

Norges vassdrags- og energidirektorat
nve@nve.no

Dato: 29.11.2023
Deres ref.: 201206882-19
Vår ref.: KRLI/-

Gransking av uønsket hendelse ved dam Braskereidfoss, Våler kommune

Viser til deres brev av 13.09.2023 og 23.10.2023, samt vårt svar av 04.10.2023.

Den 09.08.2023 hadde man en uønsket hendelse ved Braskereidfoss kraftverk hvor fyllingsdammen gikk til brudd.

Damsikkerhetsforskriften § 7-11 stiller krav om at dersom det oppstår en uønsket hendelse så skal den ansvarlige for vassdragsanlegget innen tre måneder redegjøre for hva som har skjedd og hvordan ulykken eller hendelsen er håndtert. I deres brev av 23.10. blir frist for innmelding av redegjørelse satt til 30.11.2023.

Som vi tidligere har kommunisert har DNV vært engasjert til å gjøre en uavhengig gransking av hendelsen, og har sammen med Multiconsult levert sin rapport til oss.

Mandatet for granskingen var å:

- Dokumentere hendelsesforløpet.
- Kartlegge direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen, inkludert menneskelige, tekniske og organisatoriske aspekter og samspillet mellom disse, av betydning for hendelsen
- Identifisere anbefalinger for å hindre at lignende hendelser skjer igjen

Granskingsrapporten utarbeidet av DNV, i tillegg til dette brevet, utgjør vår redegjørelse for hendelsen etter Damsikkerhetsforskriftens § 7 – 11.
Granskingsrapporten er vedlagt.

Hendelsesforløp og årsak

Hendelsen og årsaken til denne er beskrevet i vedlagte granskningsrapport. Under følger utdrag fra rapportens kapittel 1:



Den direkte årsaken til at flomlukene på Braskereidfoss ikke ble åpnet da vannstanden steg, er manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå på overvann. Braskereidfoss kraftverk er ubemannet, og overvåkes og kontrolleres normalt fra driftssentralen på Lillehammer. Det var flere alarmer i løpet av natten som varslet om at vannstanden var stigende, men operatørene på driftssentralen ble ikke oppmerksom på disse alarmene.

I løpet av natten var det heller ikke driftspersonell til stede på Braskereidfoss som kunne ha observert stigende vannstanden og aktivert flomlukene lokalt.

Det er konkludert med at det ikke var feil eller svikt i tekniske systemer som førte til hendelsen.

Det er flere bakenforliggende årsaker til at situasjonen ikke ble oppdaget. Disse er å finne i menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold, og ikke minst i samspillet mellom disse.

Når man ser de bakenforliggende årsakene i sammenheng, er det mulig å forstå hvorfor hendelsen kunne oppstå. I denne sammenheng blir det ikke relevant å snakke om «menneskelig svikt» eller «feilhandling», men heller et system som totalt sett ikke er robust nok til å håndtere et scenario som ekstremværet «Hans». Den manglende handlingen og som førte til at flomlukene ikke ble åpnet, må betraktes som en konsekvens av sårbarheter i systemet, og ikke som en årsak til hendelsen.

Oppfølging etter utført revurdering og omtalt avvik i denne

Det ble i 2016-2018 gjennomført en grundig undersøkelse og tilstandsanalyse av dammen på Braskereidfoss i forbindelse med revurdering av dammen etter damsikkerhetsforskriften § 7-5. Revurderinger skal gjøres hvert 20. år for dammer i konsekvensklasse 1.

Hendelsen på Braskereidfoss avdekket ikke nye vesentlige svakheter eller avvik ved anlegget ut over det som var beskrevet i revurderingen.

Revurderingen er gjort med en 1000 års-flom som det dimensjonerende tilfelle, men etter at dammen er nedklassifisert til klasse 1 er det 500 års-flom som er dimensjonerende. Vi legger til grunn at denne endringen har lite å si for konklusjonene i revurderingen. Vi ser imidlertid at funksjonssikkerheten til lukene er noe mangelfullt vurdert i revurderingen.

Tross avvikene fra revurderingene ble anlegget vurdert som rimelig robust. Anlegget er dimensjonert for 3500 m³/s, og erfaringer fra 1995-flommen tilsier at denne vannføringen kan avledes uten større problemer, og at anlegget trolig har noe større avledningskapasitet enn hva det er dimensjonert for. Lukene kjøres regelmessig og vi



har gode driftserfaringer med lukene. Hendelsen den 09.08.2023 er et scenario som ikke er identifisert og vurdert i våre risiko- og sårbarhetsanalyser.

Avvik avdekket i revurderingen var ikke lukket i forkant av hendelsen 09.08.2023. NVE godkjente revurderingen med vilkår 03.01.2023. Man har i etterkant av godkjent revurdering begynt å se på tekniske løsninger som ville lukket avvikene. Det poengteres at de stedlige forholdene gjorde det utfordrende å finne løsninger som oppfylte alle krav i forskrift.

Risikoanalysen fra 1992, jf. Rapport nr.6, del I

I deres brev av 13.09.2023 ble det bedt om at risikoanalysen fra 1992 ble vurdert, og at hvordan funnene er blitt fulgt opp. Dette er særlig redegjort for i granskingsrapporten fra DNV, der det er konkludert med at:

Disse svakhetene har ikke vært medvirkende til at flomlukene ikke ble åpnet som normalt da vannstanden steg i løpet av natten 9. august. Det kan imidlertid ikke utelukkes, at dersom disse forholdene hadde blitt utbedret etter anbefalinger, kunne skadeomfanget ha vært begrenset.

De foreslåtte tiltakene fra denne rapporten fra Prosjekt damsikkerhet er i det vesentligste fulgt opp, og det aller viktigste er at vi har gått over til en døgnbemannet driftssentral. De ulike temaene fra rapporten er omhandlet i DNVs rapport og disse gjentas derfor ikke her.

Midlertidige tiltak på damanlegg

Flomluker 4 og 5 skal heves til åpen stilling og sikres, etter planen i løpet av året. Flomluke 3 er skjevkjørt og har skader. Denne vil trolig bli satt ned for reparasjon.

Vi har gjort overslag med overløpsformelen og kommer til at vi med ca.160 meter åpning (flomluker og bruddåpning), kan avlede de flommer som kan forventes i perioden frem til dammen blir gjenoppbygd med relativ lav flomstigning.

Sikkerhetstiltak for 3.person er utført. Adkomst på begge sider av dammen er sperret med gjerder. Det er også gjennomført risikovurdering i forhold til dagens situasjon

På fyllingsdammen planlegger vi å grave ned bruddkanten. Videre planlegger vi å sikre foten av bruddkanten med en steinfylling/plastring for å forhindre videre erosjon av dammen. Disse arbeidene vil gjennomføres i løpet av høsten så raskt vi har varslet nødvendig myndighet om arbeidene.

Sikkerhet for 3. person

Det er gjennomført en risikovurdering hvor følgende tiltak er beskrevet:

- Skiltplan er revidert.



- Skilt i tillegg til sperring av vei inn på damanlegget på begge sider.
- 2 meter høye anleggsgjerder og skilt adgang forbudt.
- Bruddfronten i fyllingsdam.

Gjennomførte og planlagte tiltak i etterkant av hendelsen.

Som selskap er vi opptatt av å ta læring av hendelsen for å hindre tilsvarende situasjoner. Vi har i etterkant av hendelsen gjennomført flere tiltak for å heve sikkerheten ved våre anlegg. Videre har vi lagt planer for ytterligere tiltak. Under følger liste over tiltak som er gjennomført, tiltak som er planlagt gjennomført og tiltak som vil bli utredet.

Vi vil også dele læringen fra hendelsen med resten av bransjen, slik at noe liknende ikke skjer igjen.

Gjennomførte tiltak

- Justert grense for bemanning på Braskereidfoss
- Ekstra operativ overvåkningsenhet ved stor flom og beredskap på nivå hevet eller full
- Oppbemanning av driftssentralen i beredskapssituasjoner
- Forbedret oversikt over utsatte anlegg
- Evaluering av «Hans» og hendelsen på Braskereidfoss

Planlagte tiltak

- Forbedre brukergrensesnittet på Driftssentralen
- Tilrettelegging for deling av arbeidsflater i vassdragsavsnitt
- Øke antallet fullverdige arbeidsplasser for operatører på Driftssentralen
- Tydeliggjøre signalene Høy og Kritisk Høy vannstand for Braskereidfoss
- Etablere nødregulator for luker på Braskereidfoss
- Etablere/forbedre nødopptrekk på luker Braskereidfoss
- Sikre kraftstasjonene, nødaggregat og lukehusene mot drukning
- Tiltak for å hindre overtopping på lamelldam
- Systematisk gjennomgang av sikkerhet og barrierefunksjoner på selskapets anlegg
- Systematisk gjennomgang av signalomfang og måleverdier for selskapets dam – og kraftverksanlegg
- Sikre helhetlig risikostyring for Drift

Tiltak som må utredes

- Gjennomgang og beslutning om eventuell endring av turnusplan og bemanning Driftssentral. Herunder planer for oppbemanning i beredskapssituasjoner



Bilder

Det ble i forbindelse med hendelsen også tatt en del bilder som viser situasjonen bedre enn kun tekst. Vi legger disse ved.

Vedlegg

Det er fire vedlegg til dette notatet:

1. DNVs granskningsrapport
2. Granskingsrapporten, sladdet iht. beredskapsforskriften
3. Hendelsesforløpet
4. Bilder fra hendelsen

Granskingsrapporten inneholder noe detaljert informasjon om tekniske løsninger, bemanning og organisering ved driftssentralen på Lillehammer, som vi mener bør sladdes iht. kraftberedskapsforskriften. Vi legger ved en versjon der vi har sladdet.

Multiconsults leveranse til DNV, som er vedlagt granskingsrapporten, er merket med unntatt offentlighet. Vi mener innholdet ikke er sensitivt, fordi dam Braskereidfoss er i konsekvensklasse 1.

Med vennlig hilsen

Hafslund Eco Vannkraft AS

Kristin Lian

Administrerende direktør

Dette dokumentet er godkjent elektronisk og ekspedert uten underskrift

GRANSKNINGSRAPPORT

Braskereidfoss

Hendelse 9. august 2023

Hafslund Eco Vannkraft AS

Rapportnr.: 2023-4089, Rev. 01

Dokumentnr.: 2010341

Dato: 2023-11-17



Prosjektnavn: Granskningsrapport
 Rapporttittel: Braskereidfoss
 Hendelse 9. august 2023
 Oppdragsgiver: Hafslund Eco Vannkraft AS, Harbitzalléen 5, 0275
 OSLO, Norway
 Kontaktperson: Kristin Lian
 Dato: 2023-11-17
 Prosjektnr.: 10456598
 Org. enhet: Field Development and Asset Risk Nordics-4100-NO
 Rapportnr.: 2023-4089, Rev. 01
 Dokumentnr.: 2010341
 Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

DNV AS Energy Systems
 Field Development and Asset Risk
 Nordics-4100-NO
 Veritasveien, 1363 Høvik, Norway
 Tel:
 945 748 931

Oppdragsbeskrivelse:

DNV har utført granskning av hendelse ved Braskereidfoss kraftverk. 9. august 2023.

Utført av:

Stage,
Christian

Christian Stage
Principal Consultant

Harestad,
Marita

Marita Harestad
Senior Consultant

Hjørungdal, Tor Stian

Tor Stian Hjørungdal
Consultant

Verifisert av:

Pamphlett,
Dawn

Dawn Pamphlett
Principal Consultant

Godkjent av:

Gravdahl,
Sverre

Sverre Gravdahl
Head of Section

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV 2023. Alle rettigheter forbeholdes DNV. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning.

Informasjonen i dette dokumentet er klassifisert som:

☐ Open

☐ DNV Restricted

☒ DNV Confidential*

☐ DNV Secret*

*Flere personer som er autorisert til å distribuere dette dokumentet internt i DNV:

Kan dokumentet bli distribuert internt i DNV etter en gitt dato?

☒ NEI

☐ JA

Keywords

Granskning, vannkraft, kraftverk, dambrudd

Rev. no.	Date	Reason for issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	2023-10-30	First issue	CSTAGE, MHARE, TORHJO	DAWPAM	SVERG
01	2023-11-17	First revision	CSTAGE, MHARE, TORHJO	DAWPAM	SVERG

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	1
2	INTRODUKSJON	4
3	DNVS GRANSKNING	6
3.1	Formål og mandat for granskningen	6
3.2	Avgrensninger	6
3.3	Metode	7
3.4	Gjennomføring	7
3.5	Informasjonskilder	8
3.6	Granskningsgruppen	9
4	BAKGRUNNSINFORMASJON	10
4.1	Driftsorganisasjon	10
4.2	Beredskapsledelse	11
4.3	Driftssentral	12
4.4	Braskereidfoss kraftverk	13
4.5	Luker	15
4.5.1	Flomluker	16
4.5.2	Tømmerluke	17
4.5.3	Bunnluke	18
4.6	Driftskontrollsystem	19
4.6.1		20
4.6.2		22
4.6.3	Aveva PI Vision	22
5	HENDELSEN	23
5.1	Faktaopplysninger	23
5.2	Ekstremværet «Hans»	24
5.3	Bilder fra hendelsen	25
5.4	Grafisk presentasjon av lukebevegelser og vannstand	29
5.5	Hendelsesforløp	31
5.6	Informasjonsflyt i driftskontrollsystemet	43
5.6.1	Kommandologg fra driftssentral	46
5.6.2	Signal og alarmlogg til driftssentral	47
5.6.3	Lukeoperasjoner	48
5.6.4	Evalueringsinformasjonsflyt i driftskontrollsystemet	50
6	ÅRSAKSANALYSE	51
6.1	Direkte årsaker	51
6.1.1	Manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå overvann	51
6.2	Bakenforliggende årsaker	51
6.2.1	Sårbarhet i barrierefunksjonen «åpne flomluker»	51
6.2.2	Sårbarheter i driftssentralen	52
6.2.3	Ekstraordinært stor arbeidsbelastning i driftssentralen	53
6.2.4	Arbeidsrelatert fatigue hos operatører i driftssentralen	55
6.2.5	Svakheter i brukergrensesnittet til driftskontrollsystemet i driftssentralen	56
6.2.6	Mangelfull risiko- og situasjonsforståelse rundt ekstremværet	57
6.2.7	Tekniske sårbarheter i design av Braskereidfoss	59
6.3	Vurdering av andre mulige medvirkende årsaker	60
6.3.1	Teknisk svikt i flomluker eller driftskontrollsystem	60
6.3.2	Feiloperering av flomluker	60

6.3.3	Manglende kompetanse eller erfaring	60
6.3.4	Manglende, feil eller for sen reaksjon da hendelsen ble oppdaget	60
7	KONKLUSJON / SAMMENFATNING.....	62
8	ANBEFALINGER	64
8.1	Sikre helhetlig risikostyring for Drift	64
8.2	Robustgjøre barrierefunksjonen «åpne flomluker» for Braskereidfoss	65
8.3	Robustgjøre driftssentralen for beredskapssituasjoner	65
8.4	Revurdere turnusordningen for driftssentralen	66
8.5	Forbedre brukergrensesnittet for driftskontrollsystemet i driftssentralen	66
8.6	Bemanning av anlegget i flomsituasjon	66
8.7	Tekniske anbefalinger for Braskereidfoss	67
9	FORKORTELSER OG DEFINISJONER.....	69
10	DOKUMENTASJON.....	71
11	REFERANSER.....	72
Appendix A	DELRAPPORT: Braskereidfoss kraftverk - Granskning systemsvikt og dambrudd (Multiconsult)	

1 SAMMENDRAG

DNV er engasjert av Hafslund Eco Vannkraft til å gjennomføre en granskning av hendelsen på Braskereidfoss kraftverk onsdag 9. august 2023. Ekstremværet «Hans» i august 2023 var et sjeldent værphenomen som skapte en flom som i styrke og intensitet førte til svært rask utvikling og økt vannføring. Innlandet fikk de største nedbørmengdene og både styrken og intensiteten til Hans overgår en vanlig flomsituasjon som organisasjonen er vant til å håndtere.

Granskningen har avdekket hvorfor flomlukene i dammen ikke ble åpnet som normalt, da vannføringen i Glomma steg i løpet av natten. Hendelsen resulterte i at dammen ble overflommet, kraftverket ble satt under vann og til slutt brudd på fyllingsdammen.

Mandatet for granskningen var:

- Dokumentere hendelsesforløpet.
- Kartlegge direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen, inkludert menneskelige, tekniske og organisatoriske aspekter og samspillet mellom disse, av betydning for hendelsen.
- Identifisere anbefalinger for å hindre at lignende hendelser skjer igjen.

Formålet med granskningen er å ta læring fra hendelsen og forbedre sikkerheten knyttet til dammer.

Den direkte årsaken til at flomlukene på Braskereidfoss ikke ble åpnet da vannstanden steg, er manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå på overvann. Braskereidfoss kraftverk er ubemannet, og overvåkes og kontrolleres normalt fra driftssentralen på Lillehammer. Det var flere alarmer i løpet av natten som varslet om at vannstanden var stigende, men operatørene på driftssentralen ble ikke oppmerksom på disse alarmene.

I løpet av natten var det heller ikke driftspersonell til stede på Braskereidfoss som kunne ha observert stigende vannstanden og aktivert flomlukene lokalt.

Det er konkludert med at det ikke var feil eller svikt i tekniske systemer som førte til hendelsen.

Det er flere bakenforliggende årsaker til at situasjonen ikke ble oppdaget. Disse er å finne i menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold, og ikke minst i samspillet mellom disse.

De bakenforliggende årsakene som har blitt avdekket er (oppsummert i kortform):

- **Sårbarhet i barrierefunksjonen «åpne flomluker»:** Det er kun én barrierefunksjon som kan hindre at Braskereidfoss blir overflommet ved stor vannføring: «Åpne flomlukene». Denne barrierefunksjonen er igjen avhengig av ett enkelt operasjonelt barriereelement, som er «operatør driftssentral», som må aktivere lukene. Det finnes ingen automatisk nødregulering, eller andre mekanismer, som inntreffer dersom det operasjonelle barriereelementet av en eller annen grunn skulle utebli.
- **Sårbarhet i driftssentralen:** Driftssentralen opereres normalt av [REDACTED] 24 timer i døgnet. Det er ikke godt tilrettelagt for oppbemanning av driftssentralen [REDACTED] beredskapssituasjoner, verken når det gjelder organisering av arbeidet, fysisk innretning av arbeidsstasjonen, eller driftskontrollsystemet. Det gjennomføres ikke beredskapsøvelser som er rettet direkte mot driftssentralen, der det trenes på scenarioer med omfattende hendelser på flere anlegg og der operatørene blir utfordret på mer krevende situasjoner.
[REDACTED]
- **Ekstraordinært stor arbeidsbelastning i driftssentralen:** Ekstremværet «Hans» utviklet seg svært hurtig over et stort geografisk område. I løpet av natten var det flere kritiske situasjoner i andre områder som ble

håndtert fra driftssentralen. Informasjonsmengden og antall alarmer var svært høyt, som medførte at det var vanskelig å få overblikk over situasjonen og agere på alle relevante alarmer.

