og fotogrammetri for å lage modeller og tegninger, samt gjennomgang av arkivmateriale og opplysninger fra samtaler med ansatte på Longerak for å skaffe en helhetlig forståelse av Longerak kraftverk. Som en del av tilnærmelsen var det viktig å sette dammen innenfor et rammeverk og i kontekst med hele anlegget. For å oppnå dette er kraftverket beskrevet og tolket som en enhet med opplysninger og beskrivelser av kraftstasjonen og de ulike dammene som kontrollerer vannet og rørgata.

Langeraksvatn dam har hatt tre ulike faser fra 1914-16, 1952 – 53 og 1972-73, og har blitt endret fra en enkel nåledam til en lukedam med stålluker. Andre deler av anlegget har blitt fornyet men ikke vesentlig endret. Kraftstasjonen er forholdsvis godt bevart i sin originalform. Forandringer har blitt gjort på grunn av økt behov for vannforsyning og svakhet i tømmerkistetyper. Noen tilsvarende eksempler av dammer ble sammenlignet for å bekrefte dette problemet. En del rester fra tidligere faser ble identifisert under feltarbeid.

Prosjektet er et av flere pilotprosjekter som skal teste dokumentasjonsmetodikk i NVE mellom 2016 og 2018. Målet med arbeidet i Longerak har vært å teste et system for standardisert dokumentering som utvikles av NVE, med fokus på utprøving av fotogrammetri som metode. Dokumentasjonsmetodikk testes også på Nåvatn og flere pilotprosjekter i løpet av de neste to år. Informasjon og observasjoner fra dette prosjektet blir innspill til utvikling av standarder.

14 Referanser

'Beskrivelse over dam Langerakvand' 1915 skriftlig kilde fra Agder Energi sitt arkiv

Mackee, H.J. 1970 Recording Historic Buildings Washington The Historic American Buildings Survey (HABS)

English Heritage 2006 Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Recording Practice London Storbritannia

Historic American Engineering Record (HAER) 2008 Guidelines for historical reports (updated 2015) washington

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009 Autoritet, tillit og ansvar: Norsk Vassdragstilsyn 1909 - 2009 Oslo

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013 Dammer som Kulturminner (NVE rapport nr 64 – 2013) Oslo

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013 Kulturminner i norsk kraftproduksjon (NVE-rapport – nr. 52 – 2013) Oslo

Larsen, R. 2016 Langerak Kraftstasjon (1963 – 2016) Byglandsfjord Norge

Bilder - digitaltmuseum.no/NVE sitt Arkiv og Agder Energi A/S og Otteraaens Brugseierforening sine arkiv og diverse.



Dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren

Nåvatn III rapport –vurdering av laserskanning og fotogrammetri og anbefalinger til Standard

NOVEMBER 2017



Kontakter



TOM DAVIES
Kulturminne Konsulent



m +47 41258875
e fabrikkenstandal@gmail.com

VERSJON KONTROLL

Versjon	Dato	Forfatter	Endringer
1	30/03/2017	Tom Davies	
2	09/11/2017	Tom Davies	Oppdatert etter tilbake meldinger fra NVE & RA

CONTENTS

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	4
1.2 Nåvatn I og III og DOKIVER Prosjekt	4
1.3 Mål og Prosjektavgrønsing	5
1.4 Historien til Nåvatn I- IV	7
1.5 Vurdering fra NVE	10
1.6 Vurdering basert på standarden Principles (HE 2008)	10
2 FOTOGRAMMETRI OG LASERSKANNING SOM METODER	11
2.2 Motiver og begrunnelse for 3D-modellering	11
2.3 3D Modell - oversikt	12
2.4 Datainnsamling i felt	12
2.5 Etterarbeid laserskanning	15
2.6 Kalibrering (laserskanning og fotogrammetri)	15
2.7 Fotogrammetri - fotografering i felt	15
2.8 Etterarbeid - fotogrammetri	16
2.9 Effektivitet;	16
2.10 Programvare til fotogrammetri	17
2.11 Problemer under fotogrammetri (Hakim & Remondino 2006)	18
3 ANBEFALINGER TIL FOTOGRAMMETRI	19
3.2 Krav til laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III	20
4 RESULTATENE FRA KOORDINAT PÅ NÅVATN III – RAPPORT	20
4.2 Resultater fra Fotogrammetri- Nåvatn III	21
4.3 Resultater fra Laserskanning- Nåvatn III Façade V	22
4.4 Resultater fra Laserskanning- Nåvatn III Façade Ø	24
4.5 Resultater fra Nåvatn III Tegninger eksempler	26
5 DISKUSJON AV RESULTATER FRA KOORDINAT	28
6 KONKLUSJON	28
6.2 Laserskanning og fotogrammetri i norsk og internasjonal kontekst	29
6.3 Laserskanning og fotogrammetri til NVE sine formål	30
7 ANBEFALING TIL EN STANDARD	30
7.2 Avgrensing til anbefalinger	31
8 REFERANSER	32

ILLUSTRASJONER

- Illustrasjon 1 Nåvatn II mot sør Foto (Stig Storheil, 2016, NVE)*
Illustrasjon 2 Kart over Nåvatn I-IV og Skjerkevatn. Kart: (NVE)
Illustrasjon 3 Detalj av bue fra Nåvatn III mot vest (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 4 Nåvatn IV mot nord (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 5 Brakka mellom Nåvatn III og II mot nord (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 6 Flerbuer på Nåvatn III mot nord (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 7 Nåvatn II - Platedam mellom Nåvatn I og III mot sør (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 8 Fot overgang på Nåvatn I mot vest (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 09 Detaljer av avtrykk fra forskalling på luftsiden av Nåvatn III mot vest (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 10 Detalj av struktur på Nåvatn III (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 11 Detalj av Nåvatn III (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 12 Inspiseringsplattform på Nåvatn III mot nord (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 13 Nåvatn III i planløsning – fotogrammetri sett ovenfra flyfoto (Stig Storheil, 2016, NVE)
Illustrasjon 14 Vannsiden av Nåvatn III (Fasade Ø) – fotogrammetri (Se Vedlegg 3)
Illustrasjon 15 Detaljer av Nåvatn III (vannside) V Fasade
Illustrasjon 16 Vannsiden av Nåvatn III (Fasade V) – laserskanning (Se Vedlegg 3)
Illustrasjon 17 Detaljer av Nåvatn III (vannside) V Fasade
Illustrasjon 18 Luftsiden av Nåvatn III (Fasade Ø) - laserskanning (se Vedlegg 3)
Illustrasjon 19 Detaljer av Nåvatn III (luftsiden) Ø Fasade
Illustrasjon 20 Oversikt av Dam III
Illustrasjon 21 Snittegning 1
Illustrasjon 292 Snittegning 2
Illustrasjon 23 Vannside

TABELL

- Tabell 1 Laserskanning metoder for bygningsmasse som strukturer (Historic England 2011 oversatt av Tom Davies)*
Tabell 2 Appropriate Point Densities (sampling resolutions) for various sizes of heritage asset (Historic England 2011)

VEDLEGG

VEDLEGG 1 – INTERNT NOTAT – RIVING AV NÅVATN I/III OG SKJERKEVATN DAM – KULTURMINNEFAGLIGE INNSPILL FRA MO

VEDLEGG 2 OPPDRAGSBESKRIVELSE

VEDLEGG 3 - RAPPORT FRA LASERSKANNING OG FOTOGRAMMETRI AV NÅVATN DAM III

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene fra digital dokumentasjon av Nåvatn III dam. Nåvatn I, II, III og IV er fire dammer som tilhører Skjerka Kraftverk i Åseral, Vest Agder. Kraftverket ble bygd i flere faser og begynte med Skjerkevatt dam i 1932. Originaleieren Vest Agder Energiverk ble stiftet i 1920 og planene for kraftutbygging på Skjerka ble igangsatt. Kraftverket eies i dag av Agder Energi (AE).

Rapporten presenterer resultater fra fotogrammetrisk undersøkelse og laserskanning av Nåvatn III, som representerer de to flerbuedammene Nåvatn I og III. Resultatene fra de ulike undersøkelsesmetodene er sammenlignet i forhold til kvalitet, nøyaktighet, kostnader, tid og ressurser. Dette danner konteksten for teknisk informasjon om fotogrammetri og laserskanning som dokumentasjonsmetoder. Nåvatn dam er et av to pilotprosjekter som ble gjennomført i løpet av 2016. Den andre er Langeraksvatn dam, Bygland kommune, Aust Agder.

Disse pilotprosjektene danner innledningsfasen av prosjektet «Dokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner» (DOKIVER), et treårig FoU-prosjekt med mål om å utvikle standardiserte vurderings- og dokumentasjonssystemer for NVE. Prosjektmålene er basert på resultatene av et forprosjekt utført i 2015 (FoU-forprosjekt 80100: Sektorens kulturminner- bevaring som arkivverdig material- metodeutvikling og etablering av god praksis). Anbefalingene fra denne rapporten skal fungere som grunnlaget for fotogrammetri og laserskanning i en standard som skal utvikles i løpet av 2017 - 2018.

Laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III ble utført av Koordinat A/S, fra Bergen i tidsrommet oktober - desember 2016. Resultatene fra undersøkelsen er presentert i denne rapporten og satt inn i en bredere kontekst av 3D-modellering.

Målet med Nåvatn pilot var å teste de ulike metodene hver for seg og produsere ortotegninger og snittegninger. Det er tydelig ut fra resultatene at laserskanning ga bedre resultater ved Nåvatn III enn fotogrammetri. Fotogrammetri av luftsiden av dammen ble ikke gjennomført. Dette begrunnes hovedsakelig i repeterende elementer i strukturen som kan skape problemer for flere industrielle objekter, og algoritmene blir ofte derfor umulig å løse eller oppnå under databehandling. Værforholdet var også en utfordring. Vinden var svært sterk, noe som er utfordrende for utstyret når det gjelder nøyaktighet. Når det gjelder dokumentasjon av små detaljer anbefales det supplerende detaljfotografering i høyoppløselig format.

Stedfesting ble både under laserskanning og fotogrammetri fastsatt av koordinatpunkter. Nøyaktigheten av mindre en 5mm i felt er akseptabelt i forhold til feilmargen ved skanning og fotogrammetri, samt fastpunkter for historisk bygningsdokumentasjon. Fotogrammetrimodeller av dam og terreng med 10mm (object-dam) til 25cm (terreng) er godt nok for å representere strukturen, men trenger utbedring i forhold til detaljer og for å produsere ortofoto og snitt tegninger.

En hybrid tilnærming som utnytter fordeler fra både fotogrammetri og laserskanning sammen med håndtegninger og innmåling med totalstasjoner kan redusere behov og kostnader og medfører at bruk av laserskanning blir aktuelt på flere prosjekter. Denne tilnærmingen er med i anbefalinger fra Koordinat (Koordinat 2017). Den største utfordringen ved en hybrid tilnærming er å finne institusjoner som har kompetanse og utstyr til begge deler. Dette kan best løses gjennom samarbeid mellom ulike profesjonelle og kan føre til en ny dimensjon i studiet av et kulturminne.

Det anbefales å teste muligheter til hybride tilnærmelser som kombinerer laserskanning og fotogrammetri, og som kan utnytte fordelene fra begge metodikker. Data fra Lidar kan bli lagt til for å fastsette modellene på kartet.



Illustrasjon 1 Nåvatn II mot sør. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.

1 Innledning

Denne rapporten presenterer resultatene fra digital dokumentasjon av Nåvatn III. Nåvatn I, II, III og IV er fire dammer som tilhører Skjerka Kraftverk i Åseral, Vest Agder. Kraftverket ble bygd i flere faser og begynte med Skjerkevatt dam i 1932. Vest Agder Energiverk ble stiftet i 1920 og planene for kraftutbygging på Skjerka ble igangsatt. Kraftverket eies i dag av Agder Energi (AE). Denne rapporten presenterer resultater fra fotogrammetrisk undersøkelse og laserskanning av Nåvatn III, og settes sammen med *Utbygging av Skjerkevatt Kraftverk et historisk tilbakeblikk* (VAE 2000). Dette danner konteksten for teknisk informasjon om fotogrammetri og laserskanning som dokumentasjonsmetoder.

1.1 Nåvatn I og III og DOKIVER Prosjekt

- 1.1.1 Nåvatn dam er et av to pilotprosjekter som ble gjennomført i løpet av 2016. Den andre piloten er Langeraksvatt dam, Bygland kommune, Aust Agder. Begge dammer skal rehabiliteres og dokumentasjon ble utført som avbøtende tiltak i forkant av planlagte tiltak.
- 1.1.2 Pilotprosjektene danner innledningsfasen av prosjektet *Dokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner Prosjekt* (DOKIVER), et treårig prosjekt for å utvikle standardiserte vurderings- og dokumentasjonssystemer for NVE. Prosjektmålene er basert på resultatene av et forprosjekt utført i 2015 (FoU-forprosjekt 80100: Sektorens kulturminner - bevaring som arkivverdig materiale - metodeutvikling og etablering av god praksis). Anbefalingene fra denne rapporten skal fungere som grunnlaget for fotogrammetri og laserskanning i en standard som skal utvikles i løpet av 2017 - 2018.
- 1.1.3 Det ble besluttet å sammenligne resultatene fra laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III, for å undersøke nøyaktighet, effektivitet og nytte versus kostnader. Videre ville man undersøke hvor lett det er å utføre begge metoder i felt, bygge en forståelse av metodene i kontekst av NVE sitt arbeid med utvikling av dokumentasjonsstandarder, samt utvikle et gradert system for fotogrammetri og laserskanning som ikke er med i den britiske standarden *Understanding Historic Buildings: a Guide to Good Recording Practice* (Historic England 2014).
- 1.1.4 Rapporten skal diskutere bruk av disse metodene i Norge og internasjonalt, og vurdere hva som kan benyttes til NVE sitt formål. Den skal også identifisere spesielle behov for NVEs dokumentasjon av kulturminner og eventuell bruk av 3D-modellering for anleggseiere som utfører dokumentasjon til ulike formål som kulturminne, drift, formidling osv.
- 1.1.5 Anbefalingene fra forprosjektet (2015), var hovedsakelig å bruke eksisterende og standardiserte systemer for dokumentasjon, for å utvikle et system som er tilpasset NVE sin konsesjonsprosess og saksbehandling som en del av kulturminneforvaltning. Kilder tatt inn til vurdering inkluderer blant annet Historic England (HE) *'Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Practice: andre utgave'*, Storbritannia og Historic American Building Survey (HABS) *'Recording Historic Buildings'*, USA. Disse systemene danner grunnlag for historisk bygningsdokumentasjon i respektive land. Beslutningen om å bruke kriterier fra *Conservation Principles, Policy and Guidance for the Sustainable Management of the Historic Environment* som grunnlag for vurdering, kom under utarbeidelse av hovedprosjektet (Historic England 2008 & 2016 & HABS 1970).
- 1.1.6 Begge metodikker presenterer en kombinasjon av 'best-practice' tilnærming og metoder for dokumentasjon av enkelte deler f.eks. tegning, fotografering og forskning sammen med et utvalg av nyttige eksempler. HABS metode inkluderer et system for beregning av fotograferingsnivå, mens Historic Englands metode tilpasses i forhold til dokumentasjonsnivå. Hensikten er at ulike dokumentasjonsprosjekter blir plassert på et nivå fra 1- 4 i forhold til omfang og kulturminneverdi, og på denne måten kan de sammenlignes. De ulike nivåene fra 1 – 4 øker i detaljgrad og kan tilpasses i forhold til ulike bygningsstrukturer samtidig som dokumentasjonen blir sammenlignbar. I begge pilotprosjektene Langeraksvatt og Nåvatn III var det bestemt å gjennomføre en analytisk dokumentasjon tilsvarende Nivå 3 av dammene som er beskrevet i *'Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Recording Practice'* (HE 2016). Dette ble ikke gjennomført av AE, men med deres allerede utførte arbeid, satt sammen med laserskanning og fotogrammetri utført av NVE og Koordinat, tilsvarte dette til sammen Nivå 3. Dokumentasjonsnivået ble vurdert basert på en metode i «Conservation Principles Policies and Guidance: for sustainable management of the historic environment» fra Historic England (EH 2008). Informasjon tatt inn til vurdering inkluderer «Utbygging av Skjerkevatt Kraftverk et historisk tilbakeblikk» og andre kilder fra from VAE Energi A/S og NVE (Vest Agder Energi 2000).

1.2 Mål og Prosjektavgrensning

1.2.1 Bakgrunnen for prosjektet er basert på utsnitt fra følgende internt notat fra NVE (20.06.2014) (**Vedlegg 1**)

Internt notat Til: Inger Haugsgjerd Fra: Unn Yilmaz Ansvarlig: Berit Elisabeth Berger Rasmussen Dato: 20.06.2014 Saksnr: 200700198-68 Arkiv: 312

«Riving av Nåvatn I/III og Skjerkevatn dam - kulturminnefaglige innspill fra MO Viser til tidligere innspill fra MO i saken mht. krav om kulturminnefaglig dokumentasjon. Dette er en spesifisering av dokumentasjonsvilkårene.