- **Arbeidsrelatert *fatigue* hos operatørene på driftssentralen:** [REDACTED]
[REDACTED] Kombinert med stor arbeidsbelastning og høyt stressnivå, legges det til grunn at det har gjort seg gjeldende en grad av fysisk utmattelse og redusert mental kapasitet hos operatørene, noe som igjen kan føre til økt risiko for feilvurderinger og feilhandlinger.
- **Svakheter i brukergrensesnittet til driftskontrollsystemet i driftssentralen:** Systemet gir ikke et tilstrekkelig godt situasjonsbilde [REDACTED] til at operatørene har mulighet for å håndtere hendelser i en beredskapssituasjon. Enkelte varsler for Braskereidfoss er ikke er godt nok definert, spesielt gjelder det varsler for høy og kritisk høy vannstand.
- **Mangelfull risiko- og situasjonsforståelse rundt ekstremværet:** I beredskapsforberedelsene ble det vurdert at det ikke var nødvendig med permanent bemanning på Braskereidfoss i løpet av natten, men driftspersonell var på stedet og så til anlegget rundt midnatt før de dro videre. En antakelse som har ligget til grunn for denne vurderingen er at driftssentralen fungerer som forventet og har kapasitet til å følge med på situasjonen, og vil reagere raskt og kalle ut personell ved behov. Natt til 9. august skjedde ikke dette. De samlede effektene av ekstremværet ble således undervurdert.
- **Tekniske sårbarheter i design av Braskereidfoss:** Det er avdekket flere sårbarheter i designet av Braskereidfoss-anlegget. Flere av disse ble påpekt i Prosjekt Damsikkerhet i 1992, inkludert anbefalinger om risikoreduserende tiltak. Noen av disse svakheterne er blitt utbedret siden 1992, andre ikke. Disse svakheterne har ikke vært medvirkende til at flomlukene ikke ble åpnet som normalt da vannstanden steg i løpet av natten 9. august. Det kan imidlertid ikke utelukkes at dersom disse forholdene hadde blitt utbedret etter anbefalinger fra 1992, så kunne skadeomfanget ha vært begrenset. De viktigste sårbarhetene som er identifisert er:
 - Ved situasjon hvor ingen av de tre flomluker åpner vil vannstanden stige raskt og overtoppe lamelldammen etter relativt kort tid. Dette vil igjen føre til inntrengning av vann inn i kraftstasjonen, med påfølgende stans av aggregat.
 - Lukehusene er sårbare for vanninntrenging ved flom, både via flottørrøret for vannstandsmåling og direkte gjennom mannlukene. Lukehusene har begrenset dreneringskapasitet. Ved vanninntrenging kan motorene som driver lukene bli satt ut av drift, slik det skjedde 9. august.
 - Eget nødopptrekk for lukene, der lukene kan åpnes uavhengig av det nåværende opptrekkssystem, er ikke montert.
 - Braskereidfoss kraftstasjon er utstyrt med eget permanent fastmontert nødstrømsaggregat. Aggregatet er plassert på gulv fire meter lavere enn toppen av lamelldammen. Når vannet rant over lamelldammen og etter hvert strømmet inn i kraftstasjonen, ble også aggregatrommet delvis fylt med vann og satte aggregatet ut av drift.

Når man ser de bakenforliggende årsakene i sammenheng, er det mulig å forstå hvorfor hendelsen kunne oppstå. I denne sammenheng blir det ikke relevant å snakke om menneskelig svikt eller feilhandling, men heller et system som totalt sett ikke er robust nok til å håndtere et scenario som ekstremværet «Hans». Samlet sett kan vi si at Hafslund Eco Vannkraft ikke var forberedt på de samlede effektene av «Hans». Det er gjennom granskningen avdekket svakheter rundt menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold som bør gjennomgås og forbedres, for å hindre at lignende hendelser skal skje igjen.

Basert på årsaksanalysen er det gjort følgende anbefalinger (oppsummert i kortform):

- **Sikre helhetlig risikostyring for Drift:** Det anbefales å styrke prosessene for risikostyring for å være bedre rustet til å møte kommende ekstremværsituasjoner. Risikostyring bør foretas både på et overordnet nivå og for spesifikke beredskapssituasjoner, slik at man ser driftsfunksjonen under ett, med tanke på robusthet i både menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold. Risiko knyttet til mulige endringer i karakteren av ekstremvær bør også inngå.
- **Robustgjøre barrierefunksjonen «åpne flomluker» for Braskereidfoss:** Det bør etableres en automatisk nødregulator, som tar over dersom den operasjonelle handlingen fra driftssentralen uteblir, og som aktiverer flomlukene ved stigende vannstand over HRV. Et annet mulig tiltak som bør vurderes, er at varsel om kritisk høy vannstand også sendes direkte til driftspersonell på vakt, slik at man sikrer minst to uavhengige barriereelementer som kan ta aksjon og åpne flomlukene.
- **Robustgjøre driftssentralen for beredskapssituasjoner:** Bemanningssituasjonen bør styrkes, slik at man har nødvendige ressurser til å kunne operere driftssentralen med tilstrekkelig grad av margin i beredskapssituasjoner. Det bør tilrettelegges bedre for at [REDACTED] kan arbeide sammen på driftssentralen. Det bør implementeres relevante beredskapsøvelser og beredskapstrening for driftssentralen, som gjenspeiler reelle flomsituasjoner som «Hans».
- **Revurdere turnusordningen for driftssentralen:** Dagens turnusordning, som inkluderer to 16 timers skift med 8 timers hviletid imellom, bør revurderes med tanke på om den tillater operatører tilstrekkelig grad av hvile og årvåkenhet som er påkrevd i arbeidet.
- **Forbedre brukergrensesnittet for driftskontrollsystemet i driftssentralen:** Det anbefales å gjennomføre en totalvurdering av alarm- og signalliste med henblikk på forenkling og forbedring av mulighetene til å kunne prioritere etter kritikalitet og/eller responstid. Det er også gitt forslag til enkelte spesifikke alarmer som bør endres, spesielt gjelder det varsler for høy og kritisk høy vannstand.
- **Bemanning på anlegget i flomsituasjon:** Dagens instruks sier at kraftverket/damanlegget ved Braskereidfoss skal bemannes ved vannføring på 1800 m³/s. Anbefalingen er å bemanne anlegget tidligere, altså ved mindre flommer enn dette. Permanent bemanning bør være til stede gjennom intense flommer, som «Hans», mens vaktrunder kan være tilstrekkelig ved sesongflommer (snøsmelting/vårflommer) som normalt har et lengre tidsforløp.
- **Tekniske anbefalinger for Braskereidfoss:** Oppsummert anbefales følgende tekniske risikoreduserende tiltak:
 - Etablere hydraulisk aktuert opptrekk på flomlukene ved Braskereidfoss.
 - Etablere system for automatisk åpning av flomlukene ved flom.
 - Etablere nødopptrekk på flomlukene.
 - Bærbar drill på eksisterende maskineri som reserveløsning.
 - Tiltak for å hindre overtopping på lamelldam.
 - Tiltak for å sikre kraftstasjonene og lukehusene bedre mot drukning.

Selv om anbefalingene er basert på erfaringene fra Braskereidfoss-hendelsen, vil det være overføringsverdi til andre dammer og andre driftssentraler.

2 INTRODUKSJON

Under ekstremværet «Hans» i august 2023 var det store nedbørsmengder i Innlandet. Hafslund Eco Vannkraft hadde hevet beredskapen. Det var kalt inn ekstra mannskaper til å håndtere situasjonen ute ved anleggene. På driftssentralen, som opererer [REDACTED] i Regionen, var bemanningen økt [REDACTED]

Rundt midnatt 9. august var mannskaper på Braskereidfoss og så til situasjonen der. Etter å ha vært i telefonisk kontakt med driftssentralen, dro de videre til andre anlegg i området. Kraftverket var deretter ubemannet.

I løpet av natten var vannføringen i Glomma sterkt økende og vannstanden ved Braskereidfoss kraftverk steg over høyeste regulerte vannstand (HRV). Normalt skal flomlukene ved kraftverket åpnes etter hvert som vannføringen øker, slik at vannet renner forbi og ikke samler seg opp ovenfor dammen. Dette skjedde imidlertid ikke. I løpet av natten flommet dermed vannet over lukene og etter hvert inn i kraftverket. Begge aggregatene gikk i stans.

Rundt kl. 06:20 ble mannskaper kontaktet av driftssentralen på bakgrunn av et varselsignal fra kraftverket. Da de kom frem til Braskereidfoss omkring kl. 06:45 flommet vannet over flomlukene og vannstanden var fortsatt stigende. Det ble gjort forsøk på å åpne lukene lokalt, men uten hell. Mannskapene stengte fylkesveien som går over dammen og tilkalte Politiet, som bistod på stedet. Vannstanden steg etter hvert over fylkesveien som passerer over dammen. I 13-tiden ble det besluttet av politiet å stanse all aktivitet på broen, da det ble vurdert som for risikofyllt å gjøre ytterligere operasjon der.

kl. 16:30 gikk fyllingsdammen ved siden av kraftverket til brudd. Bruddet i fyllingsdammen gav tilstrekkelig avrenning forbi kraftverket og vannstanden sank igjen.

Skadeomfanget var primært av materiell art. Ingen personer kom fysisk til skade under hendelsen.



Bilde 1 Braskereidfoss kraftverk, 9. august 2023, kl. 12.16. Vannet strømmer over flomlukene og lamelldammen og inn i de to kraftstasjonene (Foto Politiet / Kilde NVE).

DNV AS er engasjert av Hafslund Eco Vannkraft AS for å gjennomføre en granskning av hendelsen. Denne rapporten beskriver resultatene av granskningen.

Granskningen dekker forholdene rundt flomlukene og hvorfor disse ikke ble åpnet i løpet av natten. Brudd på fyllingsdammen har således ikke vært evaluert i denne granskningen.

DNV har samarbeidet med Multiconsult AS som har bistått i vurdering av det tekniske systemet tilknyttet flomlukene og representerer NVE-godkjent fagkompetanse (Fagområde III Stenge-/tappeorganer, rør og tverrslagsporter). Multiconsults arbeid er presentert i en egen delrapport. De viktigste funn og anbefalinger fra delrapporten er sammenfattet i hovedrapporten.

Selv om granskningen hovedsakelig har beskjeftiget seg med hendelsen og det som gikk galt, er det likevel viktig å presisere at det også var mye som fungerte og som ble håndtert på en god måte under ekstremværet Hans. Vi tar utgangspunkt i at alle involverte har gjort sitt beste basert på sin situasjonsforståelse og de forutsetningene som var gitt. Vi anser imidlertid at menneskelig feil er uunngåelig, og at sikkerhetskritiske systemer må etableres med en tilstrekkelig grad av robusthet til at de kan håndtere feilhandlinger. Dette er DNVs innfallsvinkel til hendelser.

3 DNVS GRANSKNING

3.1 Formål og mandat for granskningen

DNV er engasjert av Hafslund Eco Vannkraft til å gjennomføre en granskning av hendelsen på Braskereidfoss kraftverk onsdag 9. august 2023 i forbindelse med ekstremværet «Hans».

Granskningen skal avdekke hvorfor flomlukene i dammen ikke ble åpnet som normalt, da vannføringen i Glomma steg i løpet av natten.

Mandatet for granskningen er:

- Dokumentere hendelsesforløpet.
- Kartlegge direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen, inkludert menneskelige, tekniske og organisatoriske aspekter og samspillet mellom disse, av betydning for hendelsen.
- Identifisere anbefalinger for å hindre at lignende hendelser skjer igjen.

Formålet med granskningen er å ta læring fra hendelsen og forbedre sikkerheten knyttet til dammer.

3.2 Avgrensninger

Følgende områder har ikke vært del av granskningen, og er kun behandlet overordnet og i den grad det anses som relevant i forhold til granskningsmandatet:

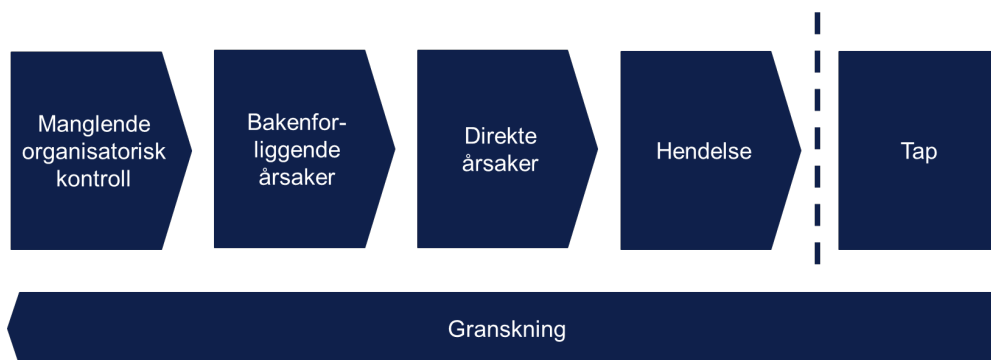
- Årsaker til bruddet på fyllingsdammen har ikke vært gjenstand for granskning, da dette emnet allerede anses å være tilstrekkelig belyst i revurderingsrapporten for Braskereidfoss 2018 /2/. Denne rapporten konkluderte med at: «Fyllingsdammen tilfredsstiller ikke krav til nødvendig fribord topptetning. Fyllingsdammen vil være utsatt for kraftig erosjon pga. overtopping ved en ulykkesflom. Det vurderes at dammen ikke vil tåle overtopping ved ulykkestilstand».
- Beredskap og hendelseshåndtering, inkludert kontakt med nødetater og sivilbefolkning, er ikke behandlet i denne rapporten, utover det som anses å være relevant i forhold til granskningsmandatet. Hafslund Eco Vannkraft gjennomfører en intern evaluering av beredskap og håndteringen av ekstremværet «Hans». Likeledes er vurdering av faktiske og potensielle konsekvenser av hendelsen heller ikke analysert i denne rapporten. En kort beskrivelse av faktiske konsekvenser finnes i kap. 5.1.
- Granskningen er tidsavgrenset frem til morgenen den 9. august ca. klokken 08:00, da overtopping av dammen og vanninntrengning i begge kraftverk var et faktum, og det ble konstatert at det ikke var mulig å operere flomlukene. Det ble fortsatt gjort tiltak og vurderinger utover dagen den 9. august etter kl. 08:00, bl.a. med tilkjøring av masser, beredskap med gravemaskin, vurdert sprengning ved hjelp fra Forsvaret etc.
- Det er ikke en del av mandatet eller formålet å vurdere etterlevelse av lover, forskrifter, regler, etc. Det er imidlertid foretatt en vurdering av om eventuelle tekniske avvik kan ha påvirket hendelsen.
- Eierskap og eierstruktur for Braskereidfoss kraftverk har endret seg siden kraftverket ble etablert i 1978. Den faktiske driftsorganisasjonen for kraftverket har imidlertid vært forholdsvis stabil, og flere ansatte har fulgt kraftverket gjennom flere år og under skiftende eier. Eierskap og eierstruktur er ikke et tema for granskningen, i denne rapporten benyttes konsekvent selskapsnavnet Hafslund Eco Vannkraft (HEV), selv om dette navnet først ble etablert i 2020 (pressemelding 2020-03-02) og selv om enkelte av de beskrevne aktivitetene skjedde under annet navn.

3.3 Metode

DNVs metode for granskning av hendelser og ulykker er SCAT, som står for Systematic Cause Analysis Technique. Metoden er opprinnelig utviklet av Bird og Germain (1985) og senere modifisert av DNV i sammenheng med «Loss Causation Model». SCAT er ment å hjelpe til med å forstå hvorfor ulykker inntreffer, og hva det er som må gjøres for å kontrollere årsakene.

SCAT metoden er illustrert i Figur 1 og består av følgende fire steg:

1. Beskrive type hendelse og konsekvenser
2. Identifisere direkte årsaker, så som tekniske feil eller operative feilhandlinger.
3. Identifisere bakenforliggende årsaker, det vil si årsakene som førte til overnevnte umiddelbare årsaker.
4. Identifisere svakheter ved styringssystemet (manglende organisatorisk kontroll) som førte til de bakenforliggende årsakene.



Figur 1 Oversikt over SCAT metoden («Loss Causation model»)

Årsaksanalyse er helt sentralt og avhenger av systematiske og sykliske prosesser knyttet til å utforske ulike bevis, utforme hypoteser og teste opp mot spesifikke kriterier, trekke slutninger, se på alternativer, innhente mer informasjon, og avslutningsvis å konkludere.

Både menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold vurderes. Metoden tar utgangspunkt i at menneskelig feil er uunngåelig og at sikkerhetskritiske systemer må utformes og robustgjøres ut fra denne forutsetningen.

Hensikten med SCAT er å bevege seg bakover med utgangspunkt i en tidslinje fra selve hendelsen/ulykken for å identifisere hvor organisasjonen mangler kontroll over årsakene som forårsaket selve hendelsen. Hendelsen avgrenses i tid gjennom en tidslinje og sentrale hendelser blir analysert. Til slutt pekes det på strukturelle trekk knyttet til styringssystem og forbedringstiltak. Kontrollområdene i SCAT er primært organisatoriske og gir et bilde på hvor god organisasjonen er på risiko- og sikkerhetsstyring.

3.4 Gjennomføring

Granskningen er gjennomført som en kombinasjon av intervju/møter med nøkkelpersoner, gjennomgang av dokumentasjon, analyse av systemer og teknologi.

Granskningen av hendelen har blitt gjennomført i 4 steg:

1. Besøk til Braskereidfoss kraftverk for observasjon av hendelsesstedet og intervju med driftspersonell.

2. Besøk på Hafslund Eco Vannkrafts kontor på Lillehammer, inkludert befaring på driftssentralen og intervjuer med sentrale roller i generell drift av Braskereidfoss, samt dem som var direkte deltakende under hendelsen.
3. Gjennomgang av tilsendt dokumentasjon og informasjonsmengden som ble samlet under intervjuene.
4. Videre oppfølging og intervjuer med etterspurte personer gjennomført over Teams.

I forkant og etterkant av stedsbesøket, har DNV fått tilgang til relevant styrende dokumentasjon for Hafslund og Braskereidfoss-spesifikk dokumentasjon som er etterspurt som grunnlag for granskningen.

Samarbeidet med Hafslund Eco Vannkraft har gjennom hele granskningen vært preget av stor grad av åpenhet og informasjonsdeling. DNV har fått rask tilgang til all etterspurt dokumentasjon, inklusive systemlogger og tilsvarende. Hafslund Eco Vannkraft har vært behjelpelige med alle forespørsler, som har blitt besvart raskt, godt og grundig.

DNV har gjennom granskningen hatt et løpende samarbeid med Multiconsult for å sikre omforent forståelse av elementer i hendelsen.

3.5 Informasjonskilder

Informasjonsgrunnlaget for granskningen består hovedsakelig av intervjuer og dokumentgjennomgang.

Det er gjennomført møter og intervju med over 20 personer, inkludert operativt, ledende og teknisk personell. Følgende personer/stillinger/roller har blitt intervjuet:

- Ledelse og Beredskapsledelse (5 personer)
- Driftspersonell på Braskereidfoss, inkludert kvelds- og morgenskiift
- Leder og operatører på driftssentral
- Systemansvarlige for driftskontrollsystem
- Vassdragsteknisk ansvarlig (VTA)
- Tekniske eksperter

Mottatt og gjennomgått informasjon inkluderer:

- Systemlogger
- Systemanalyser
- Systembeskrivelser
- Teknisk dokumentasjon
- Tilsyns- og vedlikeholdsdokumentasjon
- Telefonlogg
- Vaktlister
- Møtereferater
- Beredskapsplaner
- Etc.

For mer utfyllende oversikt over mottatt dokumentasjon, henvises til Kapittel 10.

3.6 Granskningsgruppen

Granskningsgruppen har bestått av følgende deltakere:

Tabell 1 Granskningsgruppens sammensetning

Navn	Rolle	Selskap
Christian Stage	Granskningsleder	DNV
Tor Stian Hjørungdal	Deltaker	DNV
Marita Harestad	Deltaker	DNV
Kurt Benonisen	Deltaker, Leder Teknisk delrapport (Appendix A)	Multiconsult
Vegar Tviberg	Deltaker	Multiconsult
Sverre Gravdahl	Prosjektponsor	DNV
Dawn Pamphlett	Kvalitetsansvarlig	DNV

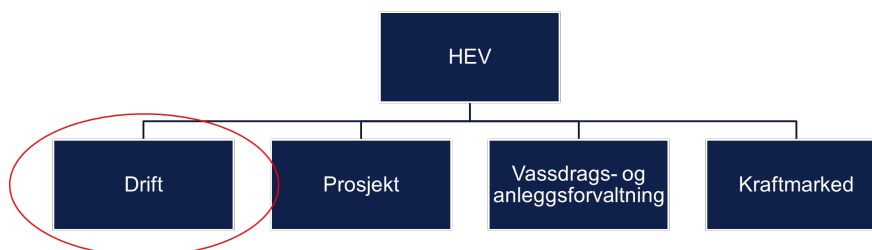
4 BAKGRUNNSINFORMASJON

Dette kapittelet gir en kort beskrivelse av anlegg, utstyr, systemer og organisasjon som var involvert i hendelsen.