Dammene må dokumenteres før og under rivning. Det må i denne sammenhengen utarbeides to dokumentasjonsrapporter, en av dammenes livsløp fram til rivning og en av selve riveprosessen. Den første dokumentasjonsrapporten skal inneholde:

1. *Historikk og bakgrunn om anlegget- Dammene må settes inn i en historisk og samfunnsmessig kontekst - evt bruk av lokale ressurser, hvorfor akkurat denne typen dammer og utforming? Viktig å henvise til kildene. Beskrivelser av utbyggingsfasen og endringer opp gjennom dammenes livsløp, igjen med henvisninger til kildematerialet. Utvalgte og illustrerende historiske foto og tegninger skal inkluderes. Henvisninger til hvor originalmaterialet/kildene er oppbevart og om det er offentlig tilgjengelig må inkluderes. Oversiktskart og detaljkart av dammene, på godt kartgrunnlag (eks FKB/N5). Kartene skal illustrere dammenes beliggenhet i landskapet, samt deres plassering i forhold til anlegget og produksjonslinjen.*
2. *Dokumentasjon av dammene slik de står i dag før de rives, med foto (se under om metadata), tegninger og beskrivelser. Et utvalg foto skal inkluderes i rapporten.*

Den andre dokumentasjonsrapporten skal inneholde:

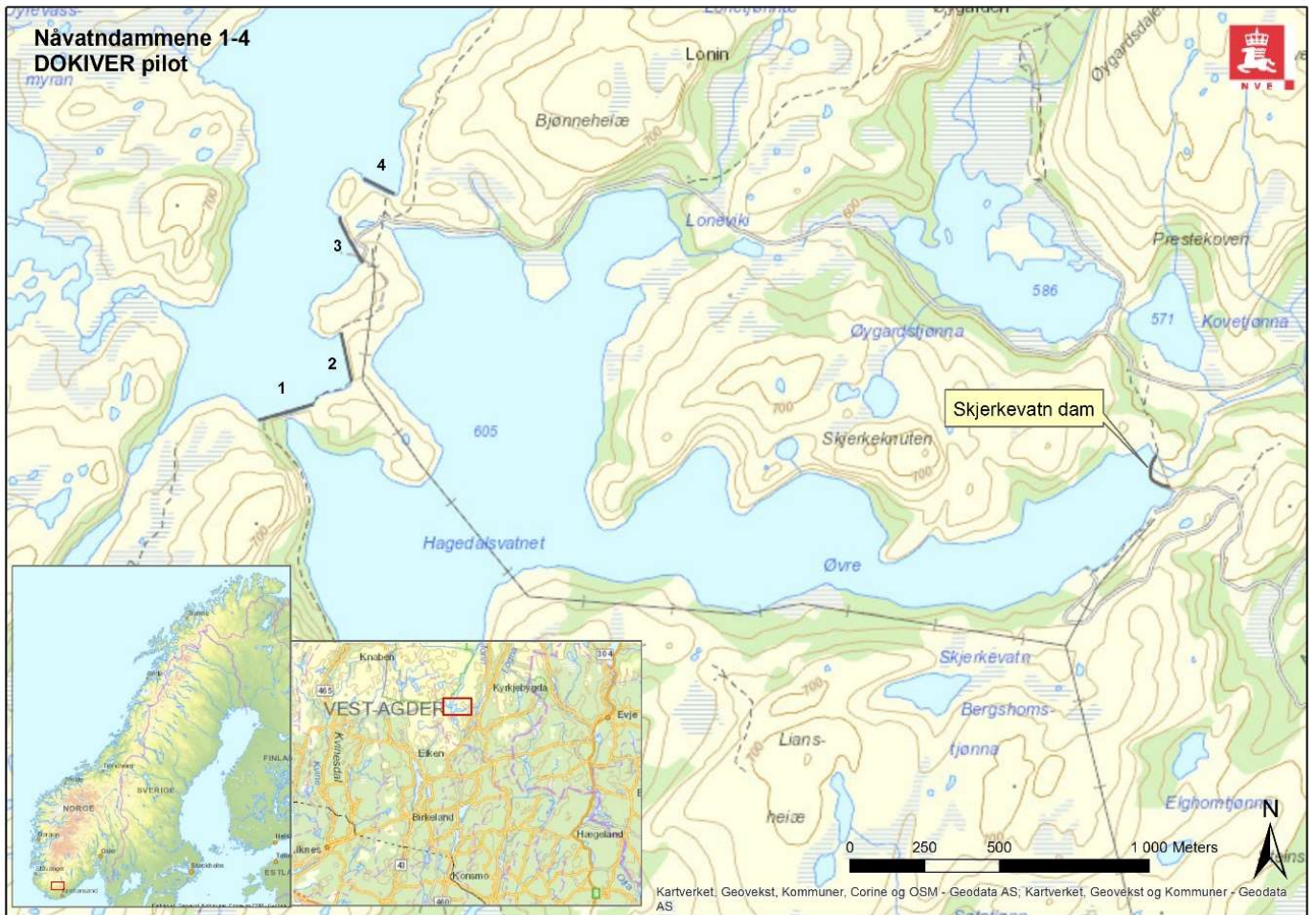
3. *Beskrivelse av rivetiltaket med tiltakshaver, hensikt, omfang, tegninger utarbeidet i forbindelse med prosjektet og evt. annen interessant informasjon eller oppdagelser.*
4. *Det skal utføres kontinuerlig fotodokumentasjon av riveprosessen fra begynnelse til slutt, og rapporten skal inkludere et utvalg foto av rivningen (se under om metadata)*

Oppdrag og hensikt: Laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn dam III som tilhører Skjerka kraftstasjon. Kraftverket og ligger i Åseral Vest Agder. Hensikten er å teste ut metoder for kulturminnedokumentasjon der resultatene skal lagres for ettertiden og brukes til forskning og formidling. I tilfellet dokumentasjon av Nåvatn dam III er hensikten også å sammenligne de ulike dokumentasjonsmetodene.»

1.2.2 Etter dette ble hovedfokus for piloten på Nåvatn laserskanning og fotogrammetri, samt tegninger som ble produsert fra resultatene.

1.2.3 Prosjekt mål med denne rapporten er dermed å;

- Teste og sammenligne de ulike metodene i forhold til nøyaktighet, kost, arbeidsmengde og kompetansebehov,
- Plassere Nåvatn III i en bredere kontekst for bruk av laserskanning og fotogrammetri i Norge og internasjonalt,
- Undersøke og presentere anbefalinger for et nivåbasert system for laserskanning og fotogrammetri.
- Lage modell av Nåvatn III for å representere Nåvatn I og III,



Illustrasjon 2 Kart over Nåvatn I-IV og Skjerkevatt. Kart: NVE.

- 1.2.4 Grunnen til at ikke alle fire dammene er laserskannet eller fotografert for fotogrammetri er delvis på grunn av kostnader, men også for å teste de to metodene på samme struktur. Vurderingen som ble gjort i forkant av feltarbeidet anbefalte en representativ dokumentasjon av Nåvatn, som avbøtende tiltak i samsvar med nivå 3 dokumentasjon (se 7.1.3). Det ble dermed besluttet å dokumentere kun en av flerbuedammene. På samme tid var det bestemt å holde resultatene separat og ikke bygge hybride modeller på dette tidspunktet (se under). Data fra feltarbeidet oppbevares på en måte som gjør dette mulig på et senere tidspunkt. Valget av Nåvatn III er også begrunnet i lett tilgjengelighet til dammen.
- 1.2.5 Laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III ble utført av det Bergenbaserte firmaet Koordinat A/S, i tidsrommet oktober – desember, 2016. Undersøkelserapporten er lagt ved som **Vedlegg 3**. Resultatene fra undersøkelsen er presentert i denne rapporten og satt inn i en bredere kontekst av 3D-modellering.



Illustrasjon 3 Detalj av bue fra Nåvatn III mot vest. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.

1.3 Historien til Nåvatn I- IV

- 1.3.1 Følgende opplysning er innhentet fra *Utbygging av Skjerkavatn Kraftverk et historisk tilbakeblikk* og informasjon fra NVE. «Nåvatn inngår i Mandalsvassdraget og ligger syv mil nord for Mandal. Skjerka kraftverk ble planlagt av Vest-Agder Kraftselskap, et fylkeskommunalt elektrisitetsverk stiftet i 1920. Kraftverket stod ferdig i 1932. I dag drives og eies kraftverket av Agder Energi Produksjon. De to flerbuedammene i betong har skråstilte, sylindriske buer med diameter på 19 meter, og innsidene er kledd i treverk. Nåvatn I har ni buer, maks buehøyde på 28 meter og en samlet kronelengde på 200 meter.»



Illustrasjon 4 Nåvatn IV mot nord. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.

- 1.3.2 «Nåvatn III har åtte buer, maks buehøyde på 18 meter og en samlet kronelengde på 190 meter. I sin form er disse to dammene unike i Norge. To andre flerbuedammer i Norge har vertikalstilte buer (se objektene 5 og 62). Dammene ved Nåvatn ble prosjektert av Chr. F. Grøner, en anerkjent og innovativ ingeniør i norsk dambygging. Dammene har i ettertid vært karakterisert som både kostnadskrevenende og kompliserte. Skjerka kraftverk er fornyet etter 1990-tallet og i den forbindelse er de fire dammene ved Nåvatn planlagt erstattet av to nye dammer. Siden 2010 har det vært holdt konserter ved dam III, som er mulig å nå med bil. Flerbuedammer er av det mer elegante slaget i dambyggingens historie.» (Nynäs, 2013).



Illustrasjon 5 Brakka mellom Nåvatn III og II mot nord. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.



Illustrasjon 6 Flerbuer på Nåvatn III mot nord. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.



Illustrasjon 7 Nåvatn II - Platedam mellom Nåvatn I og III mot sør. Foto: Stig Storheil, 2016, NVE.

1.4 Vurdering fra NVE

- 1.4.1 «Flerbuedammer er sjeldne i Norge. De var ansett å være innovative og dristige i sin tid, men er krevende betongkonstruksjoner. Flerbuedammer vil mest sannsynlig ikke bli bygd igjen, hvilket gjør disse to dammene ved Nåvatn spesielt bevaringsverdige. De to flerbuedammene gir sammen med de to platedammene en god illustrasjon av en omfattende regulering av vassdrag i et uveisomt område. De strikte plateformene kombinert med bueformene skaper kontraster som ikke er vanlig i et og samme magasin. Dammene inngår i Skjerka kraftverk og har alle fått status som nasjonalt bevaringsverdig kraftverk i prosjekt Kulturminner i norsk kraftproduksjon i 2006 og Dammer som kulturminner i 2013.» (Nynäs 2013).

1.5 Vurdering basert på Principles (HE 2008)

- 1.5.1 Vurderingen av Nåvatn III basert på kategoriene fra *Principles* er at dammen bør dokumenteres under Nivå 3, analytisk dokumentasjon. Det er ikke prosjektmål å oppnå Nivå 3, men delene dokumentasjonen består av; modell, historisk opplysning osv. representerer sammenlagt dokumentasjon på Nivå 3.
- 1.5.2 I samsvar med Historic England sine kategorier representerer Nåvatn høye bevis- og historiske verdier og er et sjeldent og tidlig eksempel på en flerbuedamkonstruksjon i Norge (NVE 2016). Flerbuedammene gir relevant informasjon om damkonstruksjoner på midten av 1900-tallet og med tanke på at det er kun to slike i Norge, representerer de en usedvanlig utviklingsfase i damteknologi.
- 1.5.3 Den estetiske verdien er også høy ettersom dammens utforming danner en imponerende arkitektonisk struktur i landskapet. Dammens buede formelementer lager et minimalistisk, klart repeterende motiv. Denne estetiske verdien reflekteres i valget om å bruke dammen til konserter med navnet *Under the dam*, noe som også viser til et vesentlig nivå av kollektiv verdi ettersom lokalbefolkningen bruker dammen som en kulturell ressurs.
- 1.5.4 Opplysninger fra historiske kilder hevder at folk kom til Åseral for å jobbe på Nåvatn, og flere ble igjen. Sett sammen med utbygging og drift av Nåvatn dam vil dette ha satt sitt inntrykk på lokalsamfunn som kollektiv verdi. I tillegg var dammen delvis bygd under 2. verdenskrig, noe som bidrar til verdifull informasjon om krigshistorien.



Illustrasjon 8 Fotovergang på Nåvatn I mot vest (Stig Storheil, 2016, NVE)

1.5.5 Anbefalingen er at dokumentasjon i samsvar med Nivå 3 (1.7.3) i *Understanding Historic Buildings* gjennomføres for å skaffe tilstrekkelig informasjon som kan gi en god representasjon av Navåtn III i fremtiden (Historic England 2014 & NVE 2016). Etter konsesjonsvilkår gitt av NVE utfører AE dokumentasjon som supplerer den tidligere utgitte rapporten «Utbygging av Skjerkavatn Kraftverk i Åseral - et historisk tilbakeblikk». Denne dokumentasjonen består blant annet av foto og dronefilming av innleid fotograf. NVE supplerer med dokumentasjon av strukturen ved hjelp av fotogrammetri og laserskanning.

2 Fotogrammetri og laserskanning som metoder

2.1.1 Følgende seksjon er en opplysning om grunnleggende prinsipper og måten både laserskanning og fotogrammetri fungerer på. Dette er planlagt som en introduksjon for begge metoder og er ikke et dypdykk i teknisk analyse. Detaljnivået er tilsvarende og rettet mot lesere uten inngående forkunnskaper.

2.2 Motiver og begrunnelse for 3D-modellering

2.2.1 Det finnes flere grunner til å benytte seg av 3D-modeller. Valg av metode og detaljnivå er avhengig av formålet med dokumentasjonen (Hakim et al. 2004 & Historic England 2011 & Unpubs). Det er viktig å vurdere dette i forkant for å tildele prosjektressurser og definere prosjektomfang på en effektiv måte;

- Dokumentasjon av historisk bebyggelse til rekonstruksjon,
- Dokumentasjon av historisk bebyggelse som avbøtende tiltak i forkant av endringer,
- Dokumentasjon som kan gi informasjon til fremtidig planlegging, utbygging og restaurering,
- Å være i forkant av eventuelle ulykker (brann, jordskjelv, flom osv.) ved å bidra til eventuell rekonstruksjon eller avbøtende tiltak som dokumentasjon av strukturen,
- Strukturell- eller tilstandsvurdering over lenger tid (med sammenligning av resultater på ulike tidspunkter),
- Som verktøy for tolkning av kulturminne,
- Som verktøy og bidrag til 3D-modellering i formidling
- Romanalyse bl.a. som en del av planlegging eller arkitektonisk undersøkelse,
- Som utdanningsverktøy for studenter eller forskere,

- Rekonstruksjon av tapt historisk bebyggelse og kulturminne sammen med historiske kilder,
- Visualisering av planlagte prosjekter i kontekst,
- Virtuell turisme,
- Virtuelle museumsutstillinger,

2.2.2 Et eksempel på tilpasning etter formål er når modellen skal benyttes til rekonstruksjon som en del av dokumentasjon og det finnes eksisterende GIS koordinater til strukturen som skal modelleres. Skal resultatet utnyttes til ingeniørformål kreves det høye krav til nøyaktighet. Innenfor ulike kulturminneformål er det ofte behov for kartfesting med koordinater, men av og til også med lavere nivå uten kartfesting.

2.3 3D Modell - Oversikt

2.3.1 Krav til modellene kan for eksempel være høy geometrisk nøyaktighet, detaljer og fotorealisme. Andre krav kan være operatørens kompetansenivå, kostnad, utstyrets vekt og bærbarhet, fleksibilitet i applikasjoner og tilpassende filstørrelse. Prioritering av disse kravene er avhengig av modellens formål (Hakim et al. 2004 & Remondino og Hakim 2006).

2.3.2 Laserskanning har høy nøyaktighet pga. bruk av integrerte aktive sensorer (se under), men medfører høye kostnader og høyt kompetansenivå når det gjelder etterbehandling. Laserskanningsutstyr er tungt, noe som betyr at det er vanskeligere å flytte eller ta med seg utstyret enn fotogrammetriutstyr (kamera eller drone). Laserskanning genererer store filer som er avhengige av stor lagringskapasitet. Dette kan igjen skape ulemper for databehandling og prosessering.

2.3.3 Fotogrammetri er i motsetning til laserskanning lett å gjennomføre i felt hvis man har opplæring i fototeknikken som kreves. Det er også lett i forhold til databehandling. En ulempe er at det ikke har integrerte GIS koordinater som betyr at stedfesting må legges til. En annen ulempe er at kvaliteten på de ferdigstilte modellene vanligvis er lavere enn ved laserskanning. Dette er pga. bildeoppløsning og dekning av detaljerte strukturelle elementer.

2.3.4 Både fotogrammetri og laserskanning kan utfylle hverandre, også ved hjelp av vanlig kartlegging og håndmåling. Flere utøvere anbefaler å kombinere metoder for å utnytte fordelene dette gir (Historic England 2011 & Unpubs).

2.3.5 Ufordringer;

- Kostbart utstyr og teknikk – laserskanning
- Større utstyr som er tungt og lite bærbart - laserskanning
- Forvrenging av elementer i overflate med feil teknikk i felt (dårlig bildevalg eller for lite bildedekning) - fotogrammetri.
- Høyt kompetansenivå - laserskanning
- Avgrenset målingsomfang som medfører lite bærbarhet under feltarbeid - laserskanning
- Resultatene trenger etterarbeid i ulike dataprogrammer – laserskanning og fotogrammetri
- Visuelle obstruksjoner (trær, vegetasjon, bebyggelse osv.) skaper behov for flere skanninger som må knyttes sammen under etterarbeidet – laserskanning og fotogrammetri
- Integrering av ulike modellkomponenter kan påvirke kvalitet i ferdigstilt modell – laserskanning og fotogrammetri
- Lange rekkeviddesensorer fanger ikke opp detaljerte elementer – laserskanning og fotogrammetri

2.4 Datainnsamling i felt

2.4.1 Gjennom både laserskanning og fotogrammetri oppnår man resultater ved å samle inn informasjon om strukturelementer (bla. overflater, hjørner og form) under datasamling i felt. Laserskanning skyter laser eller fokuserer på strukturen fra ulike skanninger og bruker programvare for å bygge punktsky av data fra målinger. Skanninger blir tatt fra ulike fastpunkter og lagt sammen for å konstruere 3D-modeller gjennom en etterarbeidsprosess som består av flere etapper (se under). Dette oppnås på flere måter med skanning på nært hold, avstandsskanning og skanning fra fly eller drone som produserer LIDAR-data (Light Detection and Ranging) til landskapsmodellering.

2.4.2 Laserskanning som metode kalles for 'Range-based Modelling' (RBM) (rekkeviddebasert modellering) pga. innhenting av informasjon direkte fra gjenstander eller strukturer i feltet ved hjelp av lasermåling med utstyr satt opp på ulike fastpunkter. Med bruk av integrerte aktive sensorer legges det inn koordinater som i utgangspunktet gjør laserskanningen mer nøyaktig enn fotogrammetri i forhold til stedsfesting (Historic England 2011). Fotogrammetri trenger tillagte koordinater til kartfesting som kan skaffes gjennom ulike medier, som f.eks. innmåling, LIDAR og eventuelt andre kartdata. Kamera med GPS kan også brukes men

har ofte lav nøyaktighet. En annen fordel med laserskanning er at teknikken er uavhengig av lysforhold eller skygger som kan påvirke resultatene fra fotogrammetri (Hakim & Remondino 2006).

- 2.4.3 Fotogrammetri beskrives ofte som 'image-based modelling' (IBR) eller 'bildebasert' metode fordi modellen konstrueres av overlappende bilder med felles elementer. Med bruk av stereo-imaging prinsippet (stereoskopi) (som innebærer å sette to bilder sammen for å lage en enkelt 3D-modell) konstruerer denne prosessen en punktsky (Hakim et. Al 2002). Koordinater til stedsfesting av fotogrammetrimodeller må legges inn under prosessering. Ulemper med tilgjengelighet og synlighet med fotogrammetri kan skape problemer når det gjelder nøyaktighet og kan gjøre det vanskelig å etablere geoinformasjon og koordinater på modellen.
- 2.4.4 Innsamling av data som produserer gode resultater gjennom både fotogrammetri og laserskanning er hovedsakelig knyttet til hvor godt strukturen dekkes av lasermåling eller antall bilder i fotogrammetri. Begge metodikker krever god dekning av skann eller foto, og sliter med detaljerte elementer i strukturen som undersøkes. Dette kan rettes opp på ulike måter (se under) ved hjelp av tilleggsundersøkelser av detaljer f.eks. gjennom flere overlappende bilder eller detaljert skanning på nært hold. På samme måte er det viktig å få inn tilstrekkelige mange vinkler med både skanninger og fotografering til fotogrammetri, som trengs for å få en god nok dekning av hele strukturen (Hakim 2002 og Hakim et al. 2004 og Historic England 2011).

- 2.4.5 Det finnes flere typer laserskanning som er tilpasset små gjenstander, bebyggelse eller landskap. Disse kategoriseres som triangulering, *time of flight* og fasesammenligning (phase comparison). Følgende metoder passer til bygningsmasse (Historic England 2011);

Metoder	Mål	Rekkevidde
terrestrial time-of-flight laser scanners	• for å undersøke fasader og interiør og produsere tegninger	3–6mm nøyaktighet og inntil flere hundremeter rekkevidde (avstand)
terrestrial phase-comparison laser scanners	• for å undersøke fasader, interiør og produsere tegninger. Spesielt tilegnet rask undersøkelse og bygging av detaljert punktsky	c. 5mm nøyaktighet og inntil 50–100m rekkevidde (avstand)
airborne laser scanning	• for å kartlegge landskap og større områder (Lidar)	0.05m+ nøyaktighet (avhengig av rekkevidde) / 100m–3500m

Tabell 1 Laserskanningsmetoder for bygningsmasse (Historic England 2011 oversatt av Tom Davies)

Størrelse	Eksempel	Punkttetthet som gir 60% sannsynlighet at strukturen blir synlig	Punkttetthet som gir 95% sannsynlighet at strukturen blir synlig
10m	Stor struktur	3500mm	500mm
1m	Liten struktur	350mm	50mm
100mm	Mur bygd med store steiner	35mm	5mm
10mm	Mur med småstein	3.5mm	0.5mm
1mm	Nedbrutt mur	0.35mm	0.05mm

Tabell 2 Appropriate Point Densities (sampling resolutions) for various sizes of heritage asset (Historic England 2011)

- 2.4.6 Tabell 2- *Appropriate Point densities (sampling resolutions) for various sizes of cultural heritage asset* angir anbefalinger til punkttetthet basert på diverse feltstudier i Storbritannia (Historic England 2011). Disse eksemplene ble vurdert for å finne riktige nivåer til punkttetthet. Dette har så blitt oversatt til norsk og har blitt tilpasset NVEs formål. Begge tabeller har blitt oversatt av Tom Davies.