4.1 Driftsorganisasjon

Hafslund Eco Vannkraft er en del av Hafslund-konsernet og har totalt om lag 440 ansatte. Totalt eier og driver selskapet helt eller delvis over 80 kraftanlegg i Sør-Norge og er Norges nest største kraftprodusent.

Hafslund Eco Vannkraft er inndelt i fire hovedområder:

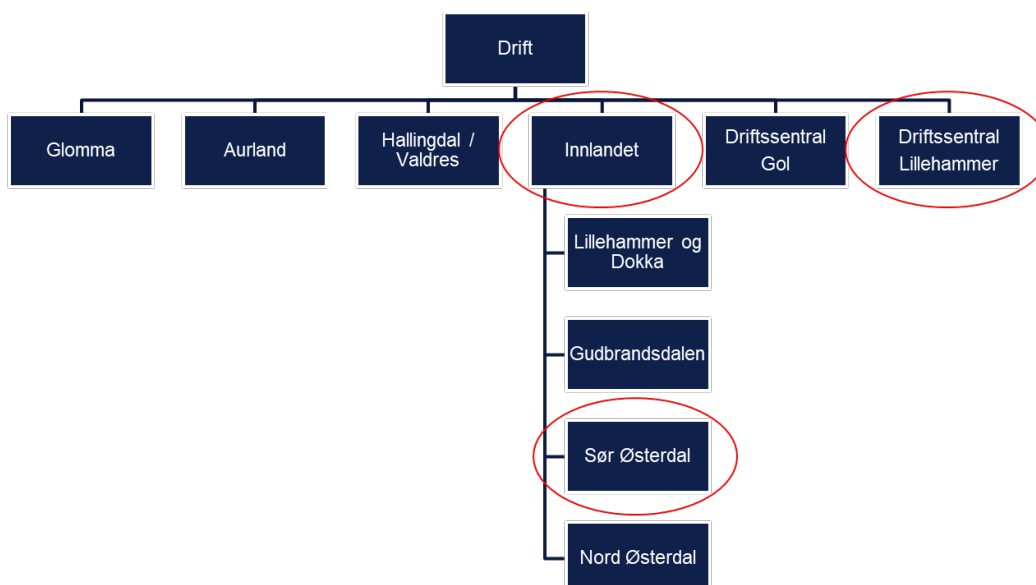


Figur 2 Hafslund Eco Vannkraft organisatoriske hovedområder

Drift er det største av de fire områdene, med om lag 220 ansatte.

Det er hovedsakelig kun Drift som var direkte involvert i hendelsen 9. august og derfor også denne delen av organisasjonen som beskrives her. Ansatte i andre områder har også bidratt vesentlig til granskningen.

Drift er inndelt i 4 regioner og 2 driftssentraler.



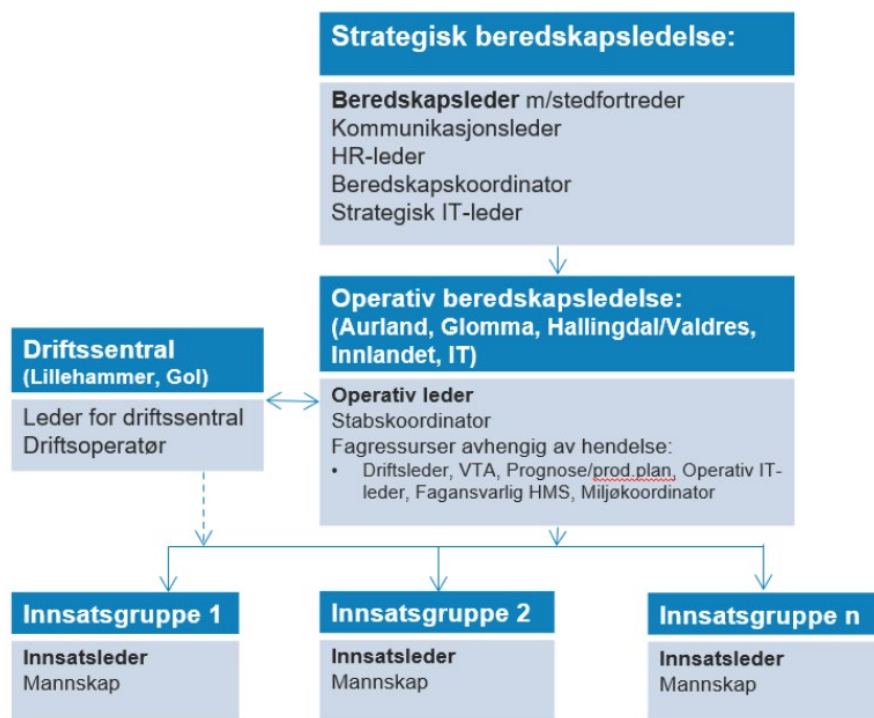
Figur 3 Hafslund Eco Vannkraft driftsorganisasjon

De mest relevante avdelingene under Drift er:

- Driftssentral Lillehammer
- Kraftverksområde Innlandet, som består av 4 områder, der Braskereidfoss hører inn under region Sør-Østerdal.
- Sør-Østerdal inkluderer 7 kraftverk, 4 inntaksdammer i Glomma og 5 mindre reguleringsdammer/inntaksdammer. Det er 19 ansatte (driftspersonell/vedlikehold). De tre «Elverumsverkene» Strandfossen, Skjefstadfoss og Braskereidfoss har felles Stasjonsleder. Det er således ingen i Drift som utelukkende er dedikert til Braskereidfoss.

4.2 Beredskapsledelse

Beredskapsledelsen er delt inn i tre nivåer: Strategisk beredskapsledelse (3. linje), Operativ beredskapsledelse (2. linje), Innsatsledelse (1. linje). Dette er illustrert i Figur 4.



Figur 4 Beredskapsledelse

Innsatsgrupper står for den fysiske krisehåndteringen (1. linje). Innsatsgruppene er underlagt offentlig myndighet, dvs. innsatsleder/skadedestedsleder (politi, brann, ambulanse).

Driftssentralen inngår i den operative beredskapsledelsen (2. linje). De omfatter blant annet å ta de operative beslutningene og koordinerer innsatsarbeidet.

Hafslund Eco Vannkraft har en egen Leder Beredskap / Beredskapskoordinator, med ansvar for selskapets organisasjon, trening og prosedyrer for beredskap (3. linje).

Det opereres med fire beredskapsnivåer: Grunnberedskap, Lett beredskap, Hevet beredskap og Full beredskap.

- 1) Grunnberedskap er den daglige beredskap. Dette er normalsituasjonen, og omtales derfor ikke i Beredskapsplanen. Daglige hendelser ivaretas av linjeorganisasjon med ordinære vakt- og påkallingsordninger.

Utover grunnberedskap er de 3 andre beredskapsnivåene nivåene definert som følger:

- 2) Lett beredskap: Beredskapsorganisasjonen mobiliseres på ett eller to nivå. Lett beredskap settes ved unormale hendelser som krever ressurser utover grunnberedskap og ved hendelser med moderat skadepotensial. Det avholdes beredskapsmøter ukentlig eller oftere. Eksempler på lett beredskap er en moderat flomsituasjon som krever ekstra innsatsmannskaper med koordinering på innsatsnivå og operativt nivå i en begrenset del av organisasjonen, men uten behov for mobilisering på innsatsnivå.
- 3) Hevet beredskap: Beredskapsorganisasjonen mobiliseres på to eller tre nivå. To nivå kan enten være strategisk og operativt eller operativt og innsatsnivå. Hevet beredskap settes ved alvorlige hendelser eller stort skadepotensial. Det avholdes beredskapsmøter daglig eller oftere.
- 4) Full beredskap: Hele beredskapsorganisasjonen er mobilisert og det er døgnkontinuerlig krisehåndtering. Full beredskap settes ved katastrofale hendelser og trusler med omfattende skadepotensiale.

Under «Hans» ble beredskapen den 7. august om morgenen satt til nivå «Hevet», som er det nest høyeste. Hevet beredskap settes ved alvorlige hendelser eller stort skadepotensial. Det avholdes beredskapsmøter daglig eller oftere.

Ny revisjon av Hafslund Eco Vannkrafts beredskapsplan (rev 8) ble utgitt 11.07.2023.

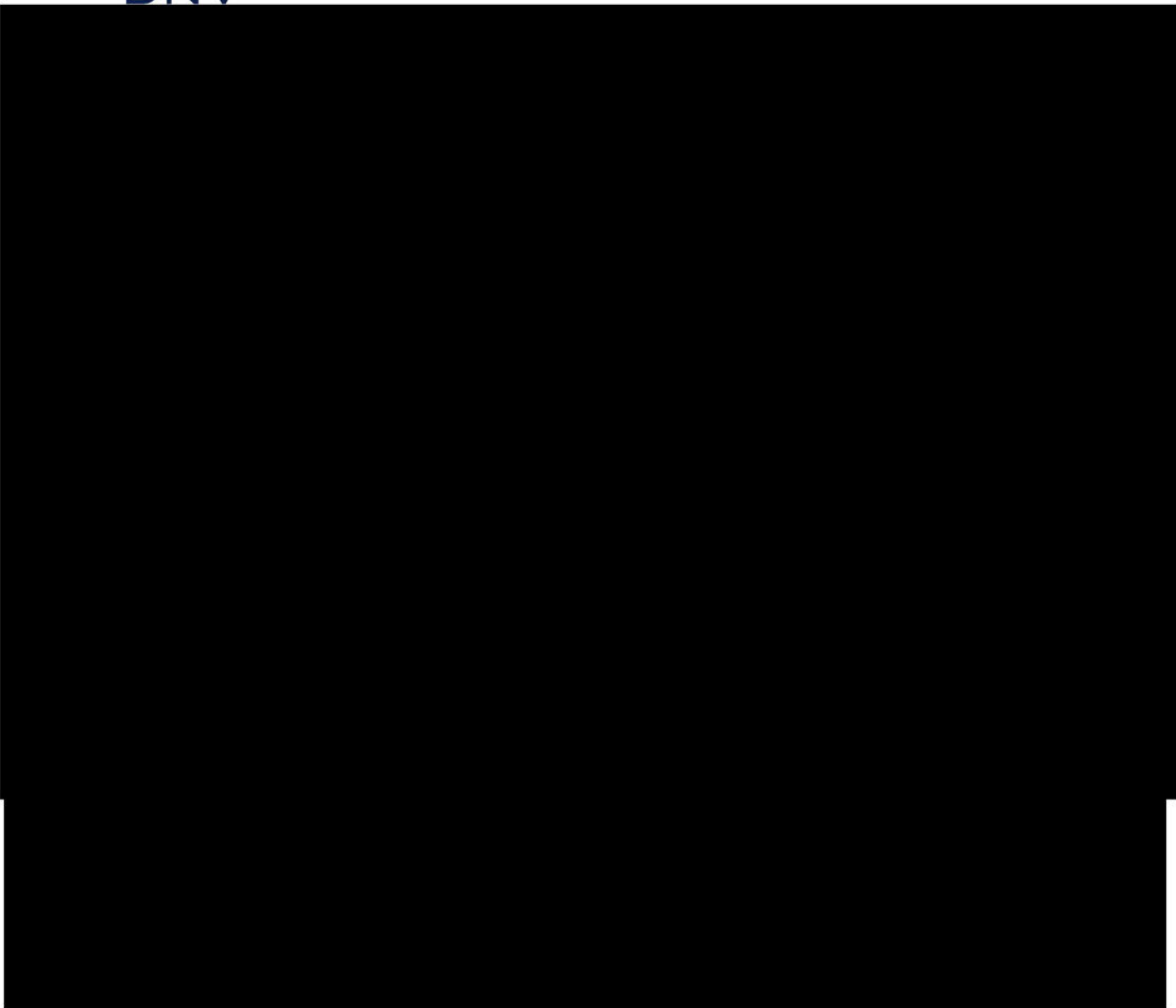
4.3 Driftssentral

Braskereidfoss Kraftverk opereres i det daglige fra driftssentralen [REDACTED]

Fra driftssentralen overvåkes omfattende informasjon fra anleggene [REDACTED]

Normal bemanning er [REDACTED] 24 timer i døgnet.

De tre flomlukene og bunnluken opereres normalt fra driftssentralen, men kan også opereres lokalt fra kraftstasjonen. Tømmerluken, som er den minste av lukene, kan kun opereres lokalt.



4.4 Braskereidfoss kraftverk

Braskereidfoss kraftverk er et elvekraftverk i Våler kommune i Innlandet fra 1978. Kraftverket utnytter fallet på 9 meter i Glomma. Årsproduksjonen er om lag 170 GWh. Dammen er fra 1978 og er bygd dels som betongdam, dels som fyllingsdam og er kombinert med veibro. Kraftverket består av følgende hovedelementer:

- Braskereidfoss 1, rørturbinaggregat fra 1978, med ytelse 23 MVA og slukeevne 270 m³/s
- Braskereidfoss 2, rørturbinaggregat fra 2016 med ytelse 18,5 MVA og slukeevne på 180 m³/s
- Lukedam i betong med 4 pilarer, fundamentert på fjell, 3 flomluker og 2 mindre luker; 1 bunnluke/reguleringsluke og 1 tømmerluke.
- Fyllingsdam, med tetningskjerne av morene.
- Lamelldam i betong med 3 lameller og et landkar. Lengde ca. 32 m.

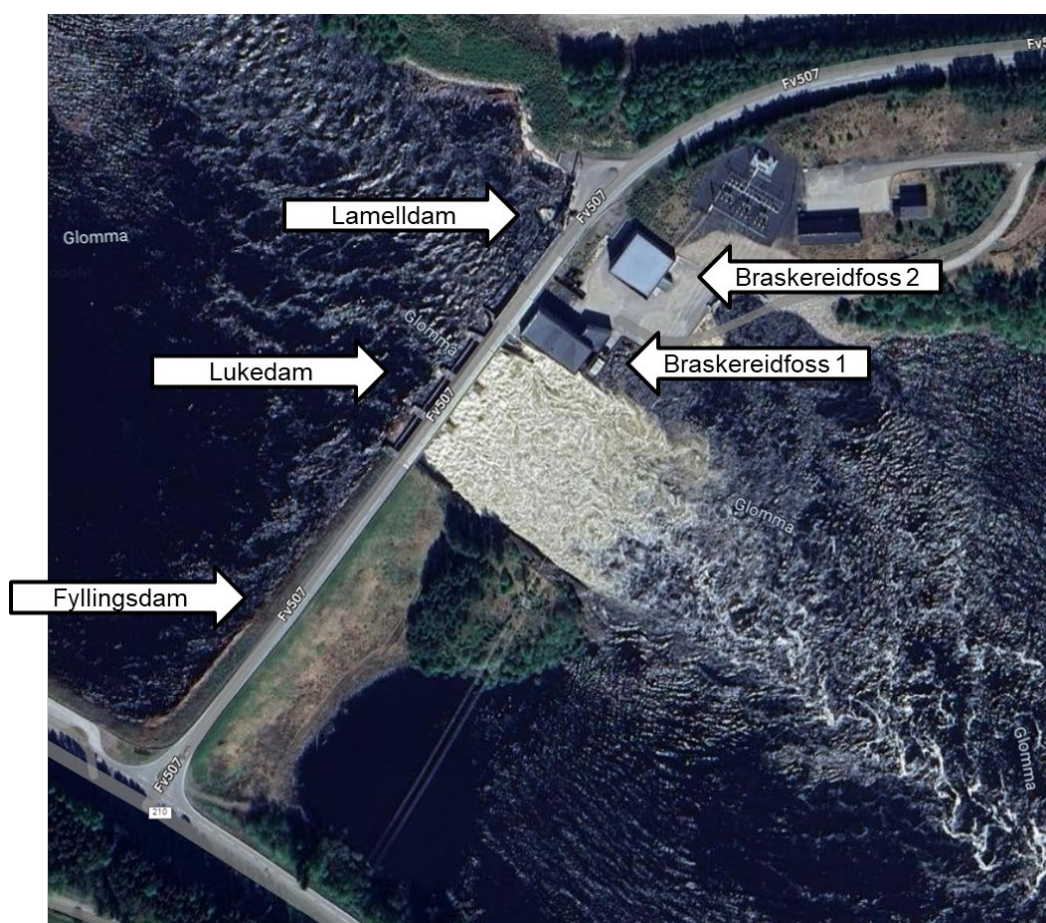
Damkonstruksjonen er fra 1978. Fylkesvei 507 passerer over dammen. Veibanen har kotehøyde 166,7.

Høyeste regulerte vannstand (HRV) er 163.20.

Kotehøyde på lukedam og lamelldam er 165.0.

På østsiden av kraftstasjonens (BF1) inntak er toppen av lamelldammen også på kote 165. Mellom brua og toppen av damveggen er det en åpning med en høyde på ca. 30 cm. Denne spalten er på hele bredden av damkonstruksjonen. Ved vannstander over kote 165 vil det renne over damveggen, og videre inn i stasjonen. Det vil da også renne vann inn i adkomstlukene i alle pilarene slik at håndsveiving av lukene blir umulig og elektrisk utstyr blir ødelagt. (1992)

Anlegget er ikke bemannet permanent, men har jevnlig tilsyn av driftspersonell, som utfører vedlikehold, grindrensk, med mer.



Bilde 2 Braskereidfoss sett fra luften (Bilde Google Maps)



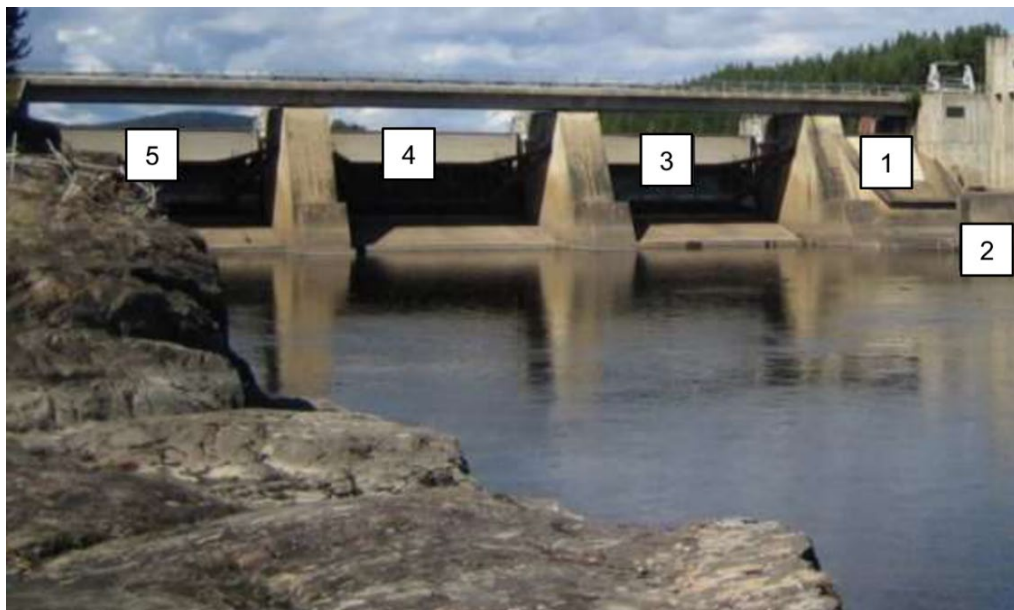
Bilde 3 Braskereidfoss kraftverk. Aggregat 1 i bygningen til venstre, aggregat 2 i bygningen til høyre (Foto HEV)

4.5 Luker

Sammensetningen av lukene på Braskereidfoss kraftverk er 1x tømmerluke av typen sektorluke, 1x bunnluke av typen dykket segmentluke og 3x flomluker av typen segmentluke. Tømmerluken er en radial overflateluken hvor åpne- og lukkebevegelse skjer ved å dreie hele konstruksjonen om lukens lager. Ved åpning senkes luken ned i lukegropen og vannet strømmer over luken, som gjør den spesielt godt egnet for avledning av ting som flyter med vannstrømmen som for eksempel tømmer og is. Bunnluken og flomlukene er radiallyluker hvor åpne- og lukkebevegelsen skjer ved å dreie hele konstruksjonen om lukens lager. Åpning skjer ved å heve konstruksjonen slik at vannet strømmer under luken. Kraftverkets 5 luker er listet i Tabell 2 og plasseringen er vist på Bilde 4.

Tabell 2 Oversikt luker Braskereidfoss

Luke nr.	Luke type	Kapasitet v/HRV (m ³ /sek)	Bredde x Høyde (m)	Kommentar
1	Tømmerluke	90	8.0 x 4.0	Kan kun reguleres lokalt fra anlegget
2	Bunnluke	270	8.0 x 2.8	Normalt i automatikk, vannstandsregulering
3	Flomluke	750	20.0 x 8.2	Normalt i manuell, opereres normalt fra driftssentral
4	Flomluke	750	20.0 x 8.2	Normalt i manuell, opereres normalt fra driftssentral
5	Flomluke	750	20.0 x 8.2	Normalt i manuell, opereres normalt fra driftssentral



Bilde 4 Oversikt luker Braskereidfoss, sett fra nedstrøms (Foto Sweco)

Den totale flomavledningskapasiteten ved HRV er beregnet til 2600m³/s, og maksimal flomavledningskapasitet ved dimensjonerende flomvannstand (164,60moh) er beregnet til 3500m³/s, når alle luker er operative. Bunnluken benyttes normalt til finregulering av vannstand mot HRV, og har ikke nok kapasitet for å kunne avlede full slukekapasitet til både Braskereid 1 og 2. Ved en eventuell stans av kraftverket må derfor flomluker i tillegg kjøres manuelt.

4.5.1 Flomluker

Flomlukene er drevet av to elektromekaniske heisespill med kjedeopptrekk plassert i pilarer på hver side av luken. Lukespillene har en kapasitet på 2x40 tonn. Kjedeopptrekket brukes for å overføre kraft og bevegelse fra heisemaskineri til luken og er delvis beskyttet av deksel mot vannstrømmen. Det er plassert en luke på toppen av hvert lukehus, med tilkomst via en trapp for tilgang til heisespill. Hvert heisespill er drevet av elektriske motorer og heisespillene er synkronisert ved hjelp av en elektrisk aksel. Heisespillene må kjøres synkront for å unngå skeivtrekk som kan forårsake at luken kiler seg fast. Åpning og lukking av lukene foregår primært via fjernstyring, men kontrollskap med lokal styring er plassert i lukehus.



Bilde 5 Flomluke 4 i lukket posisjon (Foto Sweco)



Bilde 6 Flomluke, pilar og lukehus (Foto Sweco)

4.5.2 Tømmerluke

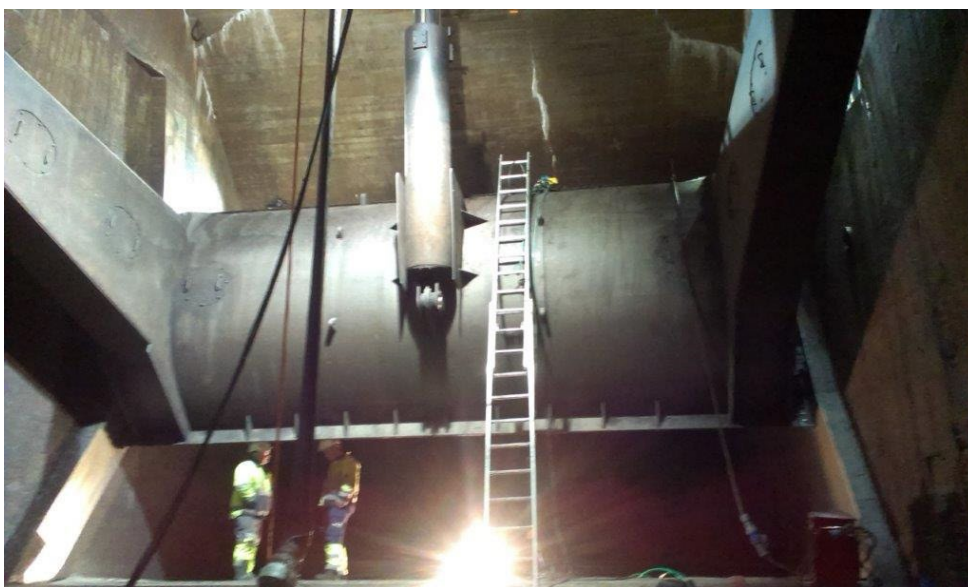
Tømmerluken er på samme måte som flomlukene drevet av to elektromekaniske heisespill med kjedeopptrekk plassert i pilarer på hver side av luken. Heisespillene er av samme typen, men er ikke fjernstyrt og må opereres lokalt på kraftverket.



Bilde 7 Tømmerluke (Foto Sweco)

4.5.3 Bunnluke

Bunnluken har et hydraulisk opptrekk med sentrisk plassert sylinder. Bunnluken brukes normalt til vannstandsregulering, og slipper vann forbi når kraftstasjonen står, eller når vannføringen er større enn kraftverkets slukeevne. I normal drift av kraftverket ligger et av aggregatene og Luke 2 i automatikk, som vil si vannstandsregulator.

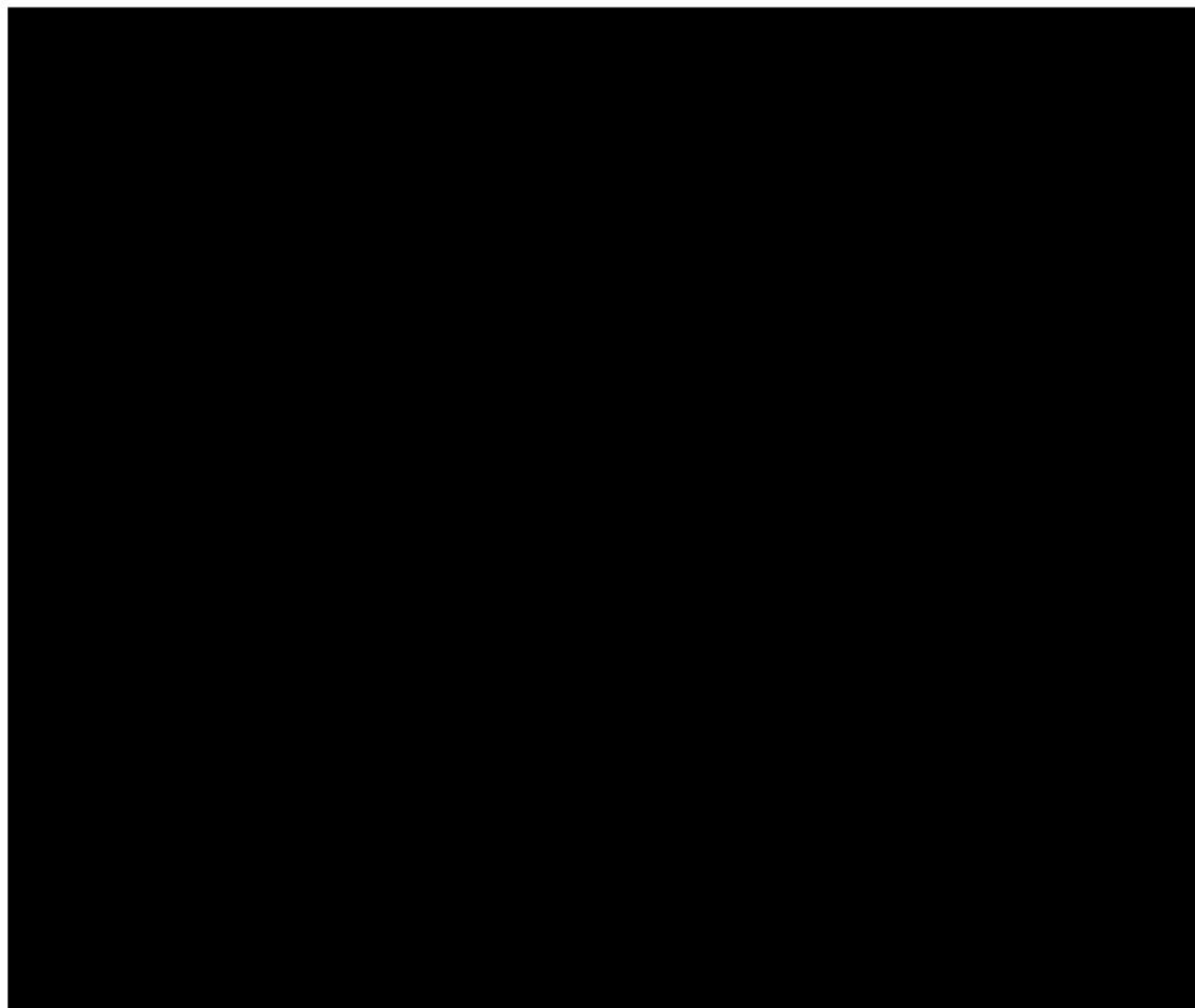


Bilde 8 Bunnluke (Foto Sweco)

4.6 Driftskontrollsystem

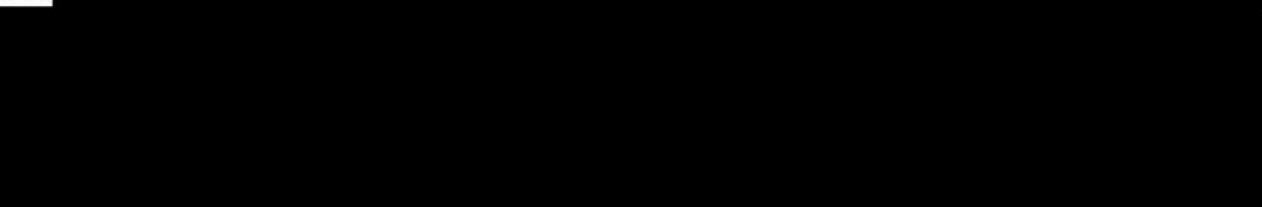
Den overordnede filosofien for driftskontrollsystemet på Braskereidfoss er delt inn i 5 ulike nivåer. Automatisering er over tid innført på kraftverket så styring av både kraftverk og luker skjer i hovedsak ved hjelp av fjernstyring.

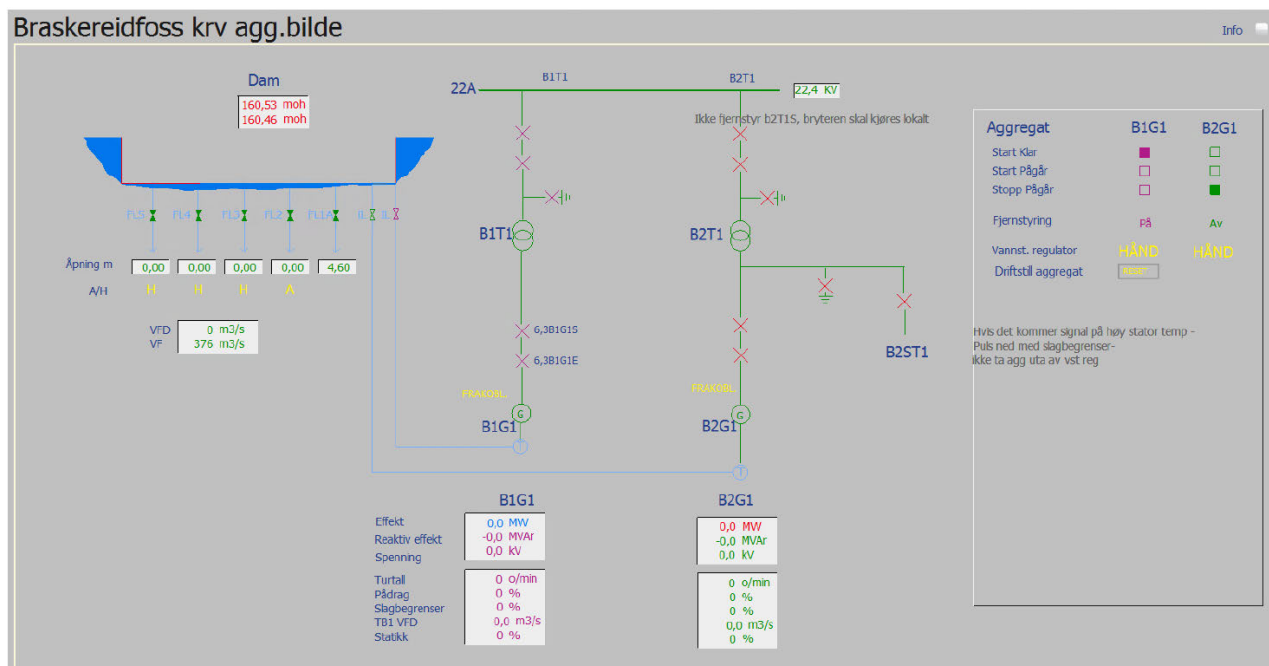
Driftskontrollsystemet på Braskereidfoss er derfor annerledes bygget opp i dag enn opprinnelig. I normal drift opereres kraftverket fra driftssentralen i Lillehammer. Dette gjelder også tømmerluken og flomlukene. Lokalt i hvert lukehus finnes det en velgebryter for lokalstyring eller fjernstyring. Lokalstyringen blir i all hovedsak bare brukt til vedlikeholdskjøring av lukene og som en sikkerhetsbarriere for driftspersonell.



4.6.1

SCADA (heretter bare kalt SCADA) er et sanntids informasjonssystem beregnet for å håndtere alle operasjonelle aktiviteter i et moderne kontrollrom. Systemet håndterer datainnsamling, styring av komponenter og sekvenser, varsling av hendelser og alarmer, grafiske stasjonsdiagrammer, overvåkning av kraftnettverk, distribusjon, osv.





Figur 8 SCADA skjerm bilde (brukegrensnitt)

Hver kraftstasjon har sine SCADA skjerm bilder, og det er driftsoperatørens oppgave å velge synlig skjerm bilde for å kunne tilegne seg relevant informasjon. Varsler og alarmer sendes automatisk for å gjøre driftsoperatør oppmerksom på situasjoner som krever umiddelbar oppmerksomhet. Det skilles mellom driftsmeldinger (DM) og feilmeldinger (FM). Mens driftsmeldinger kan kreve at operatør gjør et korrigerende tiltak i SCADA, kan en feilmelding kreve at det må utføres reparasjoner lokalt på kraftstasjon. Disse meldingene kommer derfor opp på en egen alarmliste på driftssentralen. Driftssentralen skal hele tiden jobbe med en forbyggende tilnærming. For at driftsoperatør lettere skal kunne vurdere riktig tiltak for hvert enkelt varsel/alarm er signalene kategorisert.

I tillegg til alarmer og varsler fra kraftverket kan driftssentralen sette sine egne grensemeldinger lokalt i kontrollrom. Grensemeldingene kan settes på 5 ulike nivåer og gir varsel for både høye og lave måleverdier. Grensemeldinger er hvite i SCADA og kan blokkeres av driftssentralen hvis årsaken til at grensemeldingene sendes er avklart. Dette kan for eksempel være en defekt sensor. Alarmblokkering er et verktøy driftssentralen bruker for å skille ut viktig informasjon.

Figur 8 viser skjerm bilde for monitorering og drift av luker på Braskereidfoss. Her finnes måleverdier og driftsdata for alle lukene grafisk presentert i sanntid. For driftssentralen er dette en del av beslutningsgrunnlaget, og verktøyet de har for å operere flomlukene og bunnlukken. Mens flomlukene (FL3, FL4 og FL5) kjøres manuelt står bunnlukken (FL2) som oftest i automatikk. Lukene kjøres med forhåndsprogrammerte pulser med beskrivelse liten, medium eller høy. Selve styringen av lukene ligger i OBDM B1 fellesanlegg lokalt på Braskereidfoss, vist på Figur 9.



Figur 9 Skjerm bilde for monitorering og drift av luker

4.6.2 Lokal SCADA

Som nivå 2 styring er det installert lokal SCADA på Braskereidfoss, [REDACTED]. Dette omtales som stasjonsstyring, og muliggjør lokal operasjon av kraftverket dersom kommunikasjon til driftssentralen skulle falle bort. Stasjonsstyringen gir tilgang til den samme informasjonen og styringsmulighetene som man har på driftssentralen og SCADA systemet. På Braskereidfoss finnes det 3 ulike kontrollstasjoner som kan benyttes. 2 av disse kontrollstasjonene tilhører Hafslund Eco, mens en av disse kontrollstasjonene tilhører nettselskapet Elvia.

4.6.3 Aveva PI Vision

Aveva PI er en programvare for innsamling, analyse og visualisering av data. Dette brukes aktivt som et monitoreringsverktøy til driftspersonale for å vise et situasjonsbilde kraftverkene i sanntid. Aveva PI henter data fra SCADA og presenterer hendelseslister. Dataene har også vært gjennom stasjonsdatamaskinen som fører til noe forsinkelse. PI brukes i all hovedsak som et verktøy innenfor drift og vedlikehold, og benytter data fra ERP system, produksjonsplaner, driftsjournaler, osv. Aveva PI er i stor grad brukt under granskningen for forståelse av relevante hendelser og tidspunkt.

5 HENDELSEN

5.1 Faktaopplysninger

Tabell 3 Fakta om hendelsen på Braskereidfoss

Dato for hendelsen	9. august 2023
Sted	Braskereidfoss kraftverk, nedre Glomma (Sør-Østerdal), Våler kommune, Innlandet fylke
Konsekvensklasse	Braskereidfoss er klassifisert i bruddkonsekvensklasse 1, ref. vedtaksbrev fra NVE datert 09.10.2019.
Eier	Braskereidfoss kraftverk eies og drives av Hafslund Eco Vannkraft AS
Hendelsestype	Flom, vanninntrengning og oversvømmelse av begge kraftstasjonene, dambrudd
Involverte	Ansatte i Hafslund Eco Vannkraft Nødetater, Forsvaret Ansatte i nettselskapet Elvia ble indirekte involvert
Vannføring	Vannføringen i Glomma målt ved Elverum 9. august; Kl. 00:00: 1617 m ³ /s, kl. 06:00: 1905 m ³ /s. Normal vannføring samme periode < 500 m ³ /s.
Skadeomfang person	Ingen personer ble fysisk skadd under hendelsen.
Skadeomfang ytre miljø	Lite miljømessig skadeomfang. Brudd på fyllingsdammen, hvor deler av denne løses opp i vannstrømmen som følger. Ellers mindre skader på nærliggende natur. Det er ikke funnet tegn på utslipp av olje i elven, men det kan ikke utelukkes.
Skadeomfang verdier	Braskereidfoss Kraftverk 1 og 2 er begge påført omfattende skader på grunn av vanninntrengning. Fyllingsdammen ved siden av kraftverket ble delvis erodert bort av vannmassene. Lukedammen i betong er tilsynelatende intakt, mens selve lukekonstruksjonene inklusive motor/drivverk er påført skader. Fylkesvei 507 som passerer over dammen er ødelagt og stengt. Tapt strømproduksjon over lengre tid. Kostnadene som følge av hendelsen er ikke anslått som del av granskningen.