Illustrasjon 9 Detaljer av avtrykk fra forskalling på luftsiden av Nåvatn III mot vest (Stig Storheil, 2016, NVE)

2.5 Etterarbeid laserskanning

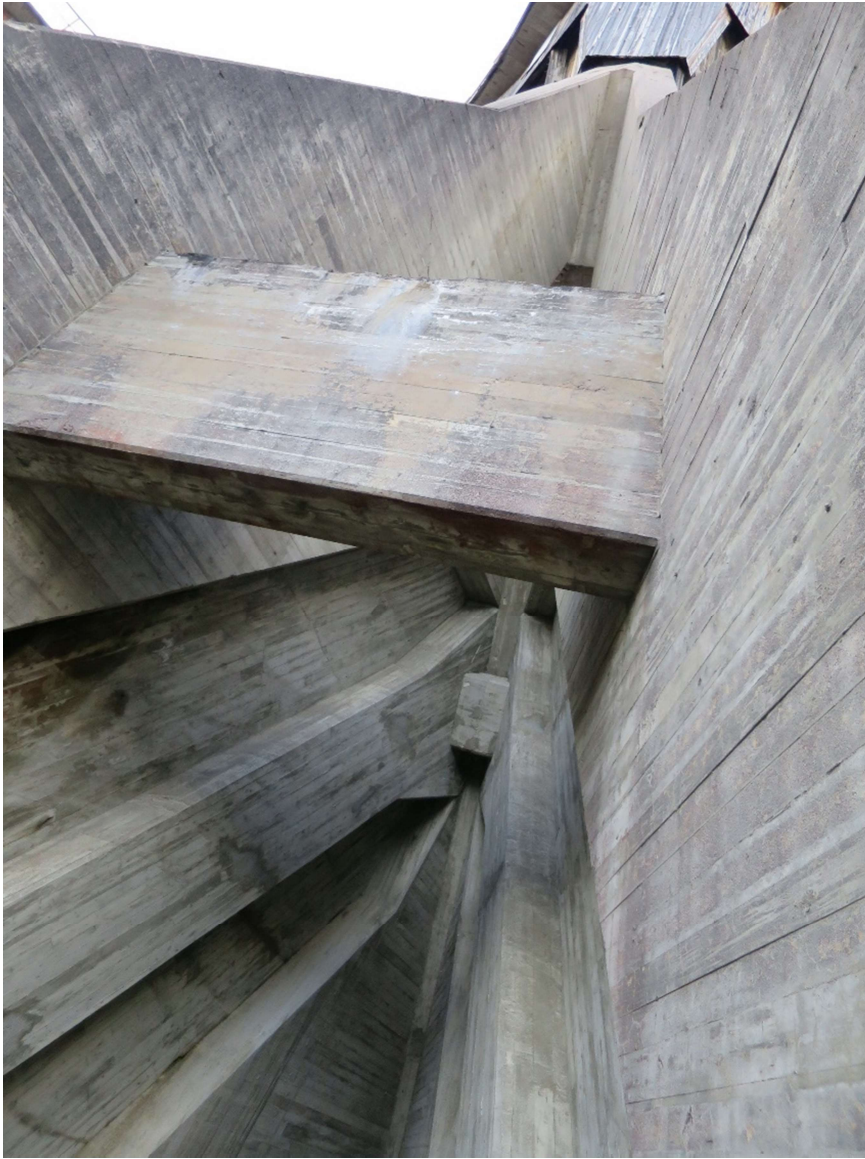
2.5.1 Under etterarbeidet legges flere skanninger sammen for å konstruere en punktsky som kan kartfestes av koordinater eller være uten koordinater. Punktskyen blir opparbeidet for å lage et 'Triangular irregular network' (TIN) eller *mesh*, som blir basen for å produsere digitale terrengmodeller (DTM) og snittegninger av fasaden. Det er mulig å kombinere resultatene fra laserskanning og fotogrammetri for å gi modellen realistisk (ekte) farge på overflatene. Selv om det er mulig å få laserskanningsutstyr med montert kamera, anbefaler flere som benytter denne metoden å bruke separat fotoutstyr fra diverse vinkler for å skaffe best mulig lysforhold og kontraster (Remondino & Hakim 2006).

2.6 Kalibrering (laserskanning og fotogrammetri)

2.6.1 Kalibrering av instrumenter er nødvendig i både fotogrammetri og laserskanning. Med laserskanning er det operatøren som er ansvarlig for innstilling av utstyr. De fleste nye programmer for fotogrammetri har ikke behov for kalibrering av kamera (Agisoft, Pix 4D, Capturing Reality osv.).

2.7 Fotogrammetri - fotografering i felt

2.7.1 Fotografering til bruk i fotogrammetri oppnås best ved hjelp av speilreflekskamera på 'manuell' innstilling. ISO Verdier mellom 100 – 400 anbefales for å redusere bakgrunnsstøy og bruk av den skarpeste apertur (F8-F11). Når kameraet er innstilt på disse, er det viktig å sette en fast zoom slik at alle bildene tas med samme innstilling. Dette vil bidra til å gjøre etterarbeidet enklere (Historic England Upubs).



Illustrasjon 10 Detalj av struktur på Nåvatn III (Stig Storheil, 2016, NVE)

2.8 Etterarbeid - fotogrammetri

- 2.8.1 Etter innsamling av data i felt er det nødvendig å velge data til modellen og passe på at fotografiene er i rett oppløsning eller på nivået til den modellstandarden som skal bygges. For eksempel øker bilder med 10 megapiksel eller mer kvaliteten på modellen. Men dette setter også krav til databehandling og over en viss oppløsning blir det ikke mulig å behandle alle data til en ferdigstilt modell samtidig pga. størrelsen.
- 2.8.2 For å gjøre prosessen mest mulig effektiv er det behov for forberedelser med valg av bilder eller filer, programmer som renser bilder/data og fjerner unødvendige elementer. Bakgrunnsstøy og lysforhold kan jevnes ut og fremmede elementer kan fjernes for å redusere bildestørrelse som gjør modellkjøring lettere å håndtere (Hakim & Remondino 2006).
- 2.8.3 Under både laserskanning og fotogrammetri er første trinn under prosesseringen å definere strukturen og omkringliggende terreng som skal vises. Dette gjør det enklere for programmet å koble sammen de ulike modelldelene basert på punkt eller bilder. Modellen bygges av trekanter som settes sammen (TIN). Prosessering etter overflateproduksjon, omfatter definering, justering og retting av modellen for å utbedre modellen og eventuelt redusere størrelsen til bruk i formidling.

2.9 Effektivitet;

- 2.9.1 Både laserskanning og fotogrammetri kan effektiviseres med følgende tips når det gjelder filstørrelse og databehandling;
- Komprimering av datagrunnlaget (bilder/lasermåling)bidrar til raskere prosessering og lagring,
 - For å redusere antall data som behandles samtidig, f.eks. ved å utelukke data som er ikke synlig i visningen, Bør man kontrollere 'Programmer Level of Detail' (LOD)

- God forberedelse på disse punkter kan redusere mesh størrelse,
- Punktbasert fargelegging fører til visning av et redusert antall elementer for å minske 'rendering time' (tid for å konstruere overflate og farge)
- Bruk 3D-skjermkort og skjerm med høy oppløsning for å vise modellen bedre
- Bruk ekstra RAM og høy kapasitet på prosessor for raskere prosessering,
- Bruk ekstern harddisk for å skaffe ekstra kapasitet for midlertidig lagring
- Med fotogrammetri øker nøyaktigheten med flere overlappende bilder i stedet for bilder med parallelle akser
- Nøyaktigheten øker vesentlig med antall bilder som inneholder samme interessepunkt, opptil fire til sammen
- Nøyaktigheten økes med antall målte fellespunkter i bildene,
- Oppløsningen påvirker nøyaktigheten av beregnede koordinater (Hakim & Remondino 2006).



Illustrasjon 11 Detalj av Nåvatn III (Stig Storheil, 2016, NVE)

2.10 Programvare til fotogrammetri

2.10.1 Det finnes flere programmer til fotogrammetri i dag fra enkle shareware til dyre profesjonelle programmer. For rimelige programmer finnes eksempelvis Autodesk's 123 Catch, Recap Photo or Recap 360 (<https://recap.autodesk.com/> and <https://recap360.autodesk.com/> fra Adobe og flere lignende programmer. Disse programmene er lette å bruke, men er mindre nøyaktige. De er alle bra og lett kjørende programmer som ikke krever høy teknisk kompetanse som man kan teste bildeutvalg med. Av de litt mer kostbare programmene finner man BAE systems' Socet Set eller Erdas Imagine for dronefotoer og SimActive's Correlator 3D, <http://www.simactive.com/en/>).



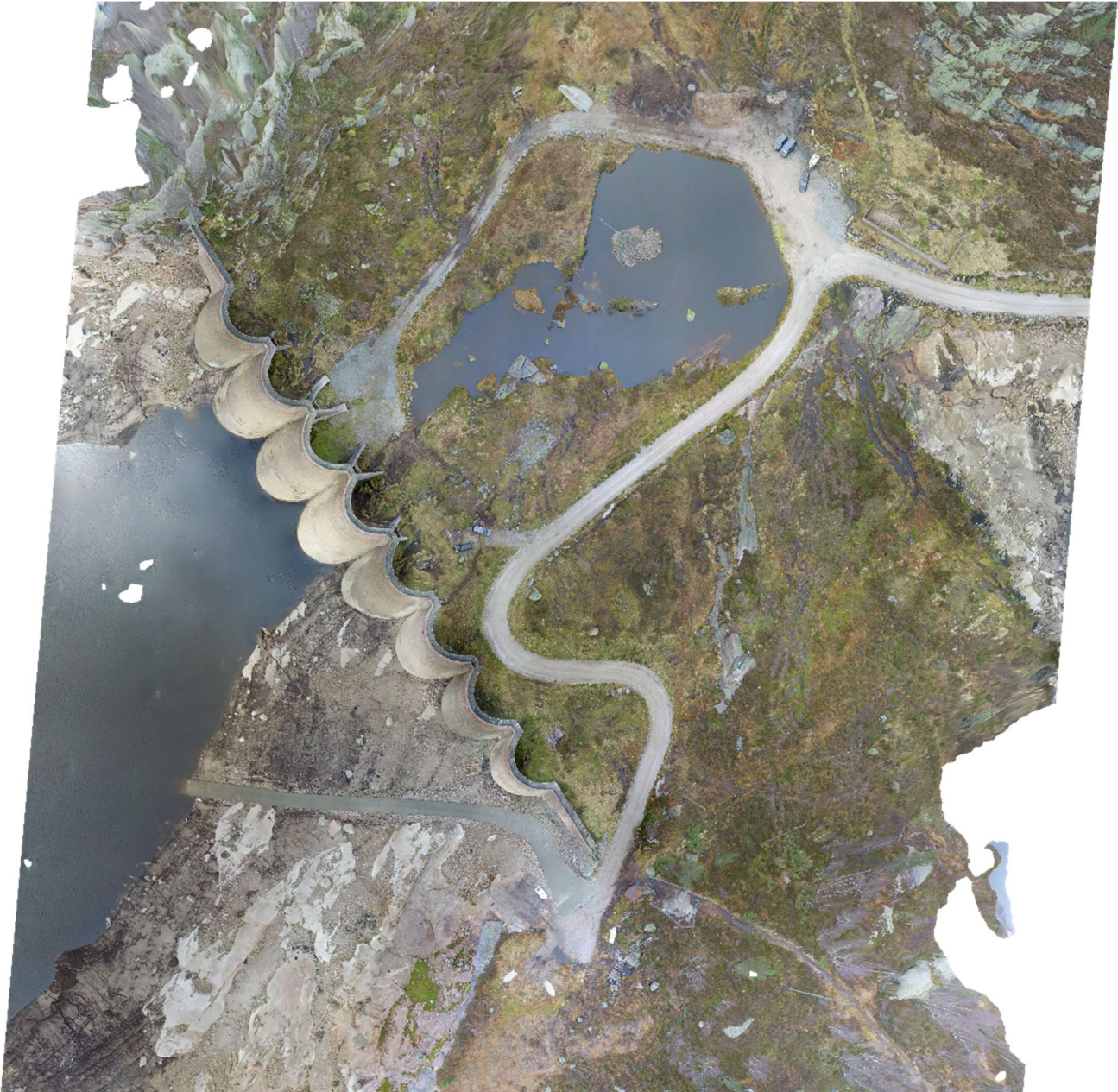
Illustrasjon 12 Inspiseringsplattform på Nåvatn III mot nord (Stig Storheil, 2016, NVE)

2.10.2 Allsidige programmer som brukes mest i kulturminnedokumentasjon er Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.com/>), Pix4D mapper (<https://www.pix4d.com/>) og 3DF Zephyr (<http://www.3dflow.net/3df-zephyr-pro-3dmodels-from-photos/>). Disse takler diverse forhold og terreng godt. Blant kommersielle skybaserte applikasjoner finnes også f.eks Drone Deploy (<https://www.dronedeploy.com/>) som tilbyr en hel pakke, fra felt til ortofoto. Andre eksempler inkluderer Reality Capture (<https://www.capturingreality.com/>), som kan kombinere resultater fra laserskanning og fotogrammetri sammen (Historic England Unpubs).

2.11 utfordringer ved bruk av fotogrammetri (Hakim & Remondino 2006)

2.11.1 Fotogrammetri er utsatt for følgende utfordringer under prosessering;

- *Radiometric image distortion* – oppstår ved bruk av fotografier med ulike lysforhold og kvalitet. F.eks. ulike kameraer. Denne kan lage brudd i modellen eller inkludere feil elementer langs kantene.
- *Geometric scene distortion* - er et resultat av feil kalibrering og orientering av kamera som medfører feil plassering av elementer i punktsky eller mesh. Dette rettes opp ved å bedre bildeutvalget eller bruke flere bilder for å få mest mulig nøyaktig fotogrammetrisk bilderegistrering i modellen.
- *Formørkning* - av elementer i modellen. Fotografier med lav kvalitet, med andre ord at det er for lite informasjon i enkelte bilder kan medføre at elementer i modellen blir for mørke eller for skarpe. Rettes opp ved bruk av fotografier med høyere kvalitet.
- *Obstruksjoner* - elementer som kommer i veien for kamera og modell (vegetasjon og trær f.eks.), bevegelige elementer (personer f.eks.). Det er beste er å unngå disse i i bildevalget, men de kan også fjernes under etterarbeidet. Dette kan imidlertid være svært tidskrevende.
- *Aliasing* - Feil tilknytting av elementer i punktsky. Dette skjer under prosessering og involverer ofte repeterende elementer som bl.a. rekkverk osv. Feilen vises gjennom feil plassering og uferdige elementer i modellen. Dette løses ved å sette inn fotografier som viser utilgjengelige deler av strukturen eller gir mer informasjon om deler av den repeterende strukturen.



Illustrasjon 13 Nåvatn III i planløsning – fotogrammetri sett ovenfra flyfoto (Koordinat)

2.11.2 I forhold til prosjektspesifikasjoner, mulige resultater/formater fra laserskanning og fotogrammetri er;

- Digital Terreng Modeller (DTM):
- TIN models: Wavefront OBJ
- CAD tegninger: DXF, DWG
- Film/animasjoner: QuickTime MOV, Windows AVI
- Fargebilder: TIFF, JPG
- Replikasjoner: STL

3 Anbefalinger til fotogrammetri

3.1.1 Følgende anbefalinger til fotogrammetri tar utgangspunktet i Nåvatn metodevurdering (NVE 2016)

- I forhold til ressurser og tid bør minstekravet for Nivå 3 være å bygge modeller av representative deler av Nåvatn dam III.
- Et høyere nivå (med tilstrekkelig ressurs og tid) er å inkludere lavoppløselige 3D-modeller av strukturene i sin helhet.
- Detaljerte deler av strukturene kan utsettes for intensiv fotografering (i forhold til de to siste punkter over)
- Fotogrammetri av snitt gjennom strukturene under ombygging, til å produsere ortofoto og eventuelle profiltegninger.

3.2 Krav til laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III

- 3.2.1 Følgende krav ble stilt til Koordinat i forhold til laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn III (**Vedlegg 2**);
I tilknytning til NVEs FoU- prosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner» er det ønskelig å få utført dokumentasjon ved bruk høyoppløselig 3D- laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn dam III, Åseral, Vest Agder.

Spesifikasjoner for laserskanning:

- Laserskann av overflater på dammen
- Oppmåling og skanning av terrenget

Ønskelige leveranser:

- TIN raw data 3D modell
- Punktsky fra skanner
- Ortofoto med georeferanser i 1:50 fra laserskanning
- 2D tekniske tegninger

Spesifikasjoner for fotogrammetri og fotografering:

- Størrelsen på Nåvatn III er så stor at foto til fotogrammetri må gjennomføres av dronefly med kamera.
- Fotografisk oppløsning må være minst 16 megapixler med minimum 50% overlapp mellom bilder. Det er anbefalt at dronen har innebygd GPS for å hjelpe med bildekontrollering under behandling.
- Droneoperatør må ha lisens fra luftfartstilsynet

Ønskelige leveranser:

- 3d-modeller av dammen av dammen i sin helhet.
- Tegninger fra ortofoto
- Det er ønskelig med full rettighet til både ferdig behandlede modeller og bildefiler som blir tatt til fotogrammetrien.

4 Resultatene fra Koordinat på Nåvatn III – rapport

- 4.1.1 Til laserskanning ble både dammen og terreng skannet med Leica Scan Station C10 pulse based scanner for å fange opp større detaljer. I tillegg ble en Faro Focus fase basert sensor brukt til overflateskanning på nært hold. De to rekkeviddene (ranges) både nær og fjernt ble satt sammen under prosessering.
- 4.1.2 Til fotogrammetri ble UAV hexacopter med ulike CCD sensorer (12 - 25 megapixel) brukt til både dam og terrengskanning på avstand. Dette inkluderte også bruk av diverse oppløsninger/rekkevidder for å takle ulike detaljer. Til sammen ble det utført 81 laserskanninger med innhenting av data med intensitet og farge sammen med 1142 fotogrammetriske bilder.
- 4.1.3 Til ytterligere analyse ble kontrollpunkter målt i UTM 32N koordinatsystem med Leica TCR 407 ultra TPS and South S82 RTK GPS. Data nøyaktighet ble beregnet i feltet til sub centimeter (5mm) i forhold til feilmargin av skanning og fotogrammetri samt fastpunkter.
- 4.1.4 Med bruk av Faro, Leica Cyclone, Gexcel Reconstruction Platform og Modo, standardisert til koordinat system E57 (EU standard for punktsky og fotogrammetri data) utførte man diverse prosessering for å lettere behandle resultatene. Under etterarbeid ble POD filer brukt som basis til lagging av ortofotoer.
- 4.1.5 Fotogrammetri – fotoer ble prosessert som RAW filer i Agisoft Photoscan. ASM (automatiske overflate måling) algoritmer ble brukt for å bygge 3D modeller av dam og terreng med 10mm (object-dam) til 25cm (terreng). Data ble eksportert som 3D modeller (OBJ) for å støtte kombinert modellering prosess og produksjon av ortofotoer til tegning og kartlegging (Koordinat 2017).