5.2 Ekstremværet «Hans»

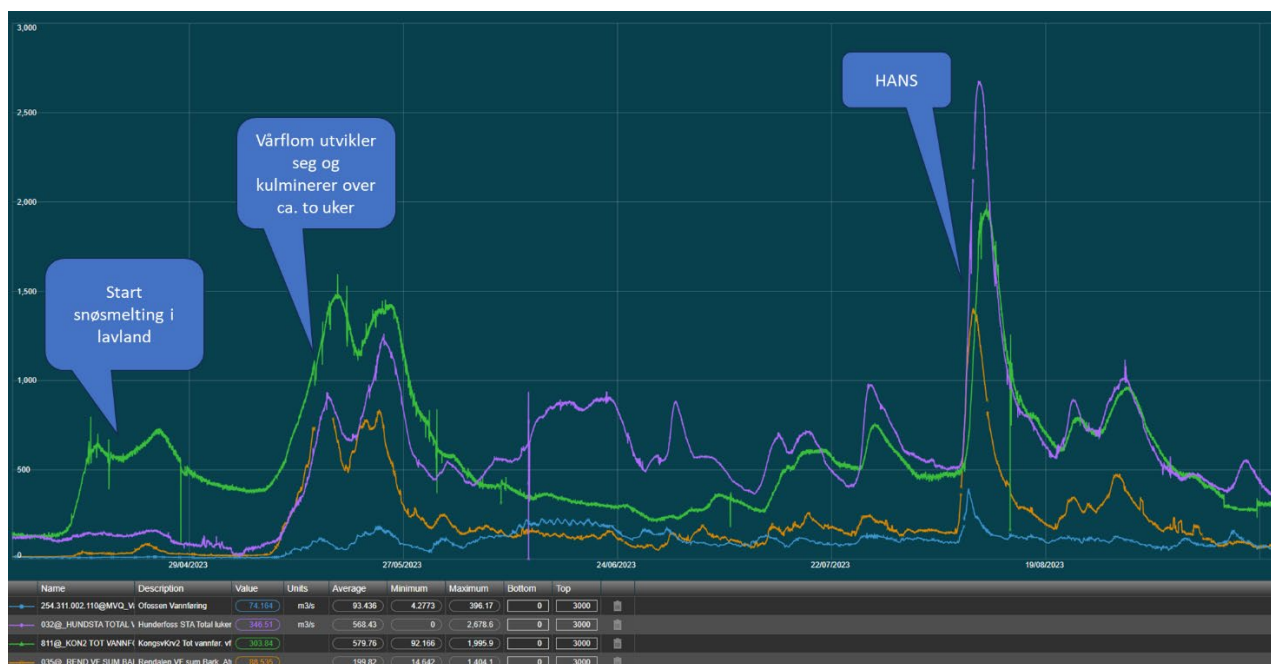
Ekstremværet «Hans» rammet områder i Sør-Norge, samt deler av Sverige, Finland, Baltikum og nærliggende områder i august 2023. «Hans» var en spesiell og sjelden værhendelse. Aldri før er det målt så store nedbørmengder over så store områder på Østlandet.

Hans medførte at Meteorologisk institutt utstedte røde farevarsler for perioden morgen 7. til kveld 9. august om «ekstremt mye regn» som ville kunne gi en av de kraftigste værhendelsene i de berørte områdene på 25 år. Røde farevarsler fra Meteorologisk institutt utstedes når de «forventer ekstreme konsekvenser som følge av været», som ifølge Meteorologisk institutt betyr at «det vil være stor fare for at liv går tapt, og det kan bli store ødeleggelser på eiendom og infrastruktur». Norske styresmakter gikk ut med oppfordring om å «lytte til myndighetene, unngå unødvendige reiser og ferdsel». Ekstremværet ble også varslet gjennom meldinger og farevarsler fra Norges vassdrags- og energidirektorat, samt bred dekning i norske nasjonale og lokale medier.

Det var Innlandet som fikk de største nedbørmengdene. I gjennomsnitt går det mer enn 100 år mellom hver gang det kommer så store mengder med regn på så kort tid. Det er normalt at det kommer mye nedbør på mindre områder, men «Hans» dekket et veldig stort område, det er ekstremt uvanlig. Det har ført til veldig mye vann i de mange sideelvene som til slutt renner ut i noen få hovedelver.

Konsekvensene av Hans omfattet jordskred, flom, oversvømmelser, og store skader på infrastruktur og eiendom, særlig i de norske fylkene Innlandet og Viken. Særlig i form av flomhendelser i de nedre deler av vassdragene som tilhørte nedbørsfeltet, fortsatte i flere dager etter at uværet var over.

Figur 10 viser en sammenligning av den årlige vårflommen i 2023 og Hans i august 2023. Det vises vannføringer fire ulike steder: Ofossen (Skjåk), Hunderfossen (Lillehammer), Kongsvinger (Glomma, nedstrøms Braskereidfoss), Atna/Rendalen.



Figur 10 Sammenligning av vårflom 2023 og Hans (vannføring ved fire utvalgte målestasjoner)

Det fremgår av Figur 10 at både styrken og intensiteten til Hans overgår en vanlig flomsituasjon som organisasjonen er vant til å håndtere. Særlig er den plutselige og raske utviklingen av Hans verd å merke seg. Under en typisk vårfloem stiger vannføringen med opptil 80 m3 per time, mens under Hans steg vannføringen med 150 m3 per time.

5.3 Bilder fra hendelsen

Utvalgte bilder fra og etter hendelsen er presentert i det følgende.



Bilde 9 Braskereidfoss kraftverk, formiddag 9. august 2023 (Kilde HEV)



**Bilde 10 Overtopping av flomlukene kl. 12:24
(Foto Håkon Skogmo / Kilde NVE)**



Bilde 11 Kraftverk og lukedam kl. 12:16 (Foto Politiet / Kilde NVE)



Bilde 12 Overtopping av veibro, fyllingsdam og lukedam kl. 15:31 (Foto Politiet / Kilde NVE)



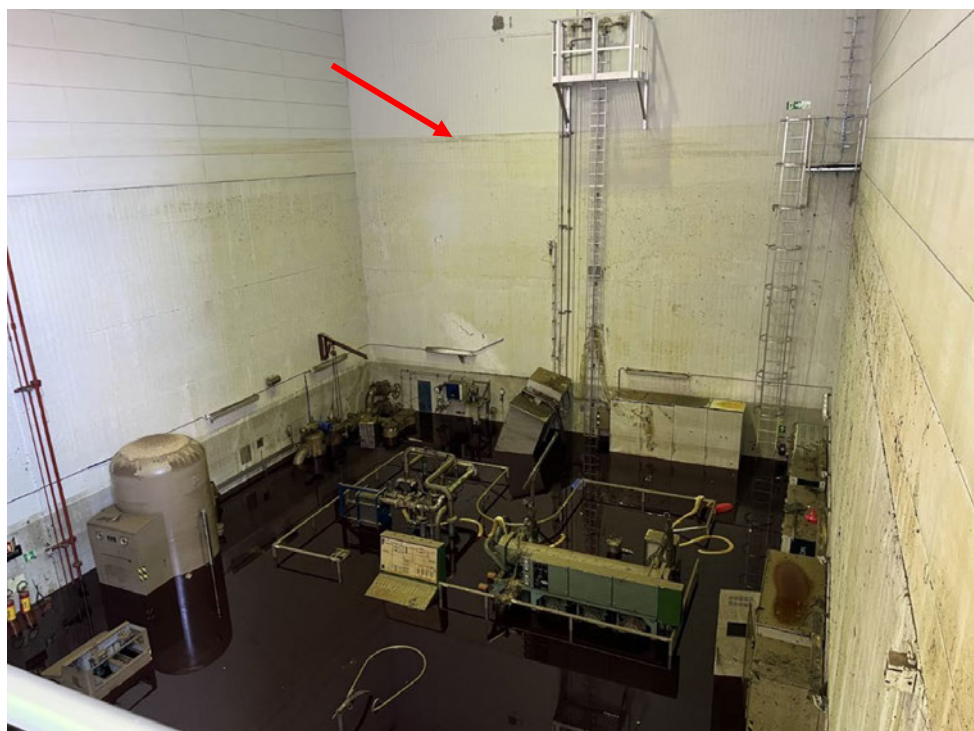
Bilde 13 Etter brudd på fyllingsdam kl. 17:04 (Foto Politiet / Kilde NVE)



Bilde 14 Gjenstående rester av fyllingsdam etter dambrudd (foto DNV)



**Bilde 15 Lukehus i pilar, med maskineri som ble satt under vann.
Bildet er tatt etter at det meste av vannet er drenert ut.
Vann kan fortsatt ses i bunnen av huset (Foto DNV)**



**Bilde 16 Aggregat 1 druknet. Bildet er tatt etter at det mest av vannet er pumpet ut.
Øverst på bildet kan man se skillet der vannet nådde på det høyeste,
merket med rød pil (Foto DNV)**



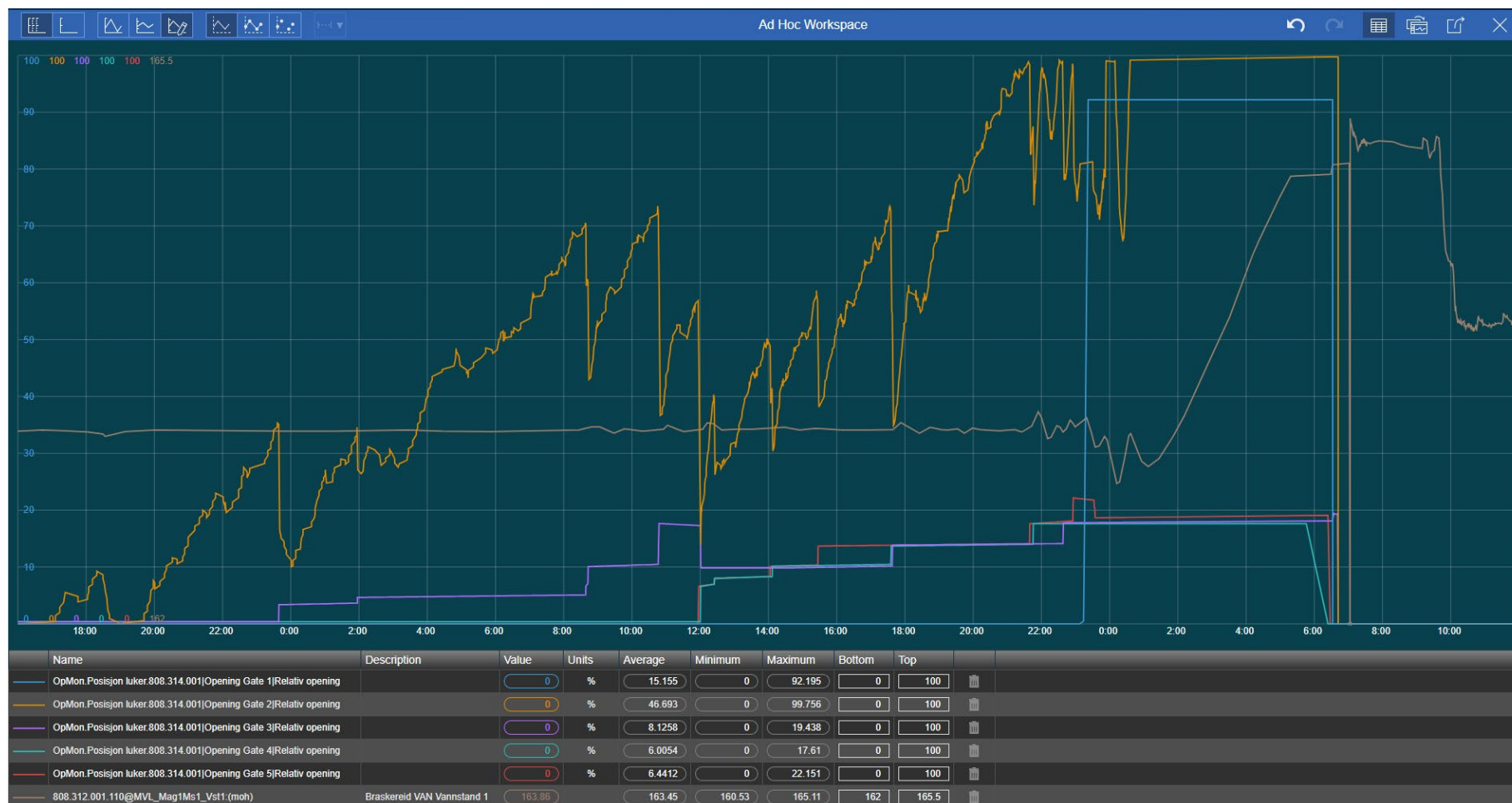
Bilde 17 Nødaggregatet druknet. Linjen oppe på generatordekselet viser skillet der vannet nådde på det høyeste, merket med rød pil (Foto DNV).

5.4 Grafisk presentasjon av lukebevegelser og vannstand

Et utgangspunkt for å forstå hendelsesforløpet, er en grafisk presentasjon hentet fra webapplikasjonen Aveva PI Vision.

Grafikken i Figur 11 på neste side viser både bevegelser i de fem lukene i tidsrommet og endring i vannstand overvann på Braskereidfoss i tidsrommet 2023-08-07 kl. 18:00 til 2023-08-09 kl. 10:00. Y-aksen viser prosentvis åpning av lukene og vannstand i moh.

- Blå graf viser bevegelser i Luke 1, tømmerluken.
- Gul graf viser bevegelser Luke 2, bunnluken.
- Lilla, turkis og rød graf viser bevegelser i henholdsvis luke 3, 4, og 5, de tre flomlukene.
- Lysebrun graf viser vannstand overvann



Figur 11 Diagram som viser Braskereidfoss lukeåpninger (%) og vannstand overvann (moh.) i perioden 2023-08-07 kl. 18:00 til 2023-08-09 kl. 10:00

Frem til ca. kl. 23:30 8. august ser man at bunnluken, som står i automatikk, kontinuerlig finjusterer vannstanden så den ligger på HRV (163,20 moh). De tre flomlukene blir operert fra driftssentralen, og åpnes gradvis ettersom vannføringen stiger. Hver gang en av flomlukene åpnes litt, ser man at bunnluken justeres litt ned. Tømmerluken er lukket i denne perioden.

Rundt midnatt er det driftspersonell på Braskereidfoss som er i kontakt med driftssentralen. De setter bunnluken i manuell og åpner både den og tømmerluken til full åpning. Dette skaper noen uroligheter i vannstanden, men vannstanden synker noe. De justerer samtidig setpunktet for HRV ned til 163,00 moh.

Før de forlater Braskereidfoss, setter de bunnluken tilbake i automatikk. Denne går imidlertid raskt tilbake i full åpning på grunn av stigende vannstand. Fra rundt 23:45 gjøres det ingen ytterligere endring i flomlukenes posisjon. Vannstanden stiger derved jevnt utover natten.

Rundt klokken 05:20 når vannstanden 164,76moh, og det ser ut som vannstanden slutter å stige på dette tidspunktet. Dette skyldes imidlertid at vannet renner over målekummen og selve målingen flater ut, selv om vannstanden i magasinet forsetter å stige. Droppet i vannstand rett etter klokken 07:00 er ikke reelt.

Ca. klokken 06:00 ser det ut som alle luker går i lukking. Fra dette tidspunktet anser man anlegget som druknet og det er naturlig å anta at vann har trengt inn i både skap og komponenter tilhørende driftskontrollsystemer og elektriske komponenter. Signaler fra anlegget fra dette tidspunktet anses derfor ikke som pålitelige. Når vannstanden sank og flomlukene kom til syne viste det seg at lukene fortsatt sto i posisjon tilsvarende den de var satt i på senkvelden 8. august, ca. 15 - 20 % åpning.

5.5 Hendelsesforløp

I det følgende er hendelsesforløpet presentert som en tidslinje, der hver enkelt delhendelse eller delaktivitet er skilt ut som en egen linje. Tabell 4 inneholder fire kolonner.

- Tidspunkt: Kan være spesifikt tidspunkt eller et tidsrom.
- Aktør: Kan være rolle, selskap, kraftverk, system, driftssentral, eller lignende.
- Hendelse: Kan være aktivt utført aktivitet eller hendelse
- Kommentar: Kan være DNVs kommentar til hendelsen, opplevelse eller utsagn av mindre faktuell karakter, utdrag fra rapport, eller lignende.

Tidslinjen starter i 1978 da Braskereidfoss ble etablert og inkluderer relevante hendelser eller aktiviteter av mer historisk karakter, som har hatt betydning for granskningen. For døgnene rundt selve hendelsen, 7. til 9. august, blir tidslinjen vesentlig mer detaljert. Beredskapsmessige aktiviteter i etterkant av hendelsen er ikke del av granskningen og er derfor kun beskrevet i korte trekk i tidslinjen.

Tabell 4 Tidslinje for hendelsen på Braskereidfoss

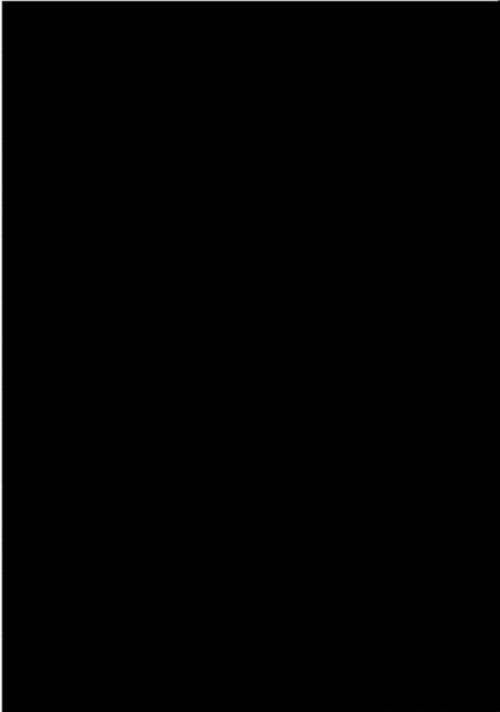
Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
Historie og utvikling			
1978	HEV	Elvekraftverket Braskereidfoss som demmer opp Glomma åpnet for produksjon i 1978.	Opprinnelig eier er Hedmark Energi AS. Eierskap og eierstruktur endres flere ganger i perioden frem til i dag, hvor Braskereidfoss eies og drives av Hafslund Eco Vannkraft. Eierstruktur er ikke behandlet i denne rapporten.
1991	HEV	Etablering av driftssentral på [redacted] g [redacted]	Antall kraftverk som opereres fra Lillehammer øker i tiårene fremover, [redacted]

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
1992	NVE Tilsyns- og beredskapsavdelingen (NVE-T)/ Vassdragsregulans Forening (VR)/ Nybro-Bjerck	Rapport «Prosjekt Damsikkerhet: Funksjonssikkerhet ved flomluker» /3/. Rapporten omhandler dammer generelt, men Braskereidfoss er brukt som case i en egen delrapport. Rapporten omhandler først og fremst teknisk funksjonssikkerhet på anleggets hovedkomponenter, men behandler til en viss grad også organisatoriske og menneskelige forhold.	Konklusjonen i rapporten var at den totale funksjonssikkerheten for lukene ved Braskereidfoss var god. I rapportens konklusjon påpekes også følgende svakheter: - Dersom det oppstår en svikt på anlegget, slik at vannstanden stiger, er det av avgjørende betydning at det kommer bemanning innen relativt kort tid. - Typisk menneskelig svikt er et moment som ikke er spesielt vektlagt i denne analysen, men som kan redusere funksjonssikkerheten. Et eksempel på menneskelig svikt kan f.eks. være at man glemmer å koble inn igjen det automatiske styringssystemet etter at dette har vært koblet ut for å kjøre flomlukene manuelt. Det kan være forsømmelse av det generelle ettersyn som f.eks. å glemme etterfylling av bensin på nødaggregat etc. - Analysen viser også at når vannstanden i dammen går over toppen av dampilarene mellom flomlukene på kote 165, vil man med stor sannsynlighet ha mistet alle muligheter til å få opp de tre flomlukene. Vannet vil da renne ned i Lukehusene og ødelegge el. motorer for opptrekkspill(..) topp pilar kote 165 vil derfor være avgjørende for å treffe tiltak for åpning av flomlukene. Anbefalte tiltak i rapporten inkluderer: - Vurdere nødopptrekk på flomlukene (ikke utført). - Sikrere vannstandsmåling (utført) og heve vannstandsmålerøret i pilar for flomluke 5 (ikke utført) - Sikre signaloverføringen mellom flomluke og driftssentral (utført). - Signaloverføring til hjemmervakten ved høy vannføring (endret system siden 1992) - Øke drenasjekapasiteten i Lukehusene (ikke utført) - Samlet føring av strømkabler under veibro som risiko (utført). - Etablere tilkopling for nødstrømsaggregat (utført). - Spalt mellom topp lamelldam og bro burde tettes for å unngå drukning av kraftstasjon (ikke utført). Kommentar: Flere av tiltakene fra 1992 som ikke ble implementert kan ha hatt betydning for skadeomfanget 9. august. Det er imidlertid ikke avdekket i granskningen hvilke vurderinger som har vært gjort rundt anbefalingene.
1995	Østlandet/ HEV	Ekstremflommen «Vesleofsen» rammet Østlandet i juni 1995.	I denne ekstremflommen omkom én mann, 7 000 personer ble evakuert, og det ble gjort skader til en verdi av 1,8 milliarder kroner. Vannføringen ved Elverum/Braskereidfoss var ca. 3300 m³/s. Denne hendelsen ble referert til i flere av intervjuene som en av de største flomsituasjonene på Braskereidfoss.
2004/2005	HEV	Vaktordning med hjemmervakt for Braskereidfoss avvikles.	Frem til dette tidspunktet, har det vært fast vaktordning med hjemmervakt på Braskereidfoss (og andre anlegg). Vaktordningen innebar at vakthavende fikk melding på personsøker, og senere sms på mobiltelefon, når det gikk alarm på anlegget. Denne

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
			fjernes fra 2004/2005, da man samtidig endrer bemanningen på driftssentralen til døgnbemanning.
2016	HEV	Braskereidfoss utvides med et nytt kraftverk, Braskereidfoss 2 (nytt bygg og nytt aggregat; en 18 MW rørturbin. Samlet årsproduksjonen ved stasjonen økte dermed med 40 GWh, til 170 GWh/ år.	
2017-04-03	HEV	Signal «VANNSTAND HØY» tas ut 03.04.2017 og signal «VANNSTAND UNORMAL» legges inn 04.04.2017	
2017		ROS-analyse ble utført i 2017. Grunnlaget for analysen var metodikken fra følgende to referanser: 1. NVE, "NVE Veiledning i risiko- og sårbarhetsanalyser for kraftforsyningen." (høringsutgave 5. mars 2010) 2. Energi Norge, "Veileder i helhetlig risikostyring for kraftbransjen"	I denne analysen ble risikoen 311.1 Skadeflom kategorisert som 1E (Lite sannsynlig (Sjeldnere enn en gang hvert 25. År), Katastrofal konsekvens). Kompenserende tiltak som ble beskrevet som bidrag til reduksjon av risiko var blant annet: 1. Bunnluke ligger med batteribackup, samt at den åpnes automatisk ved HRV+40 cm. Ved automatisk åpning på høy vannstand går luka på batteridrift 2. Flere flomluker som kan kjøres ved utfall av ei flomluke; Ei tømmerluke m³/s Ei bunnluke 270 m³/s (Den med batteridrift) 3 x flomluker à 800 m³/s
2018-05-02	Sweco Norge AS	Rapport «Dam Braskereidfoss – Revurdering 2016» /2/ Rapporten ble sendt til NVE for godkjenning 2018-05-09. Svar fra NVE ble først sendt til HEV 2023-01-03. Se egen aktivitetsbeskrivelse på denne datoen.	Revurderingsrapporten konkluderer blant annet med: - Både lukedammen og lamelldammen overtoppes ved dimensjonerende flomvannstand (...) Fyllingsdammen vil være utsatt for kraftig erosjon pga. overtopping ved en ulykkesflom. <u>Luker</u> - Lukene er godt vedlikeholdt og fulgt opp, og det er ikke avdekket forhold med flomlukene som krever umiddelbare tiltak. <u>Tilsyn</u> - Det periodiske tilsynet ved dammen er tilfredsstillende. Det bør videre utføres risikovurdering, hovedtilsyn og revurdering i tråd med damsikkerhetsforskriften. <u>Instrumentering</u> - Det er oppgitt at dammen er instrumentert med vannstandsskala og at det foretas kontinuerlig måling av vannstand. Kravet om kontinuerlig måling av vannstand ved dammen er ivare tatt. Det ble identifisert tre avvik fra damsikkerhetsforskriften, med tilhørende anbefalinger: <u>Lukedam</u>

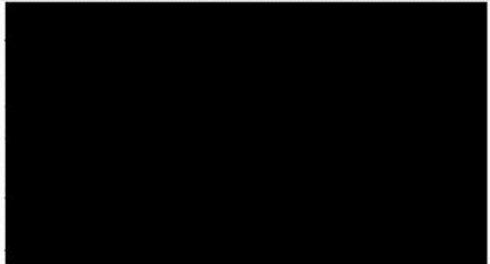
Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
			- Ved DFV overtoppes lukepilar med 0,80 m og 1.03 m ved hhv. DFV med og uten kapasitet av bunnluke. Damsikkerhetsforskriften §5-12 krever at topp av dam skal minimum være i nivå med dimensjonerende flomvannstand. Dammen tilfredsstiller ikke krav til nødvendig fribord. §5-8 krever at dammer skal ha flomløp med tilstrekkelig kapasitet til å avlede dimensjonerende avløpsflom ved dimensjonerende flomvannstand. Krav til flomavledningskapasitet er dermed ikke tilfredsstilt. - Anbefalte tiltak: Det bør gjennomføres tiltak for å unngå overtopping av lukedammen ved DFV. Stabilitetsberegninger for samtlige pilarer og terskler anbefales gjennomført i forbindelse med utarbeidelse av en teknisk plan. <u>Lamelldam</u> - Lamelldammen overtoppes ved DFV og det er ikke forberedt for overløp bak dammen (samme forskriftskrav som for lukedam). - Anbefalte tiltak: Det bør gjennomføres tiltak for å unngå overtopping av lamelldammen ved DFV. Stabilitetsberegninger anbefales gjennomført i forbindelse med utarbeidelse av en teknisk plan. <u>Fyllingsdam</u> - Morenekjernen overtoppes med 0,9 m ved DFV. Dammen tilfredsstiller ikke krav til fribord topp tetning. Basert på observasjoner fra befaringen tilfredsstiller ikke dammen krav til nødvendig steinstørrelse på skråningsvern iht. NVEs retningslinjer. Det er store mengder med vann i Glomma og flommer har en viss varighet. Dammen vil dermed være utsatt for kraftig erosjon ved en overtopping på 1,8 m ved PMF (1,5*Q1000) og 3,16 med ved Q1000 inkl. lukesvikt. Det vurderes dermed at dammen ikke vil tåle en overtopping ved en ulykkestilstand. - Anbefalte tiltak: Fyllingsdammen bør renskes for vegetasjon. Det anbefales å forsterke fyllingsdammen iht. gjeldende forskrift og retningslinjer. Stabilitetsberegninger anbefales gjennomført i forbindelse med utarbeidelse av en teknisk plan. Kommentar: Det ble ikke iverksatt planer eller tiltak rundt disse anbefalingene fra HEV.
2018, oktober	HEV	«Ottaflommen»	Fremhevet av HEV som en av de mest omfattende flommene de senere årene og foreslått som sammenligningsgrunnlag mot «Hans», angående arbeidsbelastning på driftssentralen.
2019-10-19	NVE	Braskereidfoss nedjusteres fra konsekvensklasse 2 til konsekvensklasse 1, etter søknad fra HEV (2018-02-15)	Det opprinnelige grunnlaget for at anlegget var anbefalt plassert i konsekvensklasse 2 var basert på bruddbølgekart som viste at 1 – 3 boliger i Våler sentrum ville bli berørt ved brudd i dammen. Tilgang på bedre kartgrunnlag i form av laserdata for terrenghøyder har gitt grunnlag for en revidert vurdering av antall berørte boliger nedenfor anlegget, viste at det er ingen boenhet utsatt ved brudd i dam Braskereidfoss. I tillegg er bruddvannføring

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
			sammenlignbar med initial flomvannføring da flomlukene er åpne
2022-03-25	HEV	Siste årlige tilsyn på Braskereidfoss (Datert 2022-03-25, i praksis utført over en lengre periode)	Konklusjon: «Generelt alle flomluker: Mangler instruks for lukekjøring og koblingsskemaer for el. Skal ligge i alle lukehus. Nøddprosedyre for lukekjøring lages. Pilarer: ingen utvikling av sprekker. Brubjelker og opplegg: ok. Lukelagre ok, Ingen deformasjon i luker. Alle flomlukene har elektrisk aksel - ikke bygget om til frekvensstyring. Mulig problem med reservedeler. Sjekk mulighet for bytte av motorer mellom lukene. Lukehus ok, strøm ok.» Det ble ikke gjort funn på flomlukenes funksjonalitet.
2022-05-22	HEV	ROS-analysen for Braskereidfoss fra 2017 ble oppdatert for å inkludere endringer som var implementert og svekkelser som var identifisert. Tidligere risikoforhold var tatt med, samt at nye ble ført til. Risikovurdering ble utført med bakgrunn i kravene i Kraftberedskapsforskriften, damsikkerhetsforskriften og HMS-lovgivningen.	Skadeflom er et av scenariene i analysen med mest alvorlig konsekvens. Scenarioet er beskrevet slik: «Denne hendelsen omhandler situasjoner og tilstander som av en eller annen grunn medfører flom. Dette kan være langs vannveg oppstrøms eller nedstrøms kraftstasjon eller vanninntrengning i stasjon. Analysa omhandler tappekapasitet og inntrengning fra bakvann» Mulige årsaker: - Feil i lukefunksjon - Store nedbørsmengder og rask smelting om våren Følgende barrierer er listet for denne risikoen: - Flomluke 2 ligger med batteribackup, samt at den åpnes aut ved HRV+40 cm. Ved aut åpning på høy vannstand går luka på batteridrift. - Flere luker som kan kjøres ved utfall av ei luke: Ei tømmerluke 90 m³/s; Ei bunnluke 270 m³/s (Den med batteridrift); 3 x flomluker a 750 m³/s - Innsatsplan Flom - Innsatsplan funksjonssvikt flomavledningsorganer - Opplæring - Ikke kjøre dam raskt ned. Fare for utglidning på jernbanen. - Grindrensker - Ny vannstandsregulator i 2013 - Sikrere stasjonsforsyning: - Vesentlig bedret etter at Braskereidfoss kom inn på 132 kV Mjøsringen. -Nytt nødaggregat med full kapasitet for luker - Inspeksjon av elveleie Risikoen er akseptert med nevnte tiltak.
2023-01-03	NVE	Brev til HEV «Dam Braskereidfoss, Våler kommune. Godkjenning av revurderingsrapport – vedtak med vilkår»	Revurderingsrapporten godkjennes av NVE fire og et halvt år etter innsending. Det gjøres følgende vedtak: «Vedtak – Godkjenning med vilkår Med hjemmel i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) § 7-5 godkjennes revurderingsrapporten for dam Braskereidfoss med vilkår om at det sendes inn forslag med tiltak for lukking av avvikene identifisert i

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
			revurderingen med tilhørende fremdriftsplan. Frist for innsending er 01.03.2023.» Det ble ikke gitt tilsvar fra HEV, kun befarig med NVE og orientering om situasjonen for saksbehandler i NVE utført våren 2023.
2023-01-30	HEV	ROS-analysen for driftssentralen i Lillehammer fra 2021 ble oppdatert. Eksisterende risikoer ble revurdert, i tillegg ble nye risikoer identifisert og videre vurdert. Risikovurdering er utført med bakgrunn i kravene i Kraftberedskapsforskriften, damsikkerhetsforskriften og HMS-lovgivningen.	Analysen beskriver barrierene som er etablert for de ulike risikoscenarioene. En sårbarhetsvurdering ble foretatt for hvert scenario. De scenarioene som er relevante i ekstremvær som «Hans» er listet nedenfor. De ble alle klassifisert som grønne, det vil si «<i>Risiko akseptert som lav, uten videre tiltak.</i>», uten videre kompenserende. 
2023, april/mai	HEV	Testkjøring av alle flomluker på Braskereidfoss utført som en del av Forebyggende Vedlikehold (FV 24813). 2023-04-27: Testkjøring flomluke 4 og 5 2023-05-11: Testkjøring flomluke 3	Vellykket testing av flomlukene gjennomført. Beskrivelse av prosedyre: Ved testkjøring av flomluker, står det en mann på broen, samt en i hvert lukehus. Mann på broen sjekker at luka går rett i føringene. Vannstrålen åpnes likt under hele luka, samt at vannstrålen «klippes» likt under luka. Mann i østre lukehus hører etter ulyder i maskineriet og styreskap i sitt lukehus, samt kjører luken. Mann i vestre lukehus hører etter ulyder.
2023, mai	HEV	Årlig vårflom	Flomsituasjon fremhevet av HEV som sammenligningsgrunnlag mot «Hans», angående arbeidsbelastning på driftssentralen.
2023, juli/august	HEV	Ekstremværet «Hans» varsles mot slutten av juli, der store nedbørsmengder er varslet i nærmeste ukene. Hafslund følger varslingene fra NVE, og beregner daglig prognoser for sine vassdrag. Drift og vassdrag får daglig oppfølging i morgenmøtene i Lillehammer.	

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
7. august 2023			
10.00	Strategisk beredskapsledelse	Første møte i Strategisk beredskapsledelse for ekstremværet «Hans». Beredskapsnivået for Innlandet, inkludert Glomma, heves til nivå 3 «Hevet beredskap» fra samme morgen kl. 07:00. morgenmøtet. Dette basert på varsler fra NVE, samt egne prognoser.	Driftspersonell og operatører opplyst om Hevet Beredskap. Det avtales to daglige statusmøter videre (kl. 10:00 og 15:00) Alle områder gjennomgås. [Redacted]
15.00	Operativ beredskapsledelse	Første møte i Operativ beredskapsledelse for ekstremværet «Hans».	Alle områder gjennomgås. Responssikring fra arbeidsdag slutt til start neste dag (denne forlenges senere til å gjelde utover 9. august). Det går ut e-post fra beredskapsleder om hvem som er på vakt. Prognose for Glomma ved Elverum er 1500 m3/s. Fokus er på andre områder, som anses som mer utsatte. [Redacted]
15.00	Strategisk beredskapsledelse	Statusmøte i Strategisk beredskapsledelse.	Det kommenteres i møtereferat at «Været ser ut til å ha dreid i en mer vestlig bane.»
15:00	Driftssentral	Operatør på driftssentral starter på 16 timers vakt (15:00-07:00). På grunn av høyt aktivitetsnivå benytter operatøren, i samråd med leder for driftssentralen, påkalleordning [Redacted]	
7.-9.8	Driftssentral	[Redacted]	[Redacted]
8. august 2023			
07:00	Driftssentral	[Redacted]	[Redacted]
08:00	Operativ beredskapsledelse	Statusmøte	Fra møtereferat: «Ser ut til at det er grei kontroll enda i alle områder utenom Roppa. Fare for at mannskaper ikke kommer seg ut.» [Redacted]
10:00	Strategisk beredskapsledelse	Statusmøte	Fra møtereferat: «Været ser ut til å ha gått i mer sydlig/ vestlig bane. Det var ventet bygenedbør, men ser ut til å komme mer i form av arealnedbør. Modellene er ikke optimale i denne situasjonen. Det er meldt nedbør i hele døgnet og utover morgendagen.» «Raskt stigende vannføring i Glomma. Prognose 1500 på Elverum. Fortsatt nedbør i vente.» Kapasitet på driftssentral ikke nevnt i møtereferat.
12:00	Operativ beredskapsledelse	Statusmøte	Fra møtereferat: «Østerdalen sør NN respons Glomma stiger

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
			Mulig behov for å bemanne kraftverk Elverum utover kvelden» «Fokus: Passe på gode risikovurderinger»
15:00	Driftssentral		
15:30	Strategisk beredskapsledelse	Statusmøte	Fra møtereferat: «Glomma: (...) 1500 på Elverum nås til natta. Flomtoppen kan bli på 2000.»
Ca. 16:45	Driftssentral		
Ca. 20:00	Driftssentral	Driftssentralen kontakter Vedlikeholdsleder og forteller at de registrerer litt «urolig dam» i Braskereidfoss. Det foreslås å løse dette ved å åpne tømmerluken.	
20:50-22:50	Driftssentral		
Ca. 23:00 – 00:40	Driftspersonell	Kveldsskift driftspersonell ankommer Braskereidfoss ca. kl. 23:00. De observerer høy vannstand og gjør flere tiltak for å regulere vannstanden.	Operativ beredskapsledelse / Driftsledelse har organisert «streifvakt» på de tre Evelerums-verkene Strandfossen, Skjefstadfoss og Braskereidfoss. To personer (driftspersonell fra vedlikehold) reiser mellom anleggene for å se til dem og utføre nødvendige oppgaver, typisk grindrensk.
Ca. 23:30	Driftspersonell	Som avtalt med driftssentralen, åpnes tømmerluken 100%. Vannstandsregulering (bunnluke) settes i manuell fra stasjonen i forkant av operasjon av tømmerluken, fra Auto (A) til Hånd (H). En puls blir gitt på flomluke 5, for litt økt åpning som kompenserende for svingninger ved åpning. Tømmerluken ble åpnet, og var fullt åpnet (100%) kl. 23:29. Setpunkt for HRV justeres ned 20 cm til 163,00. Vannstanden synker noe. For å få vannstanden opp igjen, lukker de flomluke 5 et intervall ned igjen. Bunnluke settes dermed tilbake i Auto (A).	A – Auto = automatisk H - Hånd = manuelt, både fra sentral og lokalt på stasjon

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
00:00	Braskereidfoss	Lukestatus rundt midnatt: Flomluke 3 ligger i manuell med åpning på 1,46 m. Flomluke 4 ligger i manuell med åpning på 1,44 m. Flomluke 5 ligger i manuell med åpning på 1,53 m. Bunnluke ligger i auto. Tømmerluken er åpen	
9. august 2023			
00:13	Driftssentral		
Ca. 00:40	Driftspersonell	Driftspersonell er på telefonisk kontakt med driftssentralen. 1) De informerer om at tømmerluken er åpen og at bunnluken er satt tilbake til automatikk. 2) De gir beskjed om at åpen tømmerluke kan gi svingninger før nivået i dammen stabiliserer seg. 3) De gir beskjed om at de drar videre til Skjefstadfoss. De forlater Braskereidfoss ca. 00:40.	Det er noe usikkerhet knyttet til hvilken informasjon som ble utvekslet på telefon før driftspersonell forlot stasjonen og hva som har blitt oppfattet. Da samtalen ble avsluttet, satt både driftspersonell og operatør på driftssentralen igjen med visshet om at Braskereidfoss var under kontroll. På driftssentralen kan en av operatørene ha misforstått meldingen fra driftspersonell og trodd at de ble værende igjen folk på stasjonen.
Ca. 00:40 – 06:30	Braskereidfoss	I dette tidsrommet er det ingen personer til stede på Braskereidfoss. Følgende er situasjonen fra kveldsskift forlater Braskereidfoss: - Tømmerluke er i full åpning. - Bunnluke står i auto og når full åpning ca. 00:40 (ca. 270m ³ /s) - Flomluke 3, 4 og 5 står i manuell, og står alle i ca. 20% åpning. Det er stigende vannstand utover natten.	Det gjøres ingen forsøk på å åpne flomlukene i dette tidsrommet.
00:01 - 02:04	Driftssentral		
Ca. 02:00	Braskereidfoss	Vannivå når 163,20moh, som er definert som høyest regulerte vannstand (HRV).	
02:01 - 02:10	Driftssentral		

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
02:04	Driftssentral		
02:10 – 02:18	Driftssentral		
Ca. 05:20	Braskereidfo ss	Vannstand når 164,7moh.	På dette tidspunktet renner det over målekummen, og nivåmålingen flater ut, selv om vannstanden i magasinet fortsetter å stige.
Ca. 05:30	Braskereidfo ss	Vannstand når 165 moh.	Omtrent på dette tidspunktet antas vannet å flomme over pilarene i lukedammen og begynne å renne inn i Lukehusene der motorene til flomlukene er plassert. Vannet flommer også over lamelldammen og begynner å trenge inn i stasjonene.
06:12	Driftssentral		
06:17	Driftssentral		
06:17	Braskereidfo ss	Aggregat 1 går til stopp automatisk ved «Lensekum nivå kritisk høy»	Etter dette tidspunktet anser man anlegget som druknet og det er naturlig å anta at vann har trengt inn i både skap og komponenter tilhørende kontrollsystemer og elektriske komponenter. Signaler fra anlegget fra dette tidspunktet anses derfor ikke som pålitelige. Nedstengning av aggregatet fører til bortfall av vannavledning gjennom turbinen og dermed eskalering av vannstandsøkning i dammen.
06:18	Driftssentral		

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
Ca. 06.30		Signaler og måleverdier er ikke pålitelige lenger når anlegget er oversvømt. Tidspunktet vil variere for forskjellige typer målinger. Kl. 06.30 er en omtrentlig tidsangivelse.	Dette antas ut fra grafer og datahistorikk denne morgenen til å være tidspunktet da målverdiene ikke lenger kan antas å være pålitelige. Alle meldinger, feilsignaler og måleverdier etter 06:17 må vurderes som ikke pålitelige, for da settes Braskereidfoss 1 under vann. Braskereidfoss 2 under vann kl. 06:40
06:30	Driftssentral		
06:40	Braskereidfoss	Aggregat 2 går til stopp.	Frakobling etter bryterfall på 22kv. Trolig elektrisk feil som følge av vanninntrengning i stasjon. Stasjon spenningsløs. Nedstengning av aggregatet fører til bortfall av vannavledning gjennom turbinen og dermed eskalering av vannstandsøkning i dammen. Totalt bortfall av ca. 470 m³/s som følge av stans i de to turbinene. Under design av BF2 var høydenivået som stasjonen skulle ligge på oppe til diskusjon. Opprinnelig plan ble endret med å heve høydenivået for kraftstasjonen med 0,5 meter i forhold til opprinnelig plantegning. Denne ligger dermed 50cm høyere enn kraftstasjon 1, og er årsaken til at strømforsyningen på kraftstasjon 2 falt ut en stund etter BF1.
06:40	Braskereidfoss	Nødaggregat starter 230 V forsyning.	
Ca. 06:45	Driftspersonell	Driftspersonell ankommer Braskereidfoss. Vannet flommer over dammen og over parkeringsplassen mellom Braskereidfoss 1 og Braskereidfoss 2. De går ut på dammen og ser at lukehusene for flomluke 3, 4, og 5 er under vann. Det er derfor uforsvarlig eller ikke mulig å entre lukehusene for å forsøke å lokalstyre flomlukene. De varsler videre i driftsorganisasjonen. De sperrer av veien på begge sider av elven. De ringer driftssentralen og ber dem åpne flomlukene. De har ikke tilgang til kontrollrommet i Braskereidfoss 2 bygget, hvorfra man også har mulighet for å operere flomlukene. De kontakter derfor driftspersonell fra Elvia og ber dem komme på stedet med nøkler.	Takkote på lukehusene på 163,03 moh.
06:52	Driftssentral		
06:56	Driftspersonell	Driftspersonell gir beskjed om at de ikke får kjørt flomlukene fra driftssentralen.	