4.2 Resultater fra Fotogrammetri- Nåvatn III



Illustrasjon 14 Vannsiden av Nåvatn III (Fasade Ø) – fotogrammetri (Se Vedlegg 3)



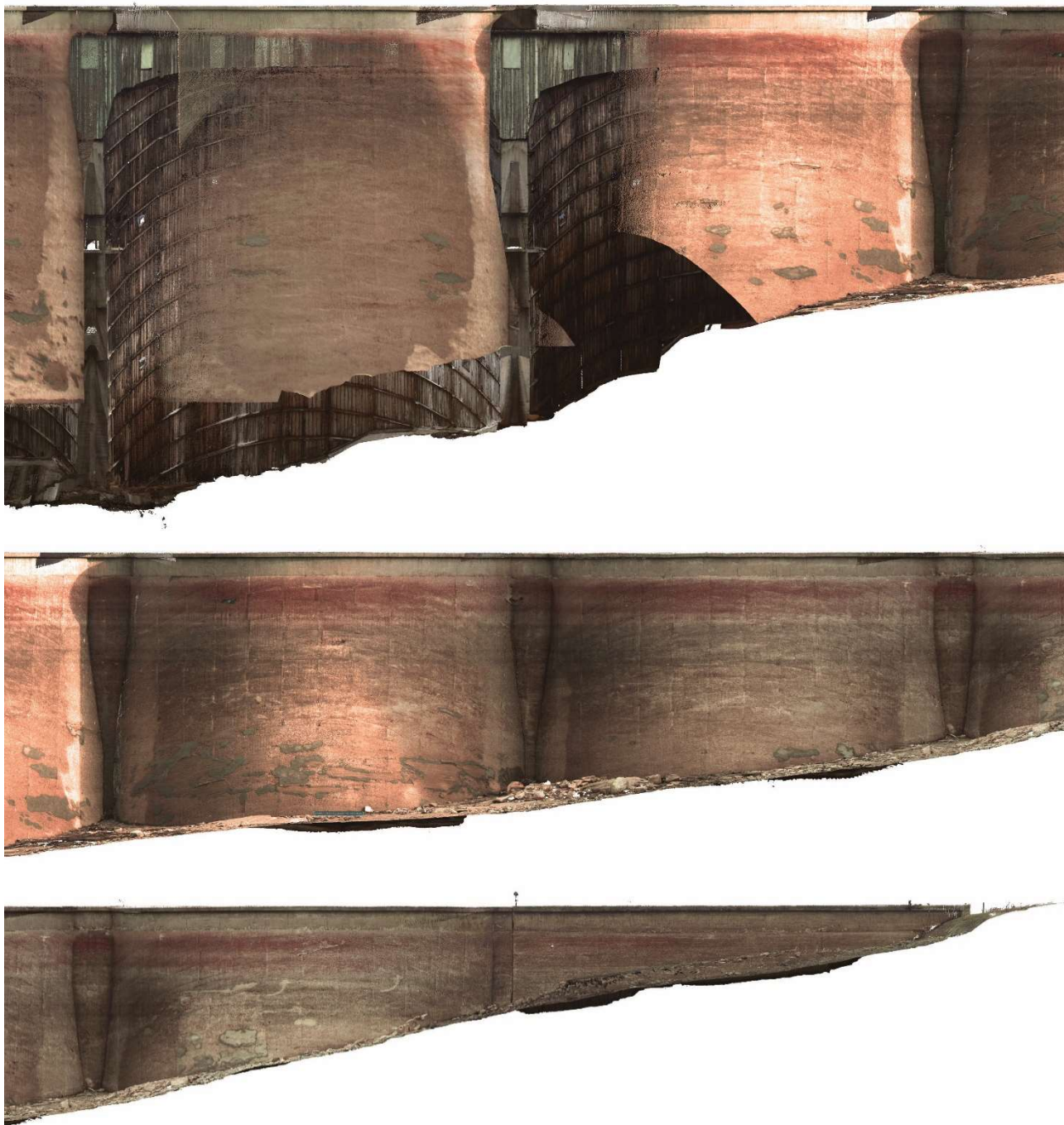
Illustrasjon 15 Detaljer av Nåvatn III (vannside) V Fasade

4.3 Resultater fra Laserskanning- Nåvatn III Façade V



Illustrasjon 16 Vannsiden av Nåvatn III (Façade V) – laserskanning (Se Vedlegg 3)





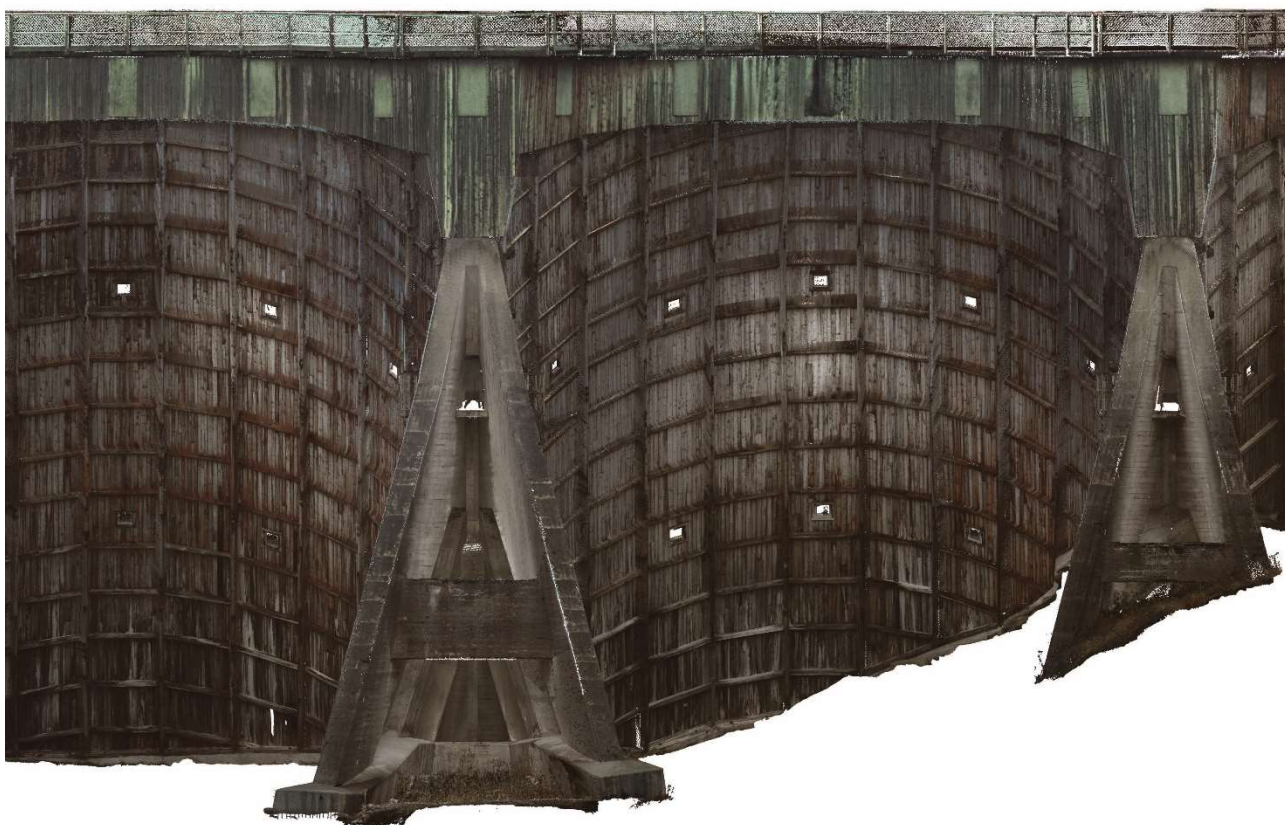
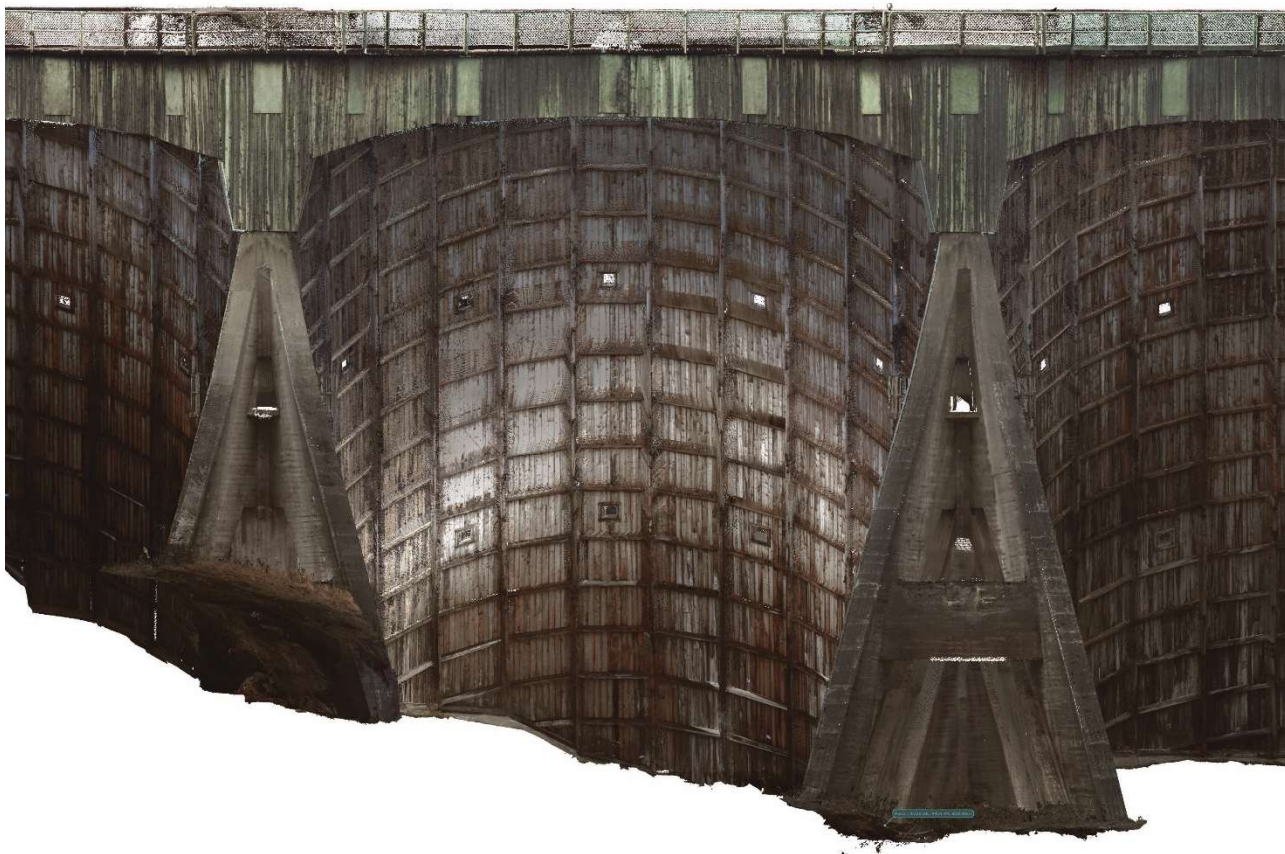
Illustrasjon 17 Detaljer av Návatr III (vannside) V Fasade

4.4 Resultater fra Laserskanning- Nåvatn III Façade Ø



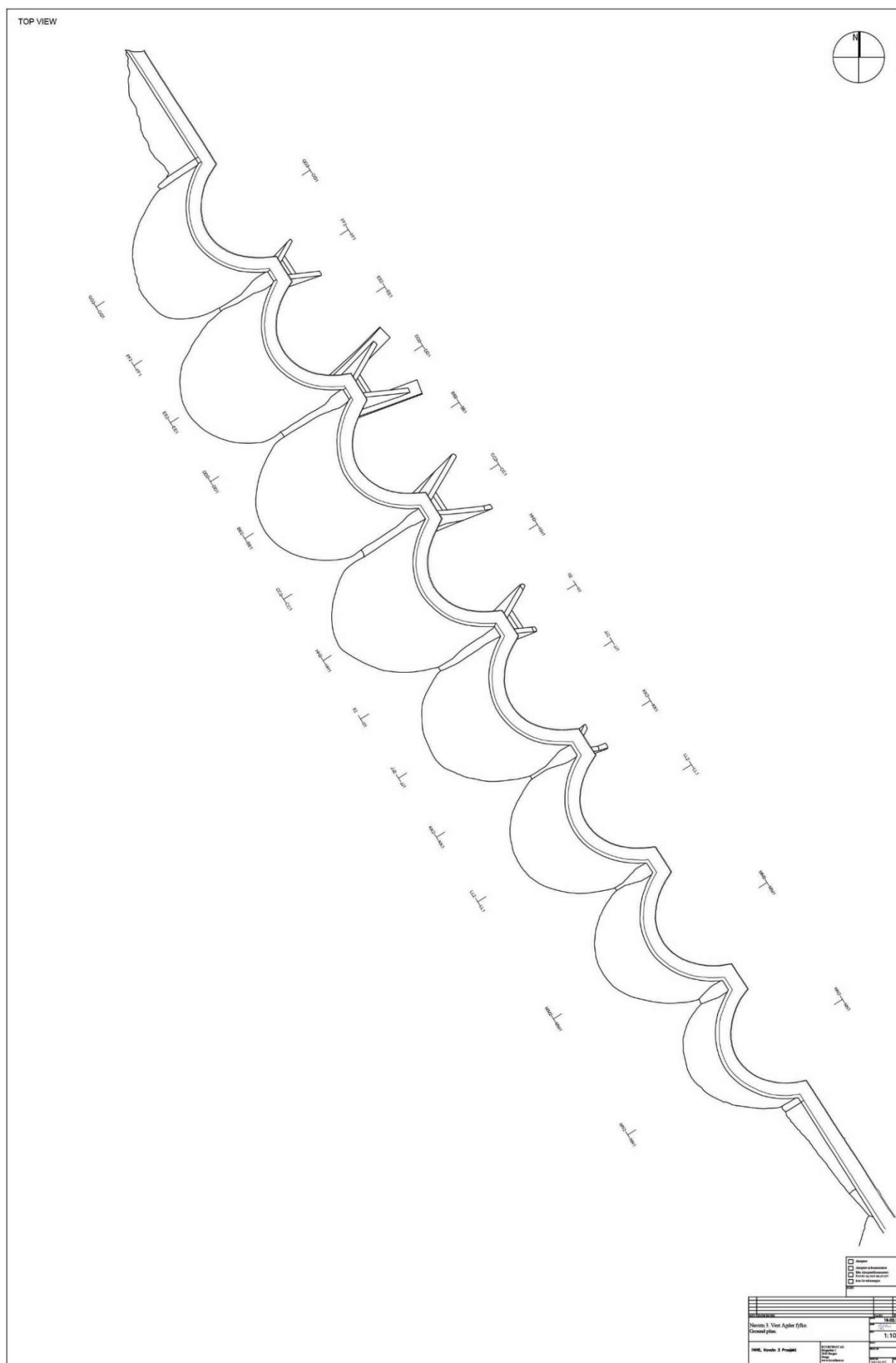
Illustrasjon 18 Luftsiden av Nåvatn III (Façade Ø) - laserskanning (se Vedlegg 3)





Illustrasjon 19 Detaljer av Nåvatn III (luftsiden) Ø Fasade

4.5 Resultater fra Nåvatn III Tegninger eksempler



Illustrasjon 20 Oversikt av Dam III

5 Diskusjon av resultater fra Koordinat

- 5.1.1 Eksemplene ovenfor viser en klar forskjell i kvaliteten av resultater mellom laserskanning og fotogrammetri og at laserskanning taklet detaljerte elementer i dammen bedre. Grunnen er både repeterende elementer i damstrukturen og mindre påvirkning av eksterne elementer, som avstand, vind, tilgjengelighet osv. Feltarbeid ble utført under relativt høy vind, noe som medførte problemer med drone (UAV) og behov for flere forsøk for å skaffe resultatene.
- 5.1.2 Oppløsningen i resultatene fra laserskanningen er av god kvalitet med alle detaljene klart synlige. Dette vises i ortotegninger og snittegninger i **Vedlegg 3**.
- 5.1.3 Stedfesting i både laserskanning og fotogrammetri ble fastsatt av koordinatpunkter. Nøyaktigheten av mindre en 5mm i feltet er akseptabelt i forhold til feilmargin av skanning og fotogrammetri samt fastpunkter for historisk bygningsdokumentasjon (Historic England 2011).
- 5.1.4 Fotogrammetrimodeller av dam og terreng med 10mm (object-dam) til 25cm (terreng) er godt nok for å representere strukturen men trenger utbedring i forhold til detaljer og for å lage ortofotoer og snittegninger.
- 5.1.5 Grunnen til at det oppstod problemer og begrensninger med fotogrammetri i dette tilfellet, er repeterende elementer i damstrukturen som medførte problemer med algoritmer, oppfattelse av detaljer i en stor struktur, samt værforhold som medførte problemer i felt.
- 5.1.6 Det er godt dokumentert at repeterende elementer, vann osv. skaper problemer med algoritmer i flere studier (Remondino 7 El-Hakim 2006, HE upublisert osv.). Disse kan rettes opp ved fotografering av detaljerte elementer av strukturen som må tilknyttes i etterarbeidet. Dette blir ikke inkludert i prosjektomfanget her. Som vist ovenfor er det også mulig å knytte sammen ulike deler av modellen med kontroll modell skaffet av laserskanning eller fotogrammetri.
- 5.1.7 Etterarbeid (forberedelse av data og prosessering) av laserskanning og trengte spesialist kompetanse med bruk av Faro, Leica Cyclone, Gexcel Reconstruction Platform og Modo. Med fotogrammetri ble et utvalg av bilder lagret i POD filer før prosessering. Dette viser at det kreves høyere kompetanse for å utføre laserskanning som er i samsvar med flere eksempler innhentet fra andre prosjekter (se ovenfor).
- 5.1.8 Koordinat A/S har følgende anbefalinger til pakker på ulike nivåer med laserskanning og fotogrammetri. Hybrid (se avansert) kombinerer resultatene fra laserskanning og fotogrammetri undersøkelser på lignende måter som anbefales av flere firmaer.

Grunnleggende- laserskanning (med kompliserte strukturer) og/eller fotogrammetri i E57 format, produsere ortofotoer i minst 0,02 megapixler til strukturen og 0,25 megapixler til terreng (ukomprimert raster format).

Medium- laserskanning (med kompliserte strukturer) og/eller fotogrammetri i E57 format, produsere ortofotoer i minst 0,02 megapixels til strukturen og 0,25 megapixels til terreng (ukomprimert raster format) samt raw 3D mesh modeller.

Avansert - laserskanning (med kompliserte strukturer) og/eller fotogrammetri i E57 format, produsere ortofotoer i minst 0,02 megapixler til strukturen og 0,25 megapixels til terreng (ukomprimert raster format) samt raw 3D mesh modeller, hybrid 3D modeller til analyse og ingeniør formål.

6 Konklusjon

- 6.1.1 Målet med pilotprosjektet var å teste de ulike metoder på separat måter og ikke å kombinere resultatene i en hybrid modell. Det er tydelig ut fra resultatene at laserskanning ga bedre resultater ved Nåvatn III enn fotogrammetri. Dette begrunnes hovedsakelig i repeterende elementer i formen/strukturen, som kan skape problemer for flere industrielle bygninger, og algoritmene blir ofte derfor umulig å løse. Værforholdet var også en utfordring. Vinden var svært sterkt, noe som er utfordrende for utstyret når det gjelder nøyaktighet. Når det gjelder dokumentasjon av små detaljer anbefales det supplerende detaljfotografering i høyoppløselig format. Koordinat oppsummere dette med tre punkter;
 - a) Datakvalitet med raw data til bruk i laserskanning er mer stabilt, og ikke kompromittert av eksterne innflytelser som data fra fotogrammetri,
 - b) Fotogrammetri ASDM algoritmer egnet for å lage 3D modeller av terreng og enklere deler av dammen (ukompliserte overflater- fasade W)
 - c) Pga. repeterende elementer og farge var det umulig å skaffe tilstrekkelig detaljer med fotogrammetri til fasade E (Fig. 1)

6.2 Laserskanning og fotogrammetri i norsk og internasjonal kontekst

- 6.2.1 Både fotogrammetri og laserskanning er etablerte metoder og brukes av flere etater og institusjoner som arbeider med kulturminner i Norge. Laserskanning ble etablert tidligere enn fotogrammetri som standard praksis pga. vanskeligheter med algoritmer i fotogrammetri som medførte en krevende prosess med samkjøring av bilder på hand. Gjennombruddet i programvareutvikling av algoritmer handlet om en teknikk som heter bundle adjustment og kom c. 2009. Forløperen til fotogrammetri var fotorektifisering, en metode som ble etablert på 2000-tallet som for å lage ortofotoer og andre typer tegninger av kulturminner.
- 6.2.2 Selv om laserskanning ble etablert tidligere enn fotogrammetri i Norge, har det vært begrenset i bruk pga. høye kostnader, oftest brukt i forskningsprosjekter. Fotogrammetri har fått bredt nedslagsfelt i ulike organisasjoner, institusjoner, fylkeskommuner, kommuner og museer. Dette begrunnes i lavere kostnader og krav til teknisk kompetanse og utstyr. Metodikken gir også gode resultater i arkeologisk feltarbeid og dokumentasjon av enkelte bygninger (El-Hakim, Beraldin, Picard & Godin 2004, Historic England 2011 & Historic England unpubs).
- 6.2.3 Et relevant eksempel til fotogrammetri av større strukturer er *Scanning Photogrammetry for Measuring Large Targets in Close Range* (Huang, Zhang, Ke, Tang & Xu 2015);

Abstract

In close-range photogrammetry, images are difficult to acquire and organize primarily because of the limited field of view (FOV) of digital cameras when long focal lenses are used to measure large targets. To overcome this problem, we apply a scanning photography method that acquires images by rotating the camera in both horizontal and vertical directions at one station. This approach not only enlarges the FOV of each station but also ensures that all stations are distributed in order without coverage gap. We also conduct a modified triangulation according to the traits of the data overlapping among images from the same station to avoid matching all images with one another. This algorithm synthesizes the images acquired from the same station into synthetic images, which are then used to generate a free network. Consequently, we solve the exterior orientation elements of each original camera image in the free network and perform image matching among original images to obtain tie points. Finally, all original images are combined in self-calibration bundle adjustment with control points. The feasibility and precision of the proposed method are validated by testing it on two fields using 300 and 600 mm lenses. The results confirm that even with a small amount of control points, the developed scanning photogrammetry can steadily achieve millimeter scale accuracy at distances ranging from 40 m to 250 m.

- 6.2.4 Bruk av fotogrammetri til store strukturer beskrives i *Low-cost documentation of traditional agro-industrial buildings by close-range photogrammetry* (Arias, Ordóñez, Lorenzo, Herraes & Armesto 2007).

Abstract

Traditional agro-industrial buildings are an important part of the heritage of Galicia (northwest of Spain), but these buildings are now in danger of disappearing. In order to preserve it, an exhaustive and rigorous work of documentation should be undertaken, as well as other actions. This paper is about the graphic and metric documentation put together by the authors in relation to a group of traditional farm buildings in Galicia. We used a method based on close-range photogrammetry techniques. The method is simple, cheap and accessible to the layperson. The tools we used were low-cost conventional cameras, plumb lines and monoscopic digital photogrammetric stations. The accuracy of our method compared to topographic methods proved satisfactory, although it must be borne in mind that the type of building surveyed is not particularly tall.

- 6.2.5 Eksempler av 3D modellering av industrielle kulturminne inkluderer;
- FPK Engineering's Orenstein & Koppel Locomotive Factory in Potsdam-Babelsberg;
 - <http://www.fpk.de/en/competitive-services/architecture-photogrammetry/project-samples-architecture-photogrammetry/project-samples-architecture-photogrammetry-documentation-of-industrial-plants/>
 - Cotswold Archaeology's Gunns Mill, Littledean, Glocs, Storbritannia;
 - <http://cotswoldarchaeology.co.uk/community/discover-the-past/archaeology-in-your-area/gunns-mill-littledean/>
 - East Peak Innovation Partnership's EAST Peak Photogrammetry Project
 - <http://industrial-heritage.epip.org.uk/projects/photogrammetry-project.php>
 - Rambøll sitt arbeid med laserskanning for oljebransjen spesielt Dan Bravo felt 3D modellering og VR.
 - <http://www.ramboll.com/services-and-sectors/oil-and-gas/technical-capabilities/3d-laser-scanning-and-survey>

- <http://www.ramboll.com/projects/rog/dan-bravo-field>

6.3 Laserskanning og fotogrammetri til NVE sine formål

- 6.3.1 Kulturminner innenfor vassdrags- og energisektoren inkluderer flere større strukturer ofte med repeterende elementer som kan skape problemer for fotogrammetri. Problemet med repeterende elementer i fotogrammetri betyr ikke at metoden ikke kan brukes, men at det i forkant av prosjektet planlegges/vurderes måter å løse mulige problemer på i modellen. To viktige utfordringer å ta med i vurderingen er om strukturen inkluderer flere parallelle elementer i eksteriør (rekkverk, planker osv.) og hvis objektet er omgitt av mye vann. Med parallelle elementer er det mulig å bruke fotogrammetri med ekstra hensyn til detaljerte elementer og referansepunkter som algoritmer kan forstå i forholdet mellom de ulike bildene. Med vann skaper det ofte hull i modellen som kan rettes opp i etterarbeidet med rett programvare.
- 6.3.2 Et flertall av NVEs utvalgte kulturminner ligger på avsidesliggende steder som ikke er lett tilgjengelig. Dette kan skape utfordringer både for bruk av laserskanning og fotogrammetri. Fotogrammetri krever minst utstyr til feltarbeid og vil derfor ofte være en god løsning. Utfordringer med kartfesting av strukturene kan løses ved hjelp av koordinater fra fastpunkter og kartdata (Lidar, terreng kart osv).
- 6.3.3 UAV hexacopter med ulike CCD sensorer (12 - 25 megapixel) som ble brukt i piloten tar høye kvalitetsbilder en trenings for å lage modeller. I Langeraksvatn pilot ble en DJI PHANTOM 3 4K (12 megapixel) med Lens: 20 mm f/2.8 lens og 1/2.3" CMOS sensor som er vesentlig mindre megapixel. Modellene fra Langeraksvatn er lavere kvalitet en Nåvatn men fortsatt brukbart. Dette viser at teknisk utstyr skulle tilpasses etter prosjekt behov men kan være litt høyere (c. 15 megapixel) for å utbedre resultatene fra Langeraksvatn. Andre utfordringer med bruk av drone gjelder værforhold (på Nåvatn var det ikke mulig å fly drone når det blåste), lisens og kompetanse. Lisens må ordnes før feltarbeid og det ofte også behov for å varsle folk på prosjektområdet. Kompetanse må også planlegges etter prosjekt behov.
- 6.3.4 I dag er det flere eiere som utfører laserskanning av egne anlegg, f.eks. Statnett skanner flere av sine ledningstraseer. Disse prosjektene gjennomføres oftest med tanke på driftsformål og er lite tilpasset til formidling av anleggene som kulturminner. Disse modellene kan benyttes som rammeverk til detaljert modellering der laserskanning og/eller fotogrammetri kan settes sammen med beskrivelser av bebyggelse, historisk opplysning osv. Denne hybride tilnærmelsen trenger spesialistkompetanse for å knytte sammen ulike modelldeler. I profesjonelle prosjekter har som tidligere nevnt den kombinasjonsmetoden blitt for lite undersøkte pga. fokus på laserskanning eller fotogrammetri som metode hver for seg.

7 Anbefaling til en standard

- 7.1.1 En hybrid tilnærming som utnytter fordeler fra både fotogrammetri og laserskanning sammen med håndtegninger og innmåling med totalstasjoner kan redusere tid til feltarbeid og prosessering (men trenger høyere kompetanse for å kombinere resultater) og medfører at bruk av laserskanning blir aktuelt på flere prosjekter. Denne tilnærmelsen er med i anbefalinger fra Koordinat (Koordinat 2017). Den største utfordringen ved dette er å finne institusjoner som har kompetanse og utstyr til begge deler. Dette kan best løses gjennom samarbeid mellom ulike profesjonelle og kan føre til en ny dimensjon i studiet av et kulturminne.
- 7.1.2 Det anbefales å teste muligheter til hybridtilnærmelser som kombinerer laserskanning og fotogrammetri, og som kan utnytte fordelene fra begge metodikker, mht bla nøyaktighet og fotorealisme. Data fra Lidar kan bli lagt til for å fastsette modellene på kartet.
- 7.1.3 Følgende er et forslag til nivåbasert tilnærming til laserskanning og fotogrammetri som integreres i hovedstandarder til prosjektet «Dokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner»,
- *Nivå 1 – Grunnleggende fotogrammetrisk modell med lav teknisk kompetanse og utstyr. Kan tas med mobiltelefon eller digitalt kamera og blir prosessert på 123D Catch eller lignende programvare. Modellen er til informasjon i prosjektet og skal ikke brukes som grunnlag til tekniske tegninger. Det er mulig å forbedre resultatene med kombinasjon av måling på hand og tegning i et design programvare og det anbefales at resultatene presenteres i Sketchfab eller lignende plattform <https://sketchfab.com/>. På dette nivået er det unødvendig å kartfeste resultater, men beliggenhet kan anskaffes ved hjelp av Lidar fra GIS.*
 - *Nivå 2 – Visuell dokumentasjon med fotogrammetrisk modell av strukturen som baserer seg på 3D modellen, og produserer teknisk plan og snittegninger til rapporten. Det anbefales at modellen blir kartfestet ved innmåling hvis aktuelt, eller Lidar eller andre kartdata. Det anbefales å vurdere kombinasjon av metoder med manuell oppmåling og håndtegninger fra felt med design programvare (Illustrator osv.) Prosessering oppnås gjennom fotogrammetri programvare (som listoppført tidligere i rapporten) og resultatene vises av programvare som kan ivareta kvaliteten i modell. Observasjoner eller skriftlig informasjon angående dokumentasjon kan legges til modeller eller tegninger.*

- *Nivå 3 – Analytisk dokumentasjon med detaljert fotogrammetri og/eller laserskanning brukt i kombinasjon. Behov må vurderes av eksterne faktorer i forhold til fotograferingsforhold, tilgjengelighet, detaljer nivået av strukturen osv.*
- *Nivå 4 – Omfattende analytisk dokumentasjon med detaljert fotogrammetri og/eller laserskanning på hybridmetode (i kombinasjon med hverandre) med fokus på laserskanning og nøyaktighet. Hovedmodell konstrueres av laserskanning og man benytter fotogrammetri for å fargelegge strukturen og kutte ned kostnader og arbeidsmengde. Alternativ er at hele dokumentasjonen oppnås gjennom laserskanning.*

7.2 Avgrensing til anbefalinger

- 7.2.1 Det finnes flere grunner at det sjelden brukes hybrid tilnærme- kompetanse behov, teknisk utstyr og arbeidskultur. Et viktig fokus ved videre utvikling av anbefalingene er hvor realistisk denne kombinasjonstilnærmelsen er.

8 Referanser

- Vest Agder Energi A/S 2000 Utbygging av Skjerkavatn Kraftverk et historisk tilbakeblikk Kristiansand
- Helena Nynäs, *Dammer som kulturminner*, nve rapport nr 64, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo: 2013, s. 136
- El-Hakim, S.F. (2002) Semi-automatic 3D Reconstruction of Occluded and Unmarked Surfaces from Widely Separated Views in International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, No. 5. (2002), pp. 143-148
- El-Hakim, S.F., Beraldin, J.A., Picard, M. and Godin, G. (2004) Detailed 3D Reconstruction of Large-Scale Heritage Sites with Integrated Techniques in Computer Graphics and Applications June 2004 National Research Council of Canada
- Remondino, F & El-Hakim, S. (2006) Image-based 3D Modelling: A Review in The Photogrammetric Record 21 (115): 269–291
- Historic England (2011) 3D Laser Scanning for Heritage (second edition) Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture Swindon
- Remondino, F. (2011) Heritage Recording and 3D Modelling with Photogrammetry and 3D Scanning in Remote Sensing 2011, 3, 1104-1138
- NVE Internt Notat (2014) Riving av Nåvatn I/III og Skjerkavatn dam - kulturminnefaglige innspill fra MO Oslo
- Novel, C., Keriven, R., Graindorge, P & Poux, F. (2016) Comparing Aerial Photogrammetry and 3D Laser Scanning Methods for Creating 3D Models of Complex Objects: A Bentley Systems White Paper www.bentley.com
- Koordinat A/S (2017) (unpublished) Preliminary Report from photogrammetric recording and laser scanning of Nåvatn 3 dam, Bergen
- Koordinat A/S (2017) Rapport fra laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn dam III, Bergen
- Historic England (Unpublished) Draft Photogrammetric Applications for Cultural Heritage (working title) Swindon
- Scanning Photogrammetry for Measuring Large Targets in Close Range
- Huang, S., Zhang, Z., Ke, T., Tang, M. & Xu, X. Scanning Photogrammetry for Measuring Large Targets in Close Range *Remote Sensing*, 01 August 2015, Vol.7(8), pp.10042-10077
- Arias, P., Ordóñez, C., Lorenzo, H., Herraéz, J. & Armesto, J. (2007) Low-cost documentation of traditional agro-industrial buildings by close-range photogrammetry *Building and Environment*, 2007, Vol.42(4), pp.1817-1827
- <http://data.kartverket.no/download/content/velkommen>
- <https://nvedokiver.wordpress.com/>

VEDLEGG 1 – INTERNT NOTAT – RIVING AV NÅVATN I/III OG SKJERKEVATN DAM – KULTURMINNEFAGLIGE INNSPILL FRA MO

VEDLEGG 2 OPPDRAGSBESKRIVELSE

VEDLEGG 3 - RAPPORT FRA LASERSKANNING OG FOTOGRAMMETRI AV NÅVATN DAM III

Internt notat

Riving av Nåvatn I/III og Skjerkavatn dam - kulturminnefaglige innspill fra MO

Dammene må dokumenteres før og under riving. Det må i denne sammenhengen utarbeides to dokumentasjonsrapporter, en av dammenes livsløp fram til riving og en av selve riveprosessen.

Den første dokumentasjonsrapporten skal inneholde:

- Historikk og bakgrunn om anlegget
 - Dammene må settes inn i en historisk og samfunnsmessig kontekst - evt bruk av lokale ressurser, hvorfor akkurat denne typen dammer og utforming? Viktig å henvise til kildene.
 - Beskrivelser av utbyggingsfasen og endringer opp gjennom dammenes livsløp, igjen med henvisninger til kildematerialet. Utvalgte og illustrerende historiske foto og tegninger skal inkluderes.
 - Henvisninger til hvor originalmaterialet/kildene er oppbevart og om det er offentlig tilgjengelig må inkluderes.
- Oversiktskart og detaljkart av dammene, på godt kartgrunnlag (eks FKB/N5). Kartene skal illustrere dammenes beliggenhet i landskapet, samt deres plassering i forhold til anlegget og produksjonslinjen.
- Dokumentasjon av dammene slik de står i dag før de rives, med foto (se under om metadata), tegninger og beskrivelser. Et utvalg foto skal inkluderes i rapporten.

Den andre dokumentasjonsrapporten skal inneholde:

- Beskrivelse av rivetiltaket med tiltakshaver, hensikt, omfang, tegninger utarbeidet i forbindelse med prosjektet og evt annen interessant informasjon eller oppdagelser.
- Det skal utføres kontinuerlig fotodokumentasjon av riveprosessen fra begynnelse til slutt, og rapporten skal inkludere et utvalg foto av rivingen (se under om metadata). Det må legges metadata på alle bildene med info om prosjektnavn, kommune, fotograf, motiv, himmelretning (på oversiktsbilder), dato og beskrivelse av motiv. Metadata vil gjøre det lettere å finne igjen bildene i fotoarkivet, samt å sette dem inn i en meningsfull kontekst i framtiden. I mangel på bildebehandlingsprogram må det føres fotoliste med fotonummer og samme informasjon. Det er ofte nyttig å inkludere personer på bildene for å illustrere målestokk. Filmopptak kan vurderes som supplement til foto. Sentrale personer fra dammenes forskjellige faser bør intervjues, og intervjuene transkriberes og tilgjengeliggjøres. Originalt og nytt dokumentasjonsmateriale bør oppbevares trygt, samlet og tilgjengelig for offentligheten.

NVE og Riksantikvaren kan bistå med råd i forbindelse med dokumentasjonsarbeidet. Kontakt kulturminnerådgiver Unn Yilmaz på unyi@nve.no eller på tlf: 22 95 94 52.

En høyoppløselig kopi av fotosettet skal oversendes NVE sammen med dokumentasjonsrapporten. NVE skal kunne oppbevare og bruke bildene til formidling. Den enkleste måten å oversende bildene er ved overføring til vår ftp-server (kontakt oss på unyi@nve.no for tilgang).

Den første dokumentasjonsrapporten skal oversendes i digitalt format til NVE for godkjenning innen **xxxx**.

NVE kan kreve at rapporten omarbeides og dokumentasjonen utfylles dersom NVE mener at kravene som er stilt ikke er oppfylt.

Kravspesifikasjon

NVE startet i 2016 opp et tre-årig FoU-prosjekt Dokumentasjon av kulturminner i vassdrags- og energisektoren. Prosjektet har som mål å utvikle standarder for dokumentasjon av kulturminner som skal rives eller bygges om.

Oppdrag og hensikt: Laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn dam III som tilhører Skjerka kraftstasjon. Kraftverket ligger i Åseral, Vest Agder. Hensikten er å utføre kulturminnedokumentasjon der resultatene skal lagres for ettertiden og brukes til forskning og formidling. I tilfellet dokumentasjon av Nåvatn dam III er hensikten også å sammenligne de ulike dokumentasjonsmetodene.

Beskrivelse av anlegget:

Nåvatn (I og III) er to flerbuedammer som, i tillegg til to platedammer, demmer opp Nåvatn, reguleringsmagasinet for Skjerka kraftverk. Nåvatn inngår i Mandalsvassdraget og ligger syv mil nord for Mandal. Skjerka kraftverk stod ferdig i 1932. I dag drives og eies kraftverket av Agder Energi Produksjon. De to flerbuedammene i betong har skrånstilte, sylindriske buer og innsidene er kledd i treverk.

Nåvatn III har åtte buer, maks buehøyde på 18 meter og en samlet kronelengde på 190 meter. I sin form er disse to dammene unike i Norge. Dammene har i ettertid vært karakterisert som både kostnadskrevenende og kompliserte. Skjerka kraftverk er fornyet etter 1990-tallet og i den forbindelse er de fire dammene ved Nåvatn planlagt erstattet av to nye dammer.

Nåvatn dam I og III skal rives i løpet av 2017 og erstattes av en ny, sikrere dam. Ettersom dammene er et viktig kulturminne i norsk historie vil vi at en av dammene skal nøye dokumenteres før den rives. Vi ønsker derfor å dokumentere Nåvatn III som ligger lettest tilgjengelig.