Tidspunkt	Aktør	Hendelse	Kommentar
07:04	Driftssentral		
07:02 – 07:11	Driftssentral		Signalet «Vannstandsmåling kritisk høy» sendes til driftssentral ved vannstand 161,00 og ved 165,00, altså enten 220 cm lavere eller 180 cm høyere enn HRV (163,20). 165,00 tilsvarer nivået på toppen på pilarene i lukedammen. Dette signalet vil dermed først sendes når overtopping er et faktum og vil ikke fungere som faktisk forvarsel til operatørene på driftssentralen. Operatører på driftssentralen oppfatter at «Vannstandsmåling kritisk høy» signal skal trigges kort etter nivå 5, som for Braskereidfoss er satt til 163,25.
07:16	Elvia	Driftspersonell fra Elvia ankommer Braskereidfoss	HEV og Elvia samarbeider om forsyning og nettilgjengelighet.
07:18 – 07:36	Driftspersonell	Driftspersonell har fått tilgang til Elvia sitt kontrollrom og forsøker å operere flomlukene derfra. Flomluke 3 startes og kjøres mot åpning fra 1,77 meter med «lange åpne pulser», fra åpning på 1,77 meter til åpning på ca. 2,20 meter. Den stopper kl. 07:36. Etter øyemål mot nivå tak Lukehus, så har flomluke 3 en åpning på 2,20 meter.	Det er kabelbrann i 22KV anlegg og røykutvikling i kontrollrommet. Driftspersonell må på et tidspunkt ta pause i lukekjøringen og gå ut av kontrollrommet for å ta på seg røykdykkerutstyr. Økt åpning for flomluke 3 med ca. 40 cm i henhold til lukeåpningsverdiene på kontrollskjermen. Posisjonsmålingen er foretatt på øyemål på stedet og ikke basert på målinger fra posisjongiverne, da disse på dette tidspunktet er druknet.
09:05	Braskereidfoss	Forsyningen fra 220V nødaggregatet forsvinner.	Det har vært vanninntrengning i bygget som huser nødaggregatet. Man kan se at vannstanden har nådd ca. halvveis opp på selve aggregatet.
9. august 2023 – hendelser og aksjoner utover siste forsøk på å åpne flomlukene (ikke del av granskningen)			
Morgen – ettermiddag	HEV	Overflomming av hele Braskereidfoss anlegget fortsetter utover dagen. I løpet av morgenen kontakter HEV nødetater, som bistår i å sikre området, evakuere beboere (10-15 husstander), etc. Det foreslås fra Politiet å forsøke å sprengre demningen. Forsvaret kommer på stedet. Forslaget om sprengning avvises. Det besluttes å avvete situasjonen og la vannmassene erodere bort fyllingsdammen.	Etter at kraftstasjonene mister strømforsyning, og flomlukene står i lås i delvis åpnet posisjon, opplever man økende overrenning over flomlukene og stasjonsområdet. Fokus endres til full beredskap og overvåking av tilstanden i dammen.
Ca. 16:30	Braskereidfoss	Fyllingsdammen kollapser som følge av overtopping. I løpet av kort tid faller vannstanden og vannføringen forbi Braskereidfoss normaliseres.	Det henvises til aktivitet dato 2018-05-02 Rapport «Dam Braskereidfoss – Revurdering 2016»: «(...) Det vurderes dermed at dammen ikke vil tåle en overtopping ved en ulykkestilstand.»

5.6 Informasjonsflyt i driftskontrollsystemet

I forbindelse med granskningen er DNV forelagt hendelseslogg fra SCADA, signallogg fra lokal SCADA og kommandologg fra det aktuelle tidsrommet for hendelsen. Disse loggene har blitt sett i sammenheng med hverandre og relevante hendelser er sammenlignet og analysert. Listene er også analysert mot skjermbilder fra Aveva PI.

Tabell 5 viser triggergrenser på alarmer og grensemeldinger relevante for hendelsen.

I SCADA opereres det med følgende signalkategorier:

- Nivå 0: Signaler som skal registreres og rapporteres første arbeidsdag.
- Nivå 1: Signaler skal kunne håndteres av driftssentralen på eget initiativ.
- Nivå 2: Signaler som skal kunne håndteres av driftssentralen i samråd med påkallingspersonell.
- Nivå 3: Signaler som skal håndteres av påkallingspersonell og krever umiddelbar utrykning/feilretting.

Kategoriseringen er gjeldende for hvert enkelt kraftverk, men er ikke standardisert i selskapet. Det er prosjektledere i samarbeid med leverandører som etablerer datalister for parametere og meldinger som skal inn i SCADA ved utbygging eller oppgradering. Ved vesentlige endringer skal driftssentralen informeres om endringene som er foretatt av de ulike parametrene i systemet.

Tabell 5 Oversikt over relevante signaler, grensemeldinger og alarmer

Element	Type	Utløsende faktor	Signal-kategori	Farge	Akustisk alarm	Kommentar
GR3HØY	Grensemelding	Luke2 Vannføring > 260 m3/s		Hvit	Ja	
GR4HØY	Grensemelding	Luke2 Vannføring > 265 m3/s		Hvit	Ja	
GR5HØY	Grensemelding	Luke2 Vannføring > 270 m3/s		Hvit	Ja	
VANNSTAND UNORMAL	Signal	Vannstand $\geq 163,30$	Nivå 1	Gul	Ja	
GR3HØY	Grensemelding	Vannstand 1 $\geq 163,22$		Hvit	Ja	
GR4HØY	Grensemelding	Vannstand 1 $\geq 163,23$		Hvit	Ja	
GR5HØY	Grensemelding	Vannstand 1 $\geq 163,25$		Hvit	Ja	
GR5HØY	Grensemelding	Vannstand 2 $\geq 163,27$		Hvit	Ja	
GR5HØY	Grensemelding	Vannstand 3 $\geq 163,28$		Hvit	Ja	
VANNSTANDMÅLING KRIT	Signal	Vannstand $\geq 165,00$	-	-	Ja	Noe usikkerhet tilknyttet eksakt triggerverdi.
TURBINREGULATOR Ind.2	Signal	Vannstand 3 $\geq 163,30$	Nivå 2	Rød	Ja	Noe usikkerhet tilknyttet eksakt triggerverdi.
GR3HØY	Grensemelding	Lensum 1 > 1.05m		Hvit	Ja	
GR4HØY	Grensemelding	Lensum 1 > 1.20m		Hvit	Ja	
GR5HØY	Grensemelding	Lensum 1 > 1.22m		Hvit	Ja	
GR4HØY	Grensemelding	Lensum 2 > 1.05m		Hvit	Ja	

GR5HØY	Grensemelding	Lensekum 2 > 1.33m		Hvit	Ja	
LENSEKUM NIVÅ	Signal	Lensekum > 1.3m	Nivå 2	Rød	Ja	Noe usikkerhet tilknyttet eksakt triggerverdi.
LENSEKUM NIVÅ KR HØY	Signal	Lensekum > 2m	Nivå 2	Rød	Ja	Det er noe usikkerhet tilknyttet eksakt triggerverdi.

Skjermbildene fra PI er sammenlignet med alarm- og hendelseslister fra SCADA [REDACTED] Signalloggen, hendelsesloggen og kommandologgen gir et helhetlig bilde av hvilke kommandoer som ble sendt fra driftssentralen denne natten og hvordan driftskontrollsystemet har respondert på kommandoene. Loggene inneholder også driftsmeldinger fra automatiserte prosesser på kraftverket, men er ansett som mindre relevant for lukestyringen.

Signalene sendt til og fra kraftstasjonen frem til Braskereid 1 stopper klokken 06:17 er ansett som pålitelige. Man antar at kraftverket er druknet og at vann har trengt inn i kontrollsystemer og elektriske komponenter etter dette, og vet ikke med sikkerhet trigger årsak for enkelte alarmer eller om de er forårsaket av kortslutninger. DNV har brukt signallister og alarmlogger for å forstå driftskontrollsystemets forventede funksjonalitet. Man har ikke tatt stilling til designet av den enkelte alarms funksjon og relevans for utfallet av hendelsen.

Tabell 6 viser et utdrag av de mest relevante alarmer, kommandoer og grenseverdier. Alarmtekstene er forkortet, men informative for driftsoperatører. «SETPREG» er for eksempel en forkortelse for settpunksregulering av luker. Kommentarer til tabellen er gitt i de etterfølgende avsnittene.

Tabell 6 Utdrag av alarmer, kommandoer og grenseverdier

Nr:	Dato:	Tid:	Beskrivelse:
1	08.08.2023	20:49:01	Braskereid 2 AG1 Aktiv effekt setp Beordret verdi 5.50 MW M
2	08.08.2023	21:39:09	Braskereidf luke 5 vannf setp Beordret verdi 250.00 m3/s M
3	08.08.2023	21:39:09	Braskereid FEL SETPREG LUKE 5 SIGNAL
4	08.08.2023	21:39:49	Braskereid FEL SETPREG LUKE 5 *PÅGÅR
5	08.08.2023	21:45:19	Braskereidf luke 4 vannf setp Beordret verdi 250.00 m3/s M
6	08.08.2023	21:45:19	Braskereid FEL SETPREG LUKE 4 SIGNAL
7	08.08.2023	21:46:04	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL SIGNAL 1
8	08.08.2023	21:46:05	Braskereid FEL SETPREG LUKE 4 *PÅGÅR
9	08.08.2023	22:02:36	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL Normal
10	08.08.2023	22:38:05	Braskereidf luke 3 vannf setp Beordret verdi 250.00 m3/s M
11	08.08.2023	22:38:05	Braskereid FEL SETPREG LUKE 3 SIGNAL
12	08.08.2023	23:38:44	Braskereid FEL SETPREG LUKE 3 *PÅGÅR
13	08.08.2023	22:48:40	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL SIGNAL 1
14	08.08.2023	22:48:41	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL Normal
15	08.08.2023	22:48:42	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL SIGNAL 1
16	08.08.2023	22:55:21	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL Normal
17	08.08.2023	22:55:24	Braskereid FEL SETPREG LUKE 5 SIGNAL
18	08.08.2023	22:55:24	Braskereidf luke 5 vannf setp Beordret verdi 300.00 m3/s M
19	08.08.2023	22:56:10	Braskereid FEL SETPREG LUKE 5 *PÅGÅR
20	08.08.2023	23:08:13	Braskereid LUKE2 VANNSTANDSREGULERING AV
21	08.08.2023	23:08:14	Braskereid FEL SETPREG LUKE 2 *PÅGÅR
22	08.08.2023	23:08:53	Braskereid VREG VANNSTAND UNORMAL SIGNAL 1
23	08.08.2023	23:14:15	Braskereid VAN FLOMLUKE 1 *LUKKET
24	08.08.2023	23:29:22	Braskereid LUKE2 VANNSTANDSREGULERING PÅ
25	08.08.2023	23:29:22	Braskereid FEL SETPREG LUKE 2 SIGNAL
		23:30:00	Tømmerluke åpnes helt
26	08.08.2023	23:32:15	Braskereid LUKE2 VANNSTANDSREGULERING AV
27	08.08.2023	23:32:16	Braskereid FEL SETPREG LUKE 2 *PÅGÅR

28	08.08.2023	23:35:36	Braskereid LUKE2	VANNSTANDSREGULERING	PÅ	
29	08.08.2023	23:35:36	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 2	SIGNAL	
30	08.08.2023	23:55:58	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
31	08.08.2023	23:57:10	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
32	08.08.2023	23:58:11	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
33	09.08.2023	00:01:44	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
34	09.08.2023	00:04:33	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
35	09.08.2023	00:11:17	Braskereid VAN	Luke2 vannføring set	Øvre forvarsel sjekk AV	L
36	09.08.2023	00:13:22	Braskereid VAN	Luke 2 vannføring	Alarmbehandling blokkert PÅ	M
37	09.08.2023	00:13:22	Braskereid VAN	Luke 2 vannføring	Utløpstid for blokkering: 2023-08-09 07:00	M
38	09.08.2023	00:18:39	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
39	09.08.2023	00:19:30	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
40	09.08.2023	00:20:53	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
41	09.08.2023	00:22:54	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
42	09.08.2023	00:24:13	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
43	09.08.2023	00:24:13	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
44	09.08.2023	00:27:23	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
		00:40:00	Personnel forlater kraftverket			
45	09.08.2023	00:45:19	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
46	09.08.2023	00:46:15	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
47	09.08.2023	00:47:18	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
48	09.08.2023	00:51:25	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
49	09.08.2023	01:10:49	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
50	09.08.2023	01:14:05	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
51	09.08.2023	01:32:21	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
52	09.08.2023	01:32:22	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
53	09.08.2023	01:32:23	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
54	09.08.2023	01:38:26	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
55	09.08.2023	02:01:30	Braskereid VAN	Vannstand 1	Inn i GR3HØY sone	163.22 moh verdi: 163.22
56	09.08.2023	02:02:38	Braskereid VAN	Vannstand 1	Inn i GR4HØY sone	163.23 moh verdi: 163.23
57	09.08.2023	02:04:40	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
58	09.08.2023	02:06:08	Braskereid VAN	Vannstand 1	Inn i GR5HØY sone	163.25 moh verdi: 163.25
59	09.08.2023	02:06:18	Braskereid VAN	Vannstand 2	Inn i GR5HØY sone	163.27 moh verdi: 163.27
60	09.08.2023	02:06:51	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
61	09.08.2023	02:07:31	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
62	09.08.2023	02:08:31	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	TILSTEDE	
63	09.08.2023	02:09:37	Braskereid VAN	Vannstand 3	Inn i GR5HØY sone	163.28 moh verdi: 163.28
64	09.08.2023	02:09:53	Braskere.2 TB1	ELEKTRONISK BEGREN.	*TILSTEDE	
65	09.08.2023	02:10:03	Braskere.1 TB1	TURBINREGULATOR Ind.2	SIGNAL	2
66	09.08.2023	02:16:47	Braskere.1 TB1	TURBINREGULATOR Ind.2	Normal	
67	09.08.2023	02:18:21	Braskere.1 TB1	TURBINREGULATOR Ind.2	SIGNAL	2
68	09.08.2023	02:59:36	Braskere.1 B1FEL	LENSEPUMPE 2 Ind.1	DRIFT	
69	09.08.2023	03:07:46	Braskere.1 B1FEL	LENSEPUMPE 2 Ind.1	*DRIFT	
70	09.08.2023	06:11:22	Braskere.1 B1FEL	LENSEPUMPE 2 Ind.1	DRIFT	
71	09.08.2023	06:11:44	Braskere.1 B1FEL	Lensekum nivå 1	Inn i GR3HØY sone	1.05 m verdi: 1.06
72	09.08.2023	06:11:48	Braskere.1 B1FEL	Lensekum nivå 2	Inn i GR4HØY sone	1.05 m verdi: 1.05
73	09.08.2023	06:12:31	Braskere.1 B1FEL	LENSEKUM NIVÅ	SIGNAL	2
74	09.08.2023	06:12:31	Braskere.1 B1FEL	LENSEPUMPE 1 Ind.1	DRIFT	
75	09.08.2023	06:12:32	Braskere.1 B1FEL	Lensekum nivå 1	Inn i GR4HØY sone	1.20 m verdi: 1.20
76	09.08.2023	06:13:38	Braskere.1 B1FEL	Lensekum nivå 1	Inn i GR5HØY sone	1.33 m verdi: 1.35
77	09.08.2023	06:13:38	Braskere.1 B1FEL	Lensekum nivå 2	Inn i GR5HØY sone	1.33 m verdi: 1.34
78	09.08.2023	06:17:07	Braskere.1 B1FEL	LENSEKUM NIVÅ KR HØY	SIGNAL	2
79	09.08.2023	06:17:07	Braskere.1 AG1	STOPPRELE	STOPPST.	
		06:18:00	Driftssentralen ringer kraftverkspersonnel			
80	09.08.2023	06:19:08	Braskere.1 AG1	INNTAKSLUKE Ind.2	LUKKET	
81	09.08.2023	06:23:56	Braskereid VAN	FLOMLUKE 4	LUKKET	