Beskrivelse av oppdrag:

I tilknytning til NVEs FoU-prosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner» er det ønskelig å få utført dokumentasjon ved bruk høyoppløselig 3D-laserskanning og fotogrammetri av Nåvatn dam III, Åseral, Vest Agder. Tilbudet må spesifisere prisen for fotogrammetri og laserskanning hver for seg, slik at det kan gjøres et utdrag hvis prisen blir for høy. Det er også ønskelig med pris på fotografering av én damseksjon som kan settes sammen til en modell i fotogrammetri.

Spesifikasjoner for laserskanning:

- Laserskanning av overflater på dammen
- Oppmåling og skanning av terrenget

Ønskelige leveranser:

- TIN raw data 3D modell
- Punktsky fra skanner
- Ortofoto med georeferanser i 1:50 fra laserskanning
- 2D tekniske tegninger

Spesifikasjoner for fotogrammetri og fotografering:

- Størrelsen på Nåvatn III er så stor at foto til fotogrammetri må gjennomføres av dronefly med kamera.
- Fotografisk oppløsning må være minst 16 megapiksler med minimum 50% overlapp mellom bilder. Det er anbefalt at dronen har innebygd GPS for å hjelpe med bildekontrollering under behandling.
- Droneoperatør må ha lisens fra luftfartstilsynet

Ønskelige leveranser:

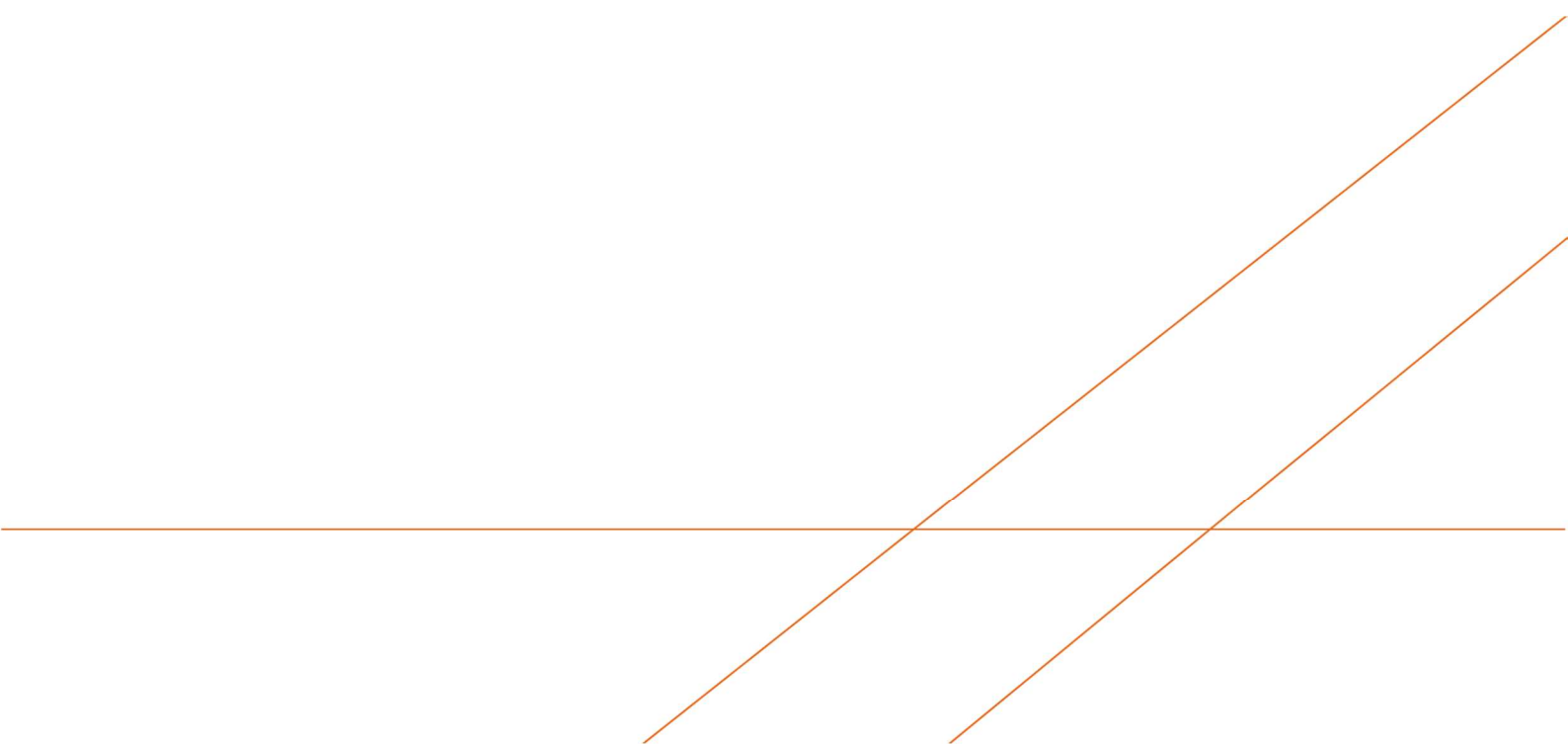
- 3d-modeller av dammen i sin helhet.
- Tegninger fra ortofoto
- Det er ønskelig med full rettighet til både ferdig behandlede modeller og bildefiler som blir tatt til fotogrammetrien.

Norges Vassdrag- og Energidirektorat (NVE)

Middelthuns gate 29,
0368 Oslo

T: +47 09575

www.nve.no



**PRELIMINARY REPORT FROM PHOTOGRAMMETRIC RECORDING AND LASER SCANNING OF
NAVATN 3 DAM, VEST AGDER FYLKE**

1. INTRODUCTION

The survey of Navatn 3 dam, Vest Agder fylke was a subject of contract between NVE and KOORDINAT AS. The project main goal was to make a complete architectural documentation by the usage of photogrammetry and laser scanning resulting in choosing the best possible technology and workflow pipeline for recording the presented type of objects.

2. FIELDWORK

The 5 days fieldwork was carried out in the first half of November 2016. The object was scanned with Leica Scan Station C10 pulse based scanner – for elements accessible from far distance and Faro Focus phase based sensor for close range surface capturing. For photogrammetry the UAV hexacopter with different CCD sensors (from 12 to 25 mpix) has been used both for dam and terrain remote sensing. As a result 81 laser scans has been done (intensity and RGB) accompanied by 1142 photogrammetry pictures. For further analysis the series ground control measurements has been made in UTM 32N coordinate system by the use of Leica TCR 407 ultra TPS and South S82 RTK GPS. The initial data accuracy was estimated to sub centimeter (5mm) according to average mixed error of scanning and photogrammetry internal registration and ground control measurements.

3. POSTPROCESSING

a) laser scanning

All 3D scan data has been filtered, cleaned and registered in Faro Scene (Faro scans) and Leica Cyclone software. Single point clouds were added RGB values and color balanced. Later on the clouds were unified and decimated (for optimizing the CPU and memory usage) and exported to E57 (common EU standard for point clouds and photogrammetry data) and POD (Bentley Pointools) formats.

The E57 files were analyzed (new color layers, intelligent simplification) and meshed (building surfaces from point data) in Gexcel Reconstructor platform. The meshes were exported to OBJ format for further remodeling. Raw meshes were imported to Modo 10 3D polygon modelling software and retopologized. After this process the fully functional, layered and textured solid (hybrid) model has been built.

In the same time the POD files were used to create orthoimages supporting vector drawing process. Due to object dimensions orthoimages were extracted with resolution of 10mm/pix and 1:100 (in certain cases 1:50) scale.

All of them were imported to AutoCAD and implemented into vector drawing process.

b) photogrammetry

All photogrammetry pictures were RAW converted and imported into Agisoft Photoscan application. ASM (automated surface measurements) algorithms were used to build a terrain and dam 3D models with a resolution from 10mm (object) to 25cm (terrain). Resulted data were exported as 3D models (OBJ) to support the hybrid modeling process or orthoimages for drawing and mapping.

4. CONCLUSIONS

Referring to documentation of Navatn 3 dam the following can be concluded:

- a) taking into consideration the raw data quality **laser scanning gives more stable, unified and condition independent results** no matter of structure complexity
- b) photogrammetry ASM algorithms **are sufficient to extract the 3D models of terrain and simpler parts of the documented objects (flat, relatively simple surfaces – façade W)**. Due to their nature (pattern, color recognition) the photogrammetry failed to capture the façade E (Fig. 1).



Fig 1. Navatn 03. Façade E wooden construction pattern.

The ASM process was unsuccessful because pattern regularity, texture similarity and presence of multiple , regularly placed sharp edges (beams). In that case it can be said that in a current level of development of ASM algorithms the photogrammetry (airborne or terrestrial) **can be used for capturing terrain and simple parts of documented objects or simpler objects (like neighboring Navatn 02).**

c) suggested documentation workflow:

Basic – laser scanning (in case of sophisticated structures) and/or photogrammetry data in E57 format, extracted orthoimages in at least 0.02m/pix for object and 0.25m/pix for terrain in uncompressed raster format, basic vector drawing set (plan and 1 or 2 equivalent sections)

Medium – laser scanning (in case of sophisticated structures) and/or photogrammetry data in E57 format, extracted orthoimages in at least 0.02m/pix for object and 0.25m/pix for terrain in uncompressed raster format, complete vector drawing set (all sections and plans for full reverse engineering), raw 3D mesh models

Advanced – laser scanning (in case of sophisticated structures) and/or photogrammetry data in E57 format, extracted orthoimages in at least 0.02m/pix for object and 0.25m/pix for terrain in uncompressed raster format, complete vector drawing set (all sections and plans for full reverse engineering), raw 3D mesh models, hybrid 3D model for analytical and reverse engineering purposes.

5. DATA STRUCTURE (NVE main folder on disc)

VIEWING SOFTWARE subfolder contains the apps (freeware) to install:

CloudCompare – for E57 point clouds and OBJ files viewing

Cyclone – for raw leica laser scans viewing

Scene LT – for raw Faro laser scan viewing

PTview – for POD point clouds viewing

3D MODELS subfolder:

DAM

- 3DM – models for Rhino 3D application
- FBX – models for Autodesk (Auto CAD, 3ds MAX) and other 3rd party modeling apps
- OBJ – models for general use

TERRAIN

- OBJ – models for general use

Note: You can view the OBJ models in Cloud Compare software (on disc)

DRAWINGS subfolder contains DWG files (drawings) for CAD use and PDFs for printing and sharing.

LASER SCANNING subfolder:

E57

- High_res_RGB – high resolution RGB colored point clouds to view in Cloud Compare software (strong PC)
- Loe_res_GR – lower resolution intensity colored point clouds to view in Cloud Compare software (average PC)

POD

- high resolution RGB colored point clouds to view in Pointools View software (PC with at least 16 GB RAM)

RAW DATA

- FARO_SCENE – native Faro scans to view in Scene LT software
- LEICA_CYCLONE – native Leica scans to view in Cyclone software

PANORAMIC IMAGES

- high resolution RGB colored spherical images to view in any image viewer

ORTHIMAGES subfolder contains orthoimages from scanning and photogrammetry for CAD use. (files naming related to sections on drawings)

PRESENTATIONAL DATA subfolder contains video files and images from rendering of scanning and photogrammetric models.

REPORTS subfolder contain the final project report.



Marcin Gładki
KOORDINAT AS

Dokumentasjon av interiør – Tinfos II, Notodden

Deltakere: Telemark fylkeskommune v/ Sindre Arnkværn og Anund Grini, Dag Endre Opedal (NVIM), Stig Storheil (NVE), Unn Yilmaz (NVE) og Christine Snekkenes (NVE).

Formål: Teste ulike dokumentasjonsmetoder på interiør i kraftstasjon.



Tinfos II på Notodden. Foto: NVE/Stig Storheil.

Bakgrunn

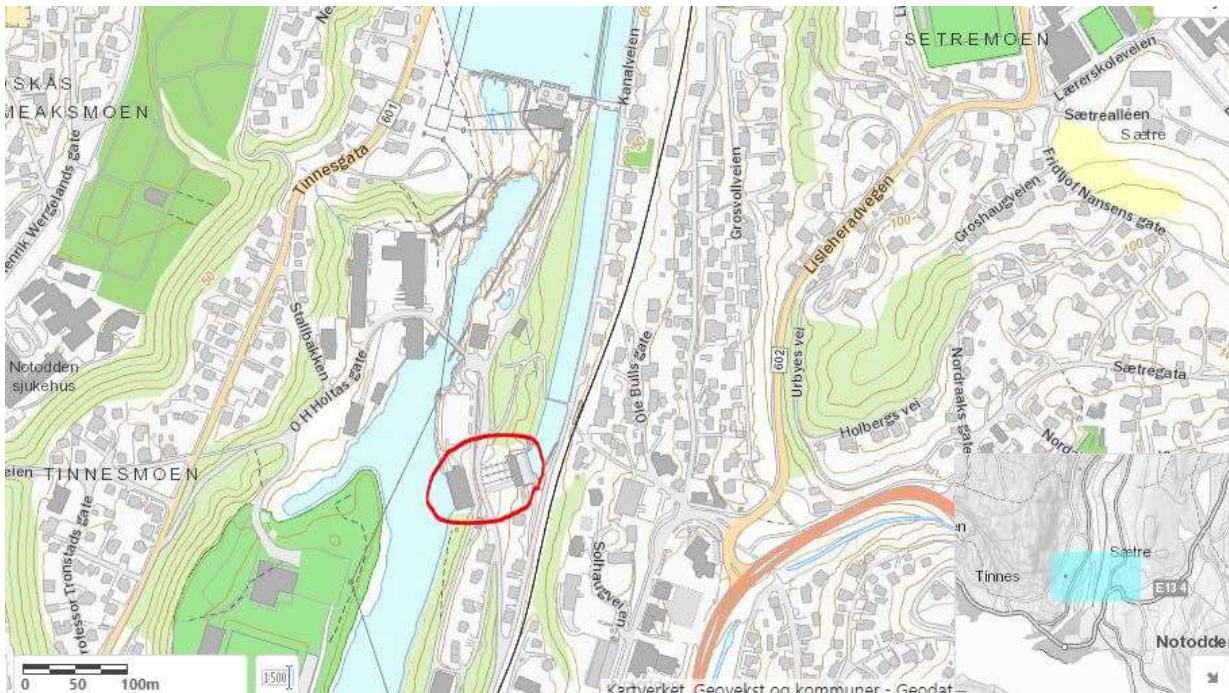
Pilot Tinfos II er en del av NVEs 3-årige FoU-prosjekt «Dokumentasjon av sektorens kulturminner» (DOKIVER). Prosjektets mål er å utvikle en nivådelt standard for dokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner. Anleggseiere kan i konsesjonsbehandlingen få vilkår om dokumentasjon ved riving, ombygging eller opprusting av anlegg med kulturminneverdi. Prosjektet er ment å effektivisere saksbehandlingen i NVE og sikre god kvalitet og veiledning for dokumentasjonen som blir gjennomført.

I mai 2017 ble det gjennomført en pilot på Tinfos II der ulike digitale dokumentasjonsmetoder skulle testes ut på interiøret i en kraftstasjon. I samarbeid med Telemark fylkeskommune som har bred og lang erfaring med digital dokumentasjon av nyere tids kulturminner, ville vi teste ut ulike metoder for å konstruere 3D-modeller, samt diskutere ulike strategier for fotodokumentasjon av interiør fra vanlig fotografering til fotogrammetri.

I pilotene Longerak og Nåvatn, har vi testet ut bruk av drone til å lage 3D-modeller gjennom laserskanning og fotogrammetri. I disse pilotene har hovedfokuset vært på eksteriør og store utendørsområder, fra kraftstasjon til dam. Hvordan ville de samme metodene fungere i et interiør? I flere av de eldre kraftstasjonene er maskinhallene store saler, med omfattende og komplisert maskineri. I tillegg kan kraftstasjonene ha flere små rom og trappeløp som kan være vanskelig å få frem gjennom vanlig fotografi.



Kart som viser Notodden i Telemark, markert med rød prikk. Kart hentet fra NVE Atlas.



Kart som viser plassering av Tinfos II med rørgate og lukehus på Notodden, markert med rød sirkel. Kart hentet fra NVE Atlas.

Dokumentasjonsmetoder som ble testet:

- **Fotogrammetri av interiør, rom og maskineri:** Hvordan kan vi bruke fotogrammetri til å dokumentere hele rom og maskineri, og hvordan formidle resultatet?
- **Dokumentasjon av interiør med Matterport-kamera**
- **360 graders fotografering av interiør**
- **Fotomosaikk/ortofoto av fasader**
- **Fotografering til romskjema.** Hvordan koble foto, romskjema og beskrivelser.
- **Fotogrammetri og 360-graders foto av eksteriør med drone**

Historikk:

Tinnelva i Skiensvassdraget ligger i Notodden kommune, Telemark fylke, og har to elvekraftverk som utnytter vannkraften. Tinfos I, bygget i drift 1901-1955 og Tinfos II som ble satt i drift i 1912 og som fortsatt er i produksjon med en slukeevne på 15m³/s. Begge kraftverkene ble fredet etter kulturminneloven i 2014 og er en del av UNESCOs verdensarvområde Rjukan-Notodden Industriarv.

I 1910 ble Tinfos Jernverk A/S grunnlagt av Ole H. Holta, og med leveranse fra Tinfos I ble det for første gang brukt elektrisitet til å smelte jern i Norge. Denne industrialiseringa medførte et økende behov for mer strøm og fra 1910 til 1912 ble Tinfos II kraftstasjon bygd ut. I tillegg til Tinnfossen ble også deler av Sagafossen nå utnyttet til kraftproduksjon. For å utnytta en større fallhøyde enn i Tinfos I ble den 900 meter lange Holtakanalen bygd ut for å føre vannet til Tinfos II kraftstasjon. Tinfos kraftverk produserte mye strøm allerede i 1901. Det var grunnen til at Hydro-gründeren Sam Eyde kastet sine øyne på Notodden og startet en forsøksfabrikk for gjødsel der i 1905. Han trengte mer kraft og bygde ut Svelgfoss som sto klart i 1907. På den tiden var det Europas største. Men ambisjonene var enda større.

I takt med industriutbyggingen ble det også bygd et helt nytt bysamfunn. De første boligene Hydro bygde var på Svelgfoss, siden kom boligprosjekter som Villamoen, Egne hjem og Grønnbyen til. Over Grønnbyen, med utsikt over fabrikkområdet, troner Adminiet, den fredede administrasjonsbygningen hvor Sam Eyde bodde, arbeidet og tok imot viktige gjester.¹

Digitale dokumentasjonsmetoder og utfordringer

Fotogrammetri

Pilotene Langeraksvatn og Nåvatn/Skjerka i DOKIVER-prosjektet har allerede avdekket noen utfordringer med fotogrammetri som metode. Vegetasjon, vannspeiling, blanke overflater, mørke farger og gjentakende mønstre kan være utfordrende å gjengi i en 3D-modell. I alle pilotene har det blitt benyttet drone som utgangspunkt for å ta bilder i forskjellige høyder rundt disse store anleggene, og stort sett bare utenfra (eksteriør).

I denne interiørpiloten ville vi undersøke hvordan fotogrammetri kan brukes i interiør – store maskinhaller, mindre trappeløp eller rom – og om det i det hele tatt egner seg for rom knyttet til vannkraftproduksjon. Underveis i dokumentasjonen ble det tydelig at maskinsalen i Tinfos II, med 4

¹ Hentet: 29.06.2017, <http://www.vasskrafta.no/kraftverk/tinfos/tinfos-ii/> og <http://www.industriarven.no/>

aggregater og en utstilling av eldre utstyr ville være for omfattende til fotogrammetri. Tidsbruken for å få en vellykket modell i fotogrammetri ville ta lenger tid enn den dagen vi hadde satt av til dette. I stedet ble det benyttet et kamera kalt Matterport, som Telemark fylkeskommune hadde gode erfaringer med.

Det ble i stedet besluttet å utføre fotogrammetri på ett av de eldre aggregatene. Dette ble utført av to personer ved bruk av speilreflekskamera. Det utvalgte aggregatet er nærmere 3 meter høyt, noe som skaper utfordringer for et vanlig speilreflekskamera på stativ. Det vil være mulig å benytte seg av gardintrapp, men dette vil være svært tidkrevende da fotogrammetri er avhengig av å ha overlapp mellom hvert bilde uten at det er tatt fra samme punkt.

For å raskt og effektivt kunne ta høydefoto innendørs er det derfor naturlig å benytte en fotostang. Til piloten ble det brukt en karbonfiberstang som kan forlenges til 6 meter. Kameraet som ble brukt av Sindre var et Samsung NX300. Kameraet er utstyrt med WiFi, slik at man får opp søkerbilde på mobilen, via en app som heter Samsung smart camera. Fra mobiltelefonen har man muligheten til å endre oppløsning, velge fokuspunkt og ta bilder. Dessverre så er det ikke mulig å endre eksponeringsverdier og ISO via appen, som kan skape utfordringer i dårlige lysforhold. Fotokvalitet og nøyaktigheten til den genererte punktskyen henger nøye sammen, så denne delen av prosessen bør prioriteres. Når fotografiene er tatt og prosessert riktig, sitter man igjen med en tett og detaljert punktsky. Punktskyen kan så bli brukt for å lage 3D modeller, høydemodeller, georefererte mosaikkbilder mv.

Dag Endre sitt utstyr var et speilreflekskamera med 20 MP og objektiv låst (teipa fast) på 24mm. Det er viktig å ha god eksponering og skarpe bilder. Det vart brukt både monopod og tripod underveis i fotograferinga for å stabilisera kamera, men i dei mørkaste partia av aggregatet var det og vanskelig å benytta seg av dette.

For at punktskyen skal samsvare med det reelle objektet har man muligheten til å koble den til et koordinatsystem. Dette gjøres ved å identifisere og måle inn punkter som lett lar seg gjenkjenne i fotografiene. Punktene bli så merket i bildene med referanse til riktige koordinater. Punktskyen vil nå være samsvare med det opprinnelige objektet og være målbar.

Matterport

Matterport er et teknologiselskap opprettet i 2011, som utvikler 3D- og Virtual Reality (VR)- løsninger som blir brukt av alt fra eiendomsmeglere til underholdning. Systemet er brukervennlig og legger opp til at både etterarbeid og deling i etterkant skal være enkelt og skaper 3D-film gjennom et interiør.

Fordelen med Matterportkameraet er svært enkelt og raskt å bruke, man kobler kameraet opp mot en iPad gjennom en app, kobler til WiFi og går ut av rommet. Kombinasjonen laser og foto som blir innhentet 360 grader rundt stativet kameraet står på, gjør at man raskt kan bevege seg gjennom rommet og innhente data fra flere vinkler. Data innsamlingen skjer automatisk og krever ingen kunnskap om fotografering. Kameraet kombinerer forskjellige eksponeringer av samme motiv (HDR), som settes sammen til et foto. Prosesseringen av den innhentete dataen skjer også automatisk, og etter noen timer er det ferdige resultatet tilgjengelig på Matterport sine sider. Resultatet kan eksporteres som en 3D modell (obj. fil), eller ses som en planløsning, dukkehus eller som en virtuell reise gjennom objektet. Dataen er målbar, men man oppnår ikke samme graden av nøyaktighet som med en georeferert fotogrammetrimodell.

Modellene som Matterport leverer gjør kameraet godt egnet hvis man skal dokumentere store arealer, og spesielle hvis det er vanskelige lysforhold.

SPECIFICATIONS

Detailed 3D Data and Stunning 4K HDR Visuals

Construction

Durable textured black plastic enclosure

Manufactured in USA

Size: 9.0" height, 10.25" width, 4.38" deep (230 x 260 x 110 mm)

Weight: 7.5 lb (3.4 kg)

Color: Black

Battery

Lithium ion battery

Can scan for 8 hours on one charge

4.5 hour charge time

3D Sensing

Structured light (infrared) 3D sensor

30 seconds capture time per scan/sweep

99% accurate within range

15 ft (4.5 m) maximum range

3D Data Registration: Automatic

Depth Resolution: 10 points per degree (3600 points at equator, 1800 points at meridian, about 4 million points per pano)

GPS

Included

Photography

Output Pano Pixels: 134.2 MP, equirectangular

Export images up to 8092px x 4552px

Lens: 4K Full Glass

White Balancing: Automatic full-model

360° (left-right) x 300° (vertical) field of view

Data

WiFi to transfer data from camera to iPad through the Capture app

WiFi 802.11 n/ac 5 GHz

[See Full Spec Sheet >](#)

Konklusjon Matterport

Fordeler

- Raskt og enkelt i bruk
- Ingen behov for egen pc for å prosessere dataen
- Er et godt formidlingsverktøy og kan være med på å tilgjengeliggjøre av kulturminner allmenheten ikke har tilgang til
- Dataen er målbar
- Fungerer godt i trange omgivelser.
- Trenger ikke fotokunnskaper

Ulemper

- Fungerer dårlig på vinduer og speil, disse må maskeres manuelt.
- Avhengig av at persontrafikk begrenses til det minimale.
- Mange punkter må skannes for at 3D modellen skal bli fullstendig
- Nøyaktigheten vil ha et avvik på ± 10 cm.
- Kan ikke benyttes utendørs
- Fotokvalitet er ikke like god som fra et speilreflekskamera

Fotogrammetri vs Matterport interiør

Pilotprosjektet synliggjør at ingen av teknologiene som er testet ut er altomfattende og dermed dekker alle behov ved interiørdokumentasjon. Det er derfor viktig å på forhånd ha god oversikt over hva som skal dokumenteres. Hvis det er store arealer som skal dokumenteres, vil Matterport kunne være et godt redskap. Siden Matterport kameraet tar 360° bilder for hvert punkt som skannes, vil man ved en komplett dokumentasjon sannsynligvis ha bilder av det meste av interesse. Dataen som produseres kan således brukes i hele spekteret fra forvaltning til formidling. Plantegninger vil også gjøre det enklere for personer som ikke har vært i bygget og orientere seg, kontra vanlige fotografier. Fotogrammetri vil imidlertid med sin høyere nøyaktighet være bedre egnet for å dokumentere mindre elementer av en spesiell karakter. Ulempen med fotogrammetri er at det stilles større krav til fotokunnskaper. Som tidligere nevnt kan vanskelige lysforhold, uskarpe bilder, bevegelse i bilde, tåke og lignende medføre at punktskyen og dermed sluttresultatet blir av dårlig kvalitet.

Med fotogrammetri er det vanskelig å få tilfredsstillende resultat for blanke overflater som f.eks. vinduer og speil. Matterport har noe av de samme problemene men i mindre grad, da programvaren lar brukeren maskere vinduer og speil slik at disse fremstår mer naturlige.

Fotogrammetrimodell aggregat

<https://sketchfab.com/models/135bbba35f1b44629da9a5a228f16672>

Matterportmodell fra lukehuset

<https://skfb.ly/6qnXD>

3D modellen fra Matterportkameraet Tinfos II

<https://sketchfab.com/models/83e8d9cfa77944cf9eddaea7dd2082e9>

360 – graders fotografi og fotomosaikk

NVE benyttet seg av 36 Mpx DSLR kamera på stativ med manuelt, fast 15 mm objektiv og Nodal Ninja panoramahode uten nadiradapter. Med dette oppsettet måtte det 7 eksponeringer til for å nå 360 grader rundt + rett opp. Oppsett og teknikk for 360-foto ble brukt til å fotografere kraftverkshallen fra ulike ståsted samt badet i 2. etasje og vindeltrappen opp til badet. En trang trappeoppgang var en krevende øvelse, spesielt mht plassering av stativbein for å unngå at fotograf og stativ kom med i opptak.

NVIM brukte speilreflekskamera med 22 MP og objektiv på 14mm. Nodal Ninja panoramahovud med nadiradapter. Nadiradapter gjer det enklere å fotografere området stativet står på, slik at en sparer seg for etterarbeid.

Det vart testet 360-graders foto på utvalgte punkter i maskinsalen for å få flere synsvinkler frå same rom. Frå alle punkter vart det fotografert med HDR, 3 eksponeringer per utsnitt.

Resultat av 360-graders foto av Tinfos II kan sjåast her: <https://roundme.com/tour/170850/view/507923/>

Fotomosaikk er en teknikk der man benytter mange eksponeringer horisontalt og vertikalt i et nettverk, for å oppnå svært høy oppløsning, samtidig med perspektivkorrigering. Filene blir så sydd sammen i egnet programvare.

NVE testet fotomosaikk på en innvendig vegg, mens NVIM testet det samme på utvendig fasade vest.

360-graders foto vs Matterport

360-graders foto: bedre kvalitet og mulighet for manuell justering

Matterport: bedre mulighet til å få til eit stort område og til å vandre rundt i rommet med Matteport, bedre mulighet til å hente ut detaljfoto av det ein ønsker i etterkant (med det nye Matterport-kamera som er lansert).

Videre vil det være interessant å se på filformat og om det blir forskjell i resultatet ved bruk av JPG, TIFF eller RAW. Det ferdige bearbeide 360-panorama kan ikkje lagrast i RAW.

Drone

For å kunne fotografera hele Tinfos II kraftstasjon med rørgate og litt av området rundt var det klart at den enklaste og mest effektive måten ville være fotografering ved hjelp av drone. I tillegg til foto til fotogrammetri ble det og utført oversiktsfotografering og 360graders-fotografering i same operasjon. Når en skal operere drone i tettbygd strøk er det flere regler å forholde seg til:

- Tillatelse frå grunneiger og huseiger frå bygg nærmere enn 50 meter.
I dette tilfellet var det Tinfos som var begge deler og dei gav tillatelse til at vi kunne gjøre dette.
- Den same avstanden på 50 meter gjeld og til personer og kjøretøy som en ikke har kontroll over. For å gjennomføre flygingen etter reglene var det utplassert folk på kvar side av Tinfos II som kunne hjelpe droneoperatør med å holde utkikk. Når personer og biler kom innforbi 50 meter fløy droneoperatør dronen vekk, for så å fly tilbake og fortsette fotograferingen når området var klart igjen.
- I tillegg har en som droneoperatør alltid vikeplikt for andre luftfartøy som helikopter m.m. Like i nærheten er det et sykehus som det ofte forekommer at luftambulansen flyr til og fra. På bakgrunn av dette holdt en utkikk under droneflyginga og en var aldri høyere oppe enn nødvendig.
- På Notodden er det en flyplass ca 2,5 km unna Tinfos II. I henhold til regelverket for droner er det ikke lov å fly nærmere en flyplass enn 5 km uten tillatelse. Droneoperatør hadde klarert med flyplass i forkant at vi kunne fly ved Tinfos II. Rett før og rett etter droneflygingen ringte vi og gav beskjed til flytårnet.

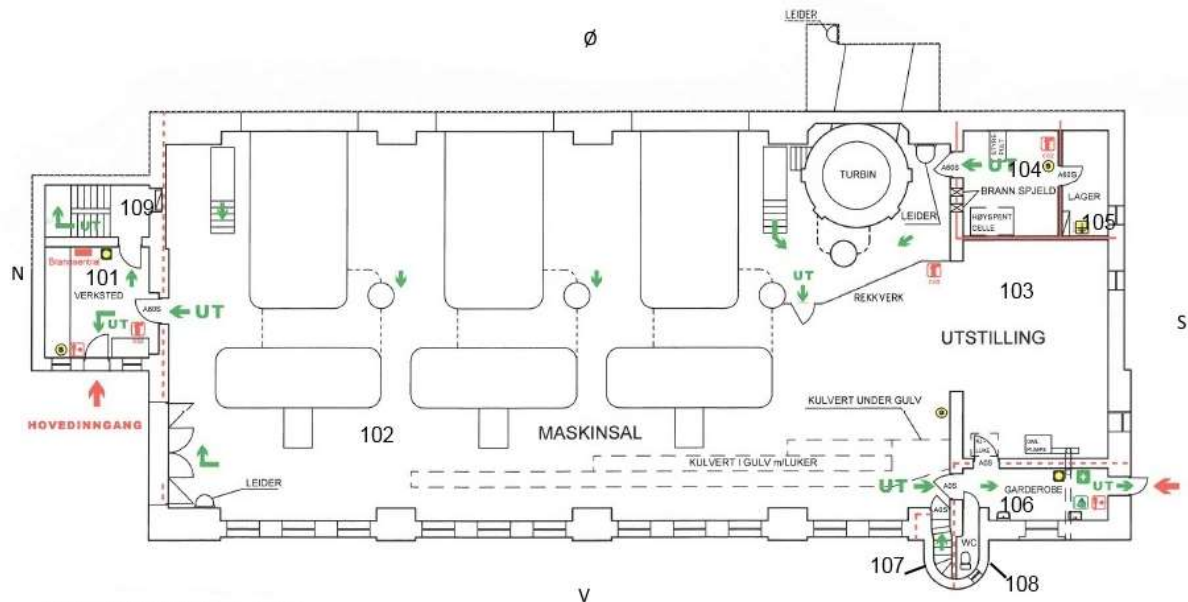
Foto, beskrivelser og plantegning koblet til romskjema

En type grunnleggende dokumentasjon av en bygning vil være å koble foto med plantegning og beskrivelser av rommene i et såkalt romskjema, se under for eksempel fra verkstedet/inngangen i Tinfos II. Rommene nummereres på plantegningen, og romnummeret følger metadata på både bilder og beskrivelser. Romnummeret bør også indikere hvilken etasje rommet ligger i. Bildene bør tas i systematisk rekkefølge, slik at det er enkelt å orientere seg både i rommet og i bygningen, og koble beskrivelsene til bildene. Beskrivelsene bør informere om rommenes navn og funksjon, overflater, materialer og dekor, dører, vinduer, tekniske installasjoner og trappeløp.

Prosjektnavn: DOKIVER, pilot Tinfos II

Romskjema for: Tinfos II

Dato: 03.05.17



Plantegning Tinfos II - 1. etasje
Moderne tegning (brann- og rømningsplan)

Romnr: 101

Romnavn: Verksted

Opprinnelig/nåværende funksjon: Verksted/inngang

Bygningsdel	Beskrivelse (materialer, farger, dekor, detaljer)
Gulv	Mørkegrå steinfliser, sannsynligvis originale.
Vegger	<p>Dekormalt, pusset mur. Lyse gule vegger med hvitt felt øverst på veggen, rød bord i tannsnitt mellom feltene. Tannsnitt i rødt også rundt vinder og dører.</p> <p>V-vegg: innadslående inngangsdør med to vinduer på hver side. Originale, grønnmalte arbeidsbenker på hver side av døra.</p> <p>N-vegg: originalt, grønnmalt veggskap med dører og en rad med små skuffer nederst, samt arbeidsbenk med dører og skuffer.</p> <p>Ø-vegg: innadslående dør til rom 109.</p> <p>S-vegg: innadslående dør til rom 102.</p>

Dører	V-vegg: grønnmalt dør i metall. Ø-vegg: sannsynligvis original, grønnmalt tredør med vindu øverst (fire ruter med rødmalte sprosser) og rødmalt speil nederst. S-vegg: grønnmalt metalldør.
Vinduer	V-vegg: to vinduer med 6 ruter (3x3). Kun den midterste ruten kan åpnes, festes med metallhaspe.
Himling	Hvitmalt, pusset mur.
Tekniske installasjoner	
Annet	Eldre skrutvinge festet på arbeidsbenken på N-vegg.

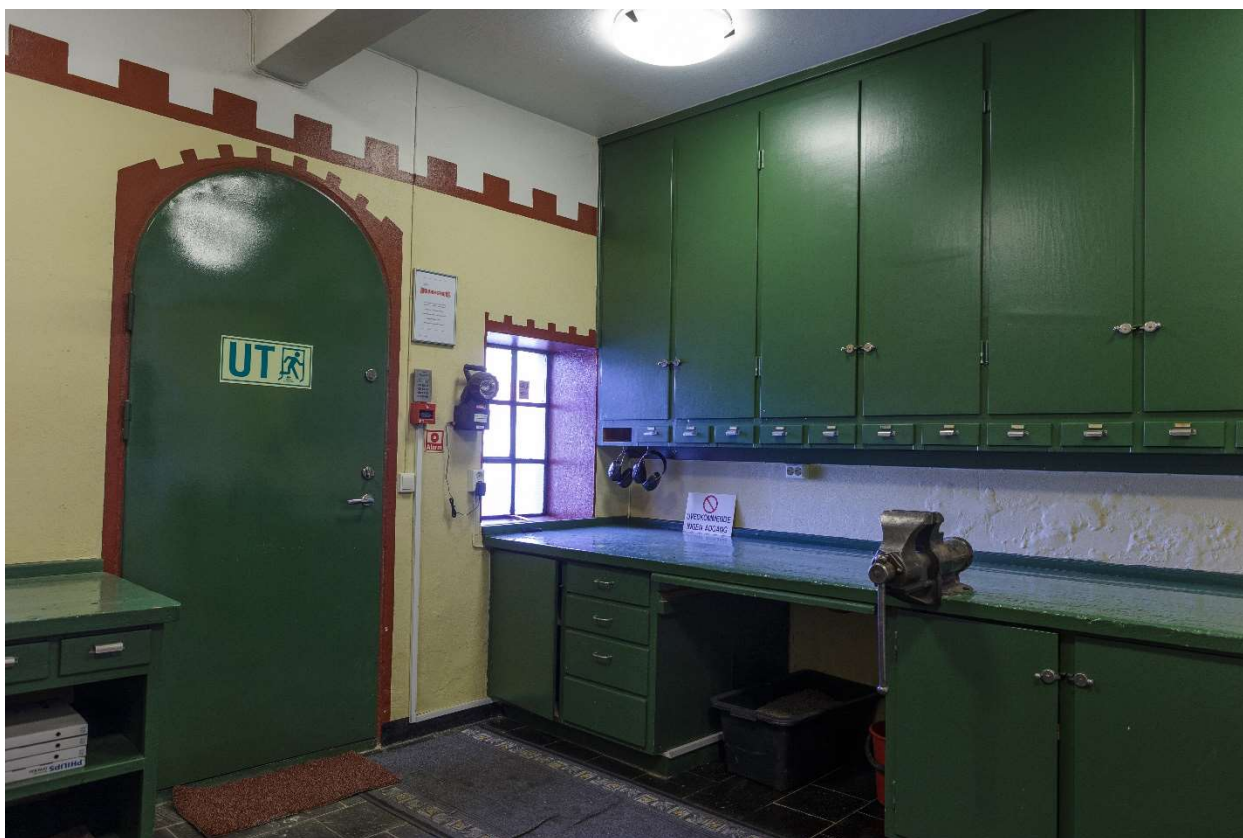
Noen eksempler på foto som ble tatt av alle vegger, hjørner, samt detaljer som dører, vindu og interiør:



1 - Tinfos II - Rom 101 - Verksted - V-vegg



3 - Tinfos II - Rom 101 - Verksted - arbeidsbenk V-vegg



5 - Tinfos II - Rom 101 - Verksted - V og N-vegg



9 - Tinfos II - Rom 101 - Verksted - detalj skap N-vegg



11 - Tinfos II - Rom 101 - Verksted - skrutvinge arbeidsbenk N-vegg

Fotodokumentasjon av Haugsjå dam - notater rundt gjennomføring



Bakgrunn: Dette er eit refleksjonsnotat frå ein delpilot i FoU-prosjektet «Dokumentasjon av sektorens kulturminner» for å testa dokumentasjonsnivå to og tre i English Heritage sin standard. Dag Endre Opedal frå Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum har utført delpiloten og målet er å finne ut kva tilpassingar som må gjerast for at denne standarden skal vera dekkande for fotodokumentasjon av vassdrags- og energisektorens kulturminner.

Som bakgrunn til dette dokumentet ligg NVE sitt dokument «Fotoliste Haugsjå (002)» som inneheld både dei generelle nivå frå English Heritage og meir spesifikt rundt dokumentering av Haugsjå.

Dokumentasjonsnivåer fra English Heritage:

Level 2: 1,2,4

Level 3: 1-9

Den 20. og 21. September var undertekna på Haugsjå dam og Bøylefoss kraftverk for å dokumentera dammen før ombygging. Dokumentasjonen vart gjort på bakgrunn av notat frå NVE og nivå frå dokumentet Historic England - Understanding Historic Buildings.

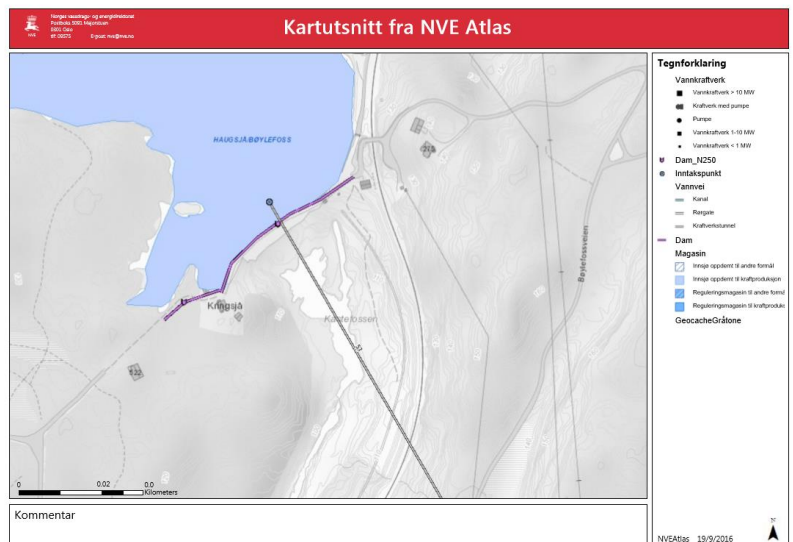
Førebuing

På førehand er det lurt å lesa seg opp på anlegget. Få ein historisk oversikt både over hovudanlegget som skal dokumenterast, pluss tilhørende relevant kontekst. I dette tilfellet er konteksten blant anna kraftstasjonen, tømmerrenna m.m. Lurt å setta seg inn i det som skal dokumenterast.

Eg brukte kartgrunnlaget til NVE for å sjå anlegget på kart og for å få oversikt over himmelretningar på førehand. Her får ein oversikt over registrerte installasjonar og nord er teikna inn.

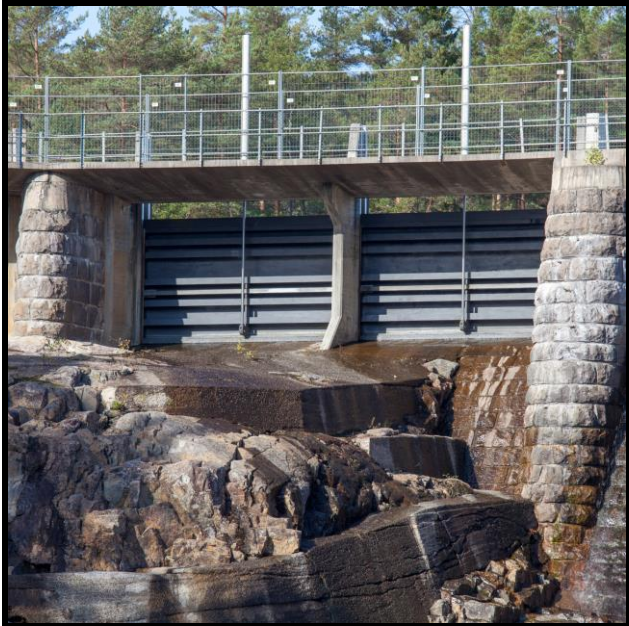
Grunnleggande fotografering

Det aller viktigaste i ein slik fotodokumentasjon er å fotografera gode høgoppløselige foto som representerar kulturminne godt og viser fram forskjellige sider av det. Systematisk fotografering er ein fordel når ein går fram for å dokumentera eit anlegg som dette. Ikkje knips litt her og litt der, men jobb deg gradvis frå ein plass mot ein annan. Start gjerne med oversiktsfoto av heile anlegget, om mulig finn ein høgtliggende plass, og jobb inn mot enkeltelement i anlegget som er viktig å dokumentera. Samtidig må ein vera open for at det undervegs dukkar opp viktig element som må dokumenterast, som ein ikkje var heilt klar over når ein starta. På Haugsjå fann eg blant anna dreneringsrør frå «galleriet» nedstrøms dammen som eg ikkje visste kva var for noko, eg var heller ikkje førebudd på sekundærdammen når eg starta feltarbeidet. Når ein møter på slike element som ein er usikker på, og ein ikkje har kjentmann med seg, er det lurt å notera slikt i fotojournalen slik at ein lettare kan knytta bileta opp mot informasjon ein innhentar i etterkant. Eg fekk vita i etterkant at det var mogleg å koma



inn i dammen, i det såkalla «galleriet», på bakgrunn av dreneringsrøyra eg hadde fotografert. Dette var eg ikkje informert om på førehand og det kan nok tenkast at dette og burde vore dokumentert.

Det ideelle været for fotografering av slike kulturminner er nok overskya, sjølv om det kan bli oppfatta som kjedeleg av enkelte. Når det er overskya vær unngår ein sjenerande skygger. Ein får eit meir flattare lys utan dei store kontrastane, samtidig kjem detaljane betre fram. Ein bør og eksponera bilete utan at det blir kutta i verken det lysa eller det mørka, bruk histogrammet aktivt.

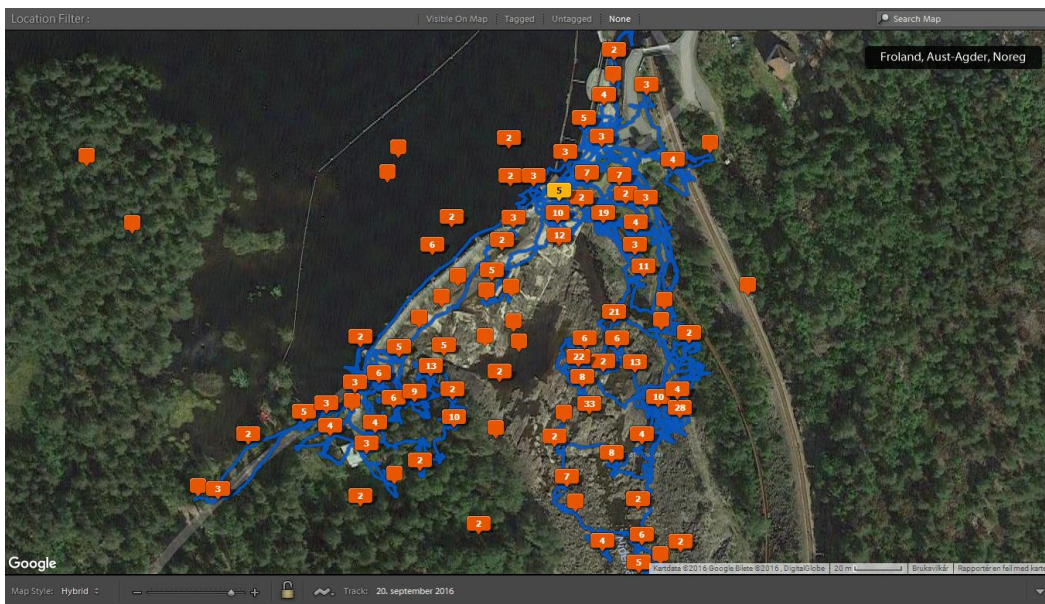


Bilete til venstre er tatt under dag 1, då var det overskya med sol som gjorde at det blei ein del skygger, spesielt på flomlukene. Bilete til høgre er tatt på dag 2 av dokumentasjonen, då var det overskya og ein kunne fotografera utan at ein fekk skygger. Dette kan vera vanskelig å ta høgde for i planlegginga, men om ein har tid og anledning så bør ein ideelt sett prøva å unngå slike skygger. I dette tilfellet hadde eg tid på dag 2 til å gjera noko av fotograferinga på nytt, men mesteparten av dokumentasjonen av dammen vart gjort på dag 1. Det kan vera risikabelt å utsetta fotograferinga sjølv om ein ikkje har heilt ideelle forhold, det kan jo bli verre forhold til dømes. Det viktigaste er tross alt å få med all nødvendig dokumentasjon på den tida ein har til rådighet.

Himmelretningar, geotagging og kompass

Under dokumentasjonen brukte eg ein, for meg, ny metode for å lettare registrera himmelretningar og GPS-posisjon til bileta. Erfaringsmessig tar det lang tid om ein i etterkant skal undersøka himmelretningane og knytta dei til kvar enkelt foto. Tidlegare har eg skreve det ned i fotojournal undervegs, men det er relativt tidkrevjande og tar og fokus vekk frå sjølve fotograferinga. Geotagging i etterkant blir bortimot umogleg, sjølv ved hjelp og gode satelittfoto blir det vanskelig å setta eksakte posisjonar i etterkant.

Geotagging var gjort ved å installera appen [Easy GPS logger](#), den er enkel i bruk og gratis. Det finst mange forskjellige apper som gjer liknande jobb. Eg testa ut denne appen på førehand slik at eg visste at den fungerte tilfredstillande. GPS var aktivert på telefonen, og telefonen var synkronisert på klokkeslett med kameraet i bruk. På den måten kunne eg i ettertid synkronisera bileta med gps-loggen frå appen. Når appen er ferdig med å logga gps-data så kan eg blant anna velja å senda logg-fila på e-post til meg sjølv. På den måten får ein og back-up av loggen.



Slik ser det ut i programmet eg brukte etter å ha synkronisert bileta mot loggen frå Easy GPS logger. Den blå streken er mine bevegelser medan eg fotograferte Haugsjø dam, og dei oransje firkantane representerar foto. Dei bileta som ikkje er festa mot den blå linja er bilete tatt med drone, drone har innebygd geotagging. Eg brukte fotoprogrammet Adobe Lightroom til å synkronisera bileta. Det finst og andre program som kan gjera dette, men eg har ikkje testa ut nokon av dei. Her er ein artikkel som går gjennom fleire program og synkronisering av gps-logg og foto: <https://havecamerawilltravel.com/photographer/geotagging-software>

Himmelretningane vart registrert ved at eg tok eit ekstra bilete, der ein ser kompass-retninga, for kvart foto eg tok som dokumentering av dammen. På denne måten kan eg enklare sjå i ettertid kva himmelretninga var utan å måtte leita fram frå journalen eller på annan måte finna tilbake til himmelretninga. Ver obs på magnetisk misvising, skilnaden mellom geografisk pol og magnetisk pol, den varierer etter kvar du er i landet. Store metallkonstruksjonar kan og påverka kompassnåla, blant anna påverka dei store flomlukene på Haugsjø dam kompassnåla mi når eg befant meg oppå flomluka.



Same motiv med og utan kompass

Nivå og tilpassingar

Dokumentasjonsnivå frå English Heritage dekker det grunnleggande med tanke på dokumentasjon eit anlegg av denne typen. Nivå 3 inneheld det viktigaste og er såpass likt arbeid gjort tidlegare i liknande dokumentasjon, nivå 3 er beskrivande nok for eit damanlegg. For eit meir komplisert anlegg som kraftverk med mange rom, maskiner, rørgate m.m. er det godt mulig det bør tilpassast i større grad. Men eg saknar enda meir visuell dokumentasjon, først og fremst filmdokumentasjon. Det kan vera eit viktig punkt med tanke på framtidig bruk, spesielt formidling og forskning. No har eg i dette prosjektet i samråd med NVE utført litt filmdokumentasjon, då med hjelp av dronefotografering slik at ein får oversikt over dammen,

kraftstasjonen m.m. frå lufta. Ein form for filmdokumentasjon bør etter mi meining innarbeidast i dokumentasjonsstandaren til NVE. Filmdokumentasjon kan vera spesielt viktig i tilfelle der ein arbeidsmetode blir avleggs, t.d. manøvrering av nåledam eller i ein overgang frå manuell til moderne datakontrollert styring av maskiner i eit kraftverk. På nivå 3 er dette eit punkt som eg synst bør vera med, og som då kan tilpassast dei aktuelle prosjekta der det er aktuelt med filmdokumentasjon som metode.

Level 2 i English Heritage sine standardar er relativ greitt og ikkje tidkrevjande, i eit prosjekt som Haugsjø ser eg på det som aktuelt at punkt 6 burde og vore med i eit minimumsnivå slik at ein får dokumentert tydelig det som skal fjernast, i dette tilfellet flomlukene. Det vil ikkje gjera dokumentasjonsprosjektet særlig større eller tidkrevjande å ha det punktet med slik eg ser det.

Ein annan dokumentasjonsmetode som eg meiner bør vurderast er 360-gradersfotografering. I dette prosjektet gjennomførte eg eit 360-gradersfoto frå drone ved dammen, og to i maskinhallen på kraftstasjonen. På denne måten kan i ettertid stå i fotografens, eventuelt dronas, ståstad og sjå rundt i alle retningar. 360-gradersfotografering kan vera eit interessant supplement til den ordinære fotograferinga som alltid må ligge i botn av ein slik dokumentasjon. 360-gradersfotografering kan vera spesielt interessant som eit tillegg til vanlege interiørfoto, t.d. små trange rom som er vanskelige å få inntrykk av på eit vanleg fotografi, men og store maskinhaller, og til oversiktsfoto. 360-gradersfotografering kan og vera eit alternativ der fotogrammetri og laserskanning vert for ressurskrevjande.

Døme på 360-graders interiørfoto i industrielt miljø: <https://roundme.com/tour/25471/view/>

Døme på 360-graders interiørfoto i stor maskinhall: <https://roundme.com/tour/32819/view/>

Døme på 360-graders oversiktsfoto av kraftverk: <https://roundme.com/tour/53235/view/>



Dronepiloten på Haugsjø dam.



Haugsjø dam fotografert oppstrøms.

Ved hjelp av drone kan ein i tillegg til filmdokumentasjon, lettare fotografera ein dam oppstrøms. På denne måten fekk eg og dokumentert flomlukene frå den sida, dei skal fjernast og det gjer dokumentasjonen rikare ved å ha ein visuell dokumentasjon frå denne sida av dammen og.

Min konklusjon er at nivå i seg sjølve er eit godt utgangspunkt, om ein tar med litt ekstra på Level 2 frå English Heritage har ein nok eit ok minimumsnivå. Og så bør Level 3 utvidast til å innehalde film og 360-gradersfotografering som mulige metodar.

Utarbeid av Dag Endre Opedal, Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum.

12.12.2016

Notat frå dokumentasjon av Hakavik.

Bakgrunn: Hakavik kraftverk er eit gammalt og spesielt kraftverk. Det vart bygd for å produsera 16 2/3 Hz straum til jernbanen. Kraftverket har fram til 2018 vore i drift på den gamle måten, med manuell innfasing og oppstart av aggregat. Det er veldig få kraftverk igjen som vert drifta på denne måten og det vil vi dokumentera. I 2019 vart det slutt på denne manuelle prosessen i Hakavik kraftverk.

Gjennomføring av dokumentasjonen.

Val av metode for å dokumentera den manuelle prosessen vart film og intervju med driftsansvarlig Arne Grimnes. Arne kjenner veldig godt til prosessen. Han jobbar for Statkraft på Hakavik kraftverk, som i dag er ein del av Mår kraftverksgruppe på Rjukan. Han har jobba på Hakavik siden 1981 og er den siste av sin generasjon som drifter eit kraftverk på den manuelle måten.

Det vart gjennomført ein variant av «walk and talk» der Arne gjer prosessen frå start til slutt. På denne måten fekk vi ein veldig autentisk dokumentasjon av prosessen. I mange tilfeller når ein skal dokumentera eit kulturminne så er ein der i etterkant og får forklart prinsippa, men det er i beste tilfelle ein simulert prosess. Men på Hakavik fekk vi til ein autentisk dokumentasjon der Arne gjennomførte heile prosessen. Det einaste som ikkje vart gjort, var å faktisk levera straumen ut på linjenettet. Resten av prosessen med oppstart og innfasing gjorde Arne mens han forklarte kva han gjorde.

Etter prosessen med oppstart og innfasing var over, gjennomførte vi eit intervju med Arne på det gamle kontoret på Hakavik. På den måten kunne ein spør han om andre ting som ikkje var direkte relatert til dokumentasjonen av prosessen, men som kan vera med som dokumentasjon og som fortel om korleis det var å arbeida på kraftverket. Blant anna snakka vi i dette intervjuet om det arbeidet som gjer at prosessen Arne demonstrerer snart blir fasa ut.

Denne måten for dokumentasjon framstår som veldig autentisk og oversiktlig. Ved å bruka film som metode, kombinert med intervju, så kan ein lett få ein oversikt over prosessen. At Arne fortel i filmen kva han gjer og kva som skjer beriker det heile i motsetnad til om ein bare skulle ha filma prosessen utan Arne sin forklaring. Dette gjer og at det kan bli enklare brukt i formidling.

Teknisk kvalitet og metadata.

Det bør følgja med metadata til filmopptak og lydopptak. Det som bør vera med er prosjektnavn, kvar opptaka er gjort, kven som har utført dei, og ein beskrivelse av film og/eller lydopptak. Visst det er eit lengre intervju bør det følgja med ein skriftleg oppsummering av intervjuet.

Filmopptak må vera av teknisk grei kvalitet. Ein må kunne sjå kva det er som blir dokumentert, t.d. ein prosess. Filmene må vera korrekt eksponert, ha riktig kvitbalanse og vera i fokus. Filmene kan ikkje vera så komprimert at det går utover kvaliteten. Det finst mange forskjellige formater som er eigna til forskjellig bruk, eg anbefaler å eksportera film i MP4 H.264. Bruk bitrate på minimum 8000 kbps for HD/1080p-kvalitet og 35-45 Mbps for filmopptak i 4K/2160p.

Lydopptak, uansett om dei er til bruk i film eller som reint intervjuopptak, må vera av teknisk god kvalitet. Ein må høra kva informanter sir og kva som skjer. Lyden skal ikkje «gå i taket» (Odb), men heller ikkje vera så lav at det blir problematisk å høra kva som skjer og det blir for mykje støy om ein skruer opp volumet. Bruk av myggmikrofon på informanten gir ofte ein god lyd og gir informantene frihet til å gjera det den skal. Om ein bruker ein håndholdt mikrofon/lydopptaker må ein halde den ganske nærma informantene og passe på at informantene snakker inn i mikrofonen. Ikkje bruk den

interne mikrofonen på filmkamera, ein bør kobla til ein ekstern mikrofon for best mulig kvalitet. Ein kan synkronisera lyd frå informanten med filmklippet i etterkant av opptak. Eit triks kan vera å starta opptaka med eit klapp, synleg i kameraruta, slik at ein har eit tydelig punkt å starta synkroniseringa frå.

Dag Endre Opedal, Kraftmuseet.

05.07.2019



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

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

www.nve.no