82	09.08.2023	06:23:59	Braskere 2 VAN	FLOMLUKE 4 FJENRNST	AV	
83	09.08.2023	06:28:05	Braskereid VAN	FLOMLUKE 5	LUKKET	
84	09.08.2023	06:32:26	Braskereid VAN	FLOMLUKE 1	LUKKET	
85	09.08.2023	06:35:51	Braskere 2 VAN	FLOMLUKE 5 FJENRNST	AV	
86	09.08.2023	06:42:06	Braskereid VAN	FLOMLUKE 3	LUKKET	
87	09.08.2023	06:42:06	Braskereid VAN	BUNNLUKE 2	LUKKET	
88	09.08.2023	06:42:20	Braskere 2 B2NG1	DIESELAGGR IDRIFT	SIGNAL	2
89	09.08.2023	06:42:23	Braskere 2 AG1	INNTAKSLUKE ÅPEN	ÅPEN	
90	09.08.2023	06:42:38	Braskere 2 AG1	STOPPRELE	STOPPST.	
		06:45:00	Personnel ankommer Kraftverket			
		06:51:00	Ankommet personel ringer driftssentralen			
91	09.08.2023	06:48:06	Braskere 2 AG1	INNTAKSLUKE ÅPEN	*ÅPEN	
92	09.08.2023	06:51:51	Braskereidf	luke 5 vannf setp	Beordret verdi 600.00 m3/s	M
93	09.08.2023	06:51:56	Braskereidf	luke 4 vannf setp	Beordret verdi 600.00 m3/s	M
94	09.08.2023	06:52:06	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 600.00 m3/s	M
95	09.08.2023	06:52:06	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 3	SIGNAL	
96	09.08.2023	06:52:10	Braskere 2 AG1	INNTAKSLUKE LUKKET	LUKKET	
97	09.08.2023	06:54:40	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 400.00 m3/s	M
98	09.08.2023	06:55:06	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 3	*PÅGÅR	
99	09.08.2023	06:55:23	Braskereidf	luke 4 vannf setp	Beordret verdi 400.00 m3/s	M
100	09.08.2023	06:55:40	Braskereidf	luke 4 vannf setp	Beordret verdi 500.00 m3/s	M
101	09.08.2023	06:56:04	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 500.00 m3/s	M
102	09.08.2023	06:56:04	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 3	SIGNAL	
103	09.08.2023	06:57:39	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 400.00 m3/s	M
104	09.08.2023	06:59:04	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 3	*PÅGÅR	
105	09.08.2023	07:00:00	Braskereid VAN	Luke 2 vannføring	Alarmbehandling blokkert AV	
106	09.08.2023	07:02:01	Braskereid VREG	VANNSTANDMÅLING KRIT	SIGNAL	2
107	09.08.2023	07:04:30	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 500.00 m3/s	M
108	09.08.2023	07:04:30	Braskereid FEL	SETPREG LUKE 3	SIGNAL	
109	09.08.2023	07:05:35	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 450.00 m3/s	M
110	09.08.2023	07:06:15	Braskereidf	luke 3 vannf setp	Beordret verdi 400.00 m3/s	M
111	09.08.2023	07:07:00	Braskereidf	luke 5 vannf setp	Beordret verdi 550.00 m3/s	M
112	09.08.2023	07:11:58	Braskereid VREG	VANNSTANDMÅLING KRIT	Normal	
113	09.08.2023	07:11:58	Braskereid VREG	VANNSTANDMÅLING KRIT	SIGNAL	2
114	09.08.2023	07:25:50	Braskere 2 22B2T1	E	UT -Kommando	M
115	09.08.2023	07:25:59	Braskere 2 22B2T1	S	UT -Kommando	M
116	09.08.2023	07:27:20	Braskere 2 22B2T1	S	UT -Kommando	M
117	09.08.2023	07:38:19	Braskere 2 VAN	FLOMLUKE 3 FJENRNST	AV	

5.6.1 Kommandologg fra driftssentral

DNV har fått tilsendt kommandologg som beskriver og tidfester alle kommandoer sendt fra driftssentralen [REDACTED]

[REDACTED] Loggen strekker seg fra 2023-08-06 til 2023-08-10, men bare det aktuelle tidsrommet fra den 8. til den 9. er systematisk gjennomgått. [REDACTED]

På Braskereidfoss ble luke 5 og luke 4 kjørt om kvelden den 8. henholdsvis klokken 21:39 og 21:45. Senere ble Luke 3 og luke 5 kjørt klokken 22:38 og 22:55. Rett over midnatt klokken 00:13 blokkeres alarmer for grenseverdier vannføring Luke 2, «Alarmbehandling blokkert på, Luke 2 vannføring». Grensemeldinger som varsler vannmengde gjennom Luke 2 er da blokkert frem til klokken 07:00 morgenen etter. I signalloggen i Tabell 6 bekreftes det at alarmbehandling for Luke 2 reaktiveres automatisk den 9. klokken 07:00. I kommandologgen fra driftssentral er alarmblokkeringen siste registrerte

kommando mot Braskereidfoss før kraftverket stopper morgenen etter. Det antas at driftssentralen ikke har utført noen kommandoer og at driftskontrollsystem og kommunikasjonslinjer har fungert.

Measurand Information BRAS VAN BUNNLUKE 2 VANNFORING									
Identification: Braskereid VAN Luke 2 vannføring									
Comment:									
Bay identification text:									
Process Info					Config 1	Config 2	Limits	Gradient Check	Debug
Station: BRASKEREIDFOSS					Limit supervised at				
Subsystem: Kraft					Limit supervised				
RTU: RTU BRASKEREIDFOSS 104					Limit name	Current Value	Default Value	Current Value	Default Value
Track:								Limit exceeded	
Test operation: No					Limit 5 High Level:	265,00	100,00	Yes	No
Current value: 311,28 m3/s					Limit 4 High Level:	250,00	100,00	Yes	No
Process value: Quality (1 = Valid):					Limit 3 High Level:	190,00	100,00	Yes	No
Alarm blocked MAGwise: Point Bay Subnet Station					Limit 2 High Level:		100,00	No	No
Data acquisition blocked: No No No No No					Limit 1 High Level:		100,00	No	No
Alarm processing blocked: No No No No No					Limit 1 Low Level:		0,00	No	No
Audible alarm blocked: No					Limit 2 Low Level:		0,00	No	No
Updated: Yes					Limit 3 Low Level:	5,00	0,00	Yes	No
Manual entry: No Historized: Yes					Limit 4 Low Level:		0,00	No	No
Measurand OLM Grad Equip.					Limit 5 Low Level:		0,00	No	No
Persistent alarm: Yes					Zero Dead Band:		0,00	No	No
Unacknowledged alarm: No					Limit Hysteresis:		0,00		
Implemented: Yes					Outside Transducer Limit:			No	
Invalid: No SE Anomaly: No					Last limit check done versus Process Value			No	
Tagged:					Overload Monitor Alarm processing blocked:				
Substituted: No					Defaults Limits changed by Data Engineering:				
Stale: No Stale Blocked: No					Limits changed in SCADA:			Yes	
Calculation documentation: 					Current Limits Changed by Limit Manager:				
Status calculation: No					Active Limit Set / Autoloading:				
					Reset High/Low/Zero Values to Default Limits:				

Figur 12 Skjerm bilde av grenseverdier Luke 2

En viktig handling som ble gjort av driftssentralen er alarmblokkering av vannføringen i Luke 2. Alarmloggen viser at det kommer nærmere 20 grensemeldinger angående vannføring i Luke 2 rett før ca. klokken 00:13, når alarmblokkeringen finner sted. Man ser da at vannføringen nærmer seg maksimal kapasitet.

5.6.2 Signal og alarmlogg til driftssentral

Det er viktig å skille mellom signaler og alarmer sendt fra kraftverket, og grensemeldinger satt lokalt i driftssentralen. Grensemeldinger presenteres alltid som hvite på alarmloggen til operatørene på driftssentralen. Fra kraftverket blir det gjennom natten sendt flere alarmer om «B2 Elektronisk begrenset» som DNV blir fortalt er en alarm som signaliserer at turbinen på Braskereidfoss 2 jobber på maksimal kapasitet og at en automatisk elektronisk begrensnings er aktivert for å beskytte den mot overbelastning.

Kvelden og natten før hendelsen sendes det flere alarmer av typen «Vannstand unormal». Dette er en nivå 1-alarm, og presenteres i gult på alarmloggen til operatørene på driftssentralen. Denne alarmen sier ikke noe om vannstanden er unormalt høy eller lav, men skal gi operatøren varsel om at vannstanden avviker fra normal. I lokal SCADA brukes alarmteksten «Overvann vannstand unormal», mens i SCADA brukes alarmteksten «Vannstand unormal». Vannstand unormal trigges når minst en av de 3 vannstandsmålingene er utenfor de fastsatte grensene. Denne alarmen er registrert i driftskontrollsystemet 4 ganger gjennom natten, 00:01, 00:51, 01:32 og 02:04. Klokken 02:10 og 02:18 trigges

alarm «B1 Turbinregulator varsel». Denne alarmen sendes to ganger fra kraftverket, og varsler om at driftsstatus avviker fra normalen.

Like før Braskereidfoss 1 stopper om morgenen klokken 06:12 kommer det alarm fra kraftverket «Lensekum høyt nivå» etterfulgt av «Lensekum nivå kritisk høyt» klokken 06:17. På dette tidspunktet anser man lensekum som oversvømmet.

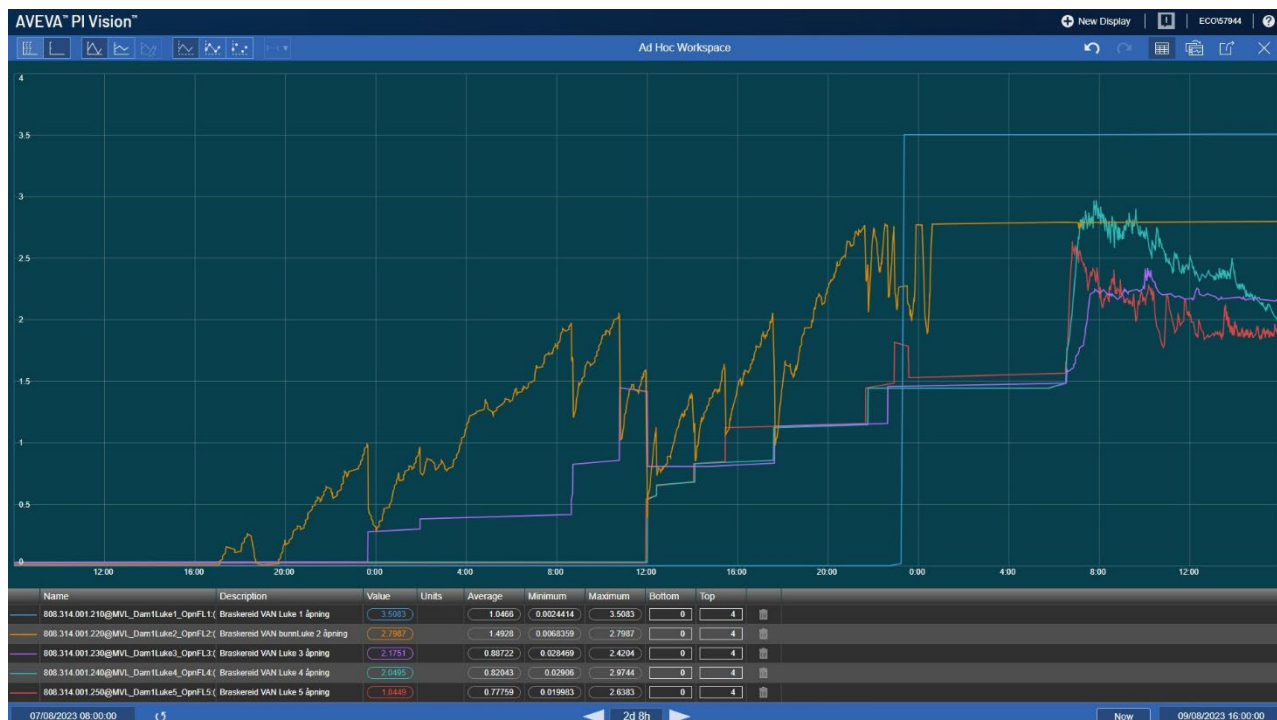
Fra dette tidspunktet er det noe usikkert hvordan man skal tolke signalene, siden kraftstasjonen er antatt druknet. Det antas at de elektriske komponentene tilhørende driftskontrollsystemet er eksponert for vann. Man kan i tillegg se at det trigges alarmras etter at Braskereidfoss 1 stopper, som også er å forvente når et spenningsnett anlegg blir eksponert for vann. Disse alarmene er ikke systematisk gjennomgått, men man har likevel vektlagt å se på signalene tilknyttet lukene siden disse kan være relevant for når lukene ikke lenger var tilgjengelig for operasjon. DNV har også blitt forelagt signallogg fra lokal SCADA [REDACTED] som bekrefter at det har vært personell i kraftstasjonen. Signalloggen fra lokal SCADA er sammenlignet med hendelseslogg fra SCADA for å gjenkjenne sammenfallende hendelser og hvilke kommandoer som har blitt utført fra driftssentralen eller lokalt kontrollrom.

5.6.3 Lukeoperasjoner

DNV har også fått tilgang til utvalgte skjermbilder fra hendelsesforløpet. Figur 13 og Figur 14 viser lukeposisjoner i tidsrommet for hendelsesforløp, fra kl. 16:00 den 8. august til kl. 09:00 den 9. august.



Figur 13 Lukeposisjoner angitt i prosent for tidsrommet 2023-08-08 kl. 16:00 – 2023-08-09 kl. 10:00



Figur 14 Lukeposisjoner angitt i meter for tidsrommet 2023-08-08 kl. 16:00 – 2023-08-09 kl. 10:00

Tømmerluke, luke 1: Tømmerluken er representert med blå graf og ble åpnet 100% ca. klokke 23:30. Som grafen bekrefter, står denne luken med konstant åpning gjennom hele natten. Som en konsekvens av at tømmerluken åpnes ser man i hendelsesloggen at dammen er urolig og at bunnluken regulerer for å dempe svingningene i vannstanden.

Bunnluke, luke 2: Reguleringen blir satt i Manuell fra lokalt i forkant av åpning av tømmerluken, og driftssentralen blir varslet om dette. Denne settes tilbake i Auto når tømmerluken er ferdig åpnet. Reguleringslukens maksimale kapasitet på 270 m³/s anses som begrenset effekt i forbindelse med regulering av store vannmengder. Ut ifra PI-data ser man at bunnluken når maks volum mellom midnatt og kl. 01:00, og blir liggende på maksimal kapasitet gjennom hele natten. Som nevnt, er det lokalt 3 grensemeldinger tilhørende bunnluken. Disse gir ingen alarmer på driftssentralen, ettersom grensemeldinger er blokkert.

Flomlukene, luke 3, 4 og 5: Både grafene hentet fra PI og kommandologgen viser at luke 4 og 5 setpointsreguleres og beordres til 250m³/s litt før klokken 22:00 kvelden den 8. Luke 4 kan ses på den grønne grafen, mens luke 5 kan ses på den røde grafen. Litt før klokken 23:00 beordres også Luke 3 til 250m³/s, som kan ses på den lilla grafen i skjermbildet fra PI. Klokken 22:55 beordres igjen luke 5 til en åpning tilsvarende 300m³/s. Etter dette tidspunktet og frem til om morgenen gjøres det ingen forsøk på å regulere flomlukene (eller bunnluken).

Går man frem til morgenen den 9., finnes det signaler i alarm-listen om at lukene er lukket og «Fjernstyring av signal AV». Allerede klokken 06:23 får man signal om at luke 4 er lukket og klokken 06:28 får man signal om at luke 5 er lukket, 06:42 får man lukket signal på den siste flomluken luke 3. På gitte tidspunkt er det vitneobservasjoner på stedet som ser at dette ikke stemmer og at lukene ikke er lukket. Det må derfor antas at det er her man mister monitoreringen og driftskontrollsystemet, noe skjermbildet fra PI også kan tyde på. Om lukene har vært kjørt etter dette er umulig å slå fast ut fra datalogger og grafer hentet fra driftskontrollsystemet.

Flomlukene kan fjernstyres fra driftssentral, lokalt på kontrollrom og lokalt i selve lukehusene. På alle de 3 lokasjonene har man bryter der man manuelt kan endre styringsmodus fra fjernstyring til lokal. Driftskontrollsystemet får signaler at fjernstyringen er skrudd av klokken 06:23 for luke 4 og 06:35 for luke 5. Det er derfor rimelig å anta at det ikke er mulig å

kjøre disse lukene med fjernstyring fra driftssentralen etter dette. Luke 3 derimot avgir ikke fjernstyring av signal før klokken 07:38. Ut fra alarmloggene ser man at det er blitt gjort forsøk på å sende kommandoer til alle flomlukene fra klokken 06:51 og frem til man mister fjernstyringen av Luke 3. Visuelle observasjoner i etterkant viser at pulssignalene sendt til Luke 3 i dette tidsrommet har gitt en faktisk økt åpning i Luke 3.

5.6.4 Evaluering av informasjonsflyt i driftskontrollsystemet

Etter systematisk gjennomgang av alarmlister, kommando- og hendelseslogg ser man at hendelsesforløpet stemmer overens med tidslinjen, observasjoner og de intervjuene som er gjennomført. Man kan også slå fast at driftssentralen har mottatt alarmer og varsler fra kraftverket gjennom natten som man ikke har evnet å respondere på. Også grensemeldinger for vannstand høy og vannstand unormal har blitt oversett. Alarmblokkeringen av vannstand luke 2 klokken 00:13 har ført til at grensemeldinger ikke har kommet frem til Driftsoperatør. Siste registrerte lukeoperasjon er utført 22:55 tirsdag 8.8, og er forsøkt operert igjen 06:51 onsdag 9.8., og det finnes ikke tegn til at lukene er forsøkt kjørt mellom disse tidspunktene. Alt tyder på at systemet har fungert som normalt, og det er ikke vurdert som nødvendig å iverksette ytterligere tekniske undersøkelser.

6 ÅRSAKSANALYSE

6.1 Direkte årsaker

Direkte årsaker beskriver umiddelbare årsaker til hendelsen, så som tekniske feil eller mangler, eller operative feilhandlinger eller manglende handlinger.

6.1.1 Manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå overvann

Den direkte årsaken til at flomlukene på Braskereidfoss ikke ble åpnet da vannstanden steg, er manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå overvann. Braskereidfoss kraftverk er ubemannet og overvåkes og kontrolleres normalt fra driftssentralen på Lillehammer. Det var flere alarmer i løpet av natten som varslet om at vannstanden var stigende, men operatørene på driftssentralen ble ikke oppmerksom på disse alarmene.

I løpet av natten var det heller ikke driftspersonell til stede på Braskereidfoss som kunne ha observert stigende vannstanden og aktivert flomlukene lokalt. Det var således ingen som var oppmerksom på situasjonen som utviklet seg, der vannstanden steg og etter hvert flommet over dammen. Det var derfor ingen som forsøkte å aktivere flomlukene i tidsrommet fra ca. kl. 00:40 til 06:30.

Det er konkludert med at det ikke var feil eller svikt i tekniske systemer som førte til hendelsen.

6.2 Bakenforliggende årsaker

De bakenforliggende årsaker kan forklare manglende oppmerksomhet på at vannstanden oversteg HRV og at det ikke ble gjort forsøk på å aktivere flomlukene. Det kan ikke pekes på en enkeltstående årsak til hendelsen. Det er flere bakenforliggende årsaker til at situasjonen ikke ble oppdaget. Disse er å finne i Menneskelige, Tekniske og Organisatoriske forhold, og ikke minst i samspillet mellom disse. De bakenforliggende årsakene som har blitt avdekket er beskrevet i følgende avsnitt.

6.2.1 Sårbarhet i barrierefunksjonen «åpne flomluker»

Ved stor vannføring eller skadeflom er det kun én barriere på Braskereidfoss som skal forhindre overflomming. Denne barrieren er flomlukene. Barrierefunksjonen kan benevnes «åpne flomluker». Denne funksjonen er avhengig av tekniske, organisatoriske og operasjonelle barriereelementer.

Eksempler på tekniske barriereelementer for flomlukene er: strømforsyning, elektromotor/drivverk, PLS, vannstandsmålere, SCADA, etc.

Et viktig organisatorisk barriereelement er at man har tilstrekkelig med ansatte operatører på driftssentralen, og at disse har den nødvendige kompetansen og treningen.

Når det gjelder operasjonelle barriereelementer, så vil dette være at operatør på driftssentralen, eller person lokalt på anlegget, foretar en handling som aktiviserer lukene. Braskereidfoss er normalt ubemannet, noe som også var tilfellet natt til 9. august, fra ca. kl. 00:40.

Anlegget er ikke utstyrt med noen form for automatisk nødregulator, som tar over dersom operasjonell handling uteblir og utløser flomlukene ved høy vannstand.

For at barrierefunksjonen «åpne flomluker» skal fungere, var man altså avhengig av ett enkelt operasjonelt barriereelement: Operatør på driftssentralen som aktiviserer flomlukene. Ettersom dette operasjonelle barriereelementet

ikke ble utført på flomnatten, var det ingen andre barriereelementer som kunne aktivisere barrierefunksjonen, verken tekniske eller operasjonelle.

En automatisk nødregulator, ville ha vært et teknisk barriereelement som kunne ha utløst barrierefunksjonen «åpne flomluker» ved en angitt vannstand, dersom det operasjonelle barriereelementet ikke fungerte.

I denne sammenheng er det ikke av betydning at operatøren har flere forskjellige muligheter for å overvåke vannstanden og flere typer varslinger (grenseverdier og kamera). Det er heller ikke i denne sammenheng av betydning at flomlukene er utstyrt med back-up løsninger dersom normal strømtilførsel opphører (alternativt strømmnett, nødaggregat, etc.).

Frem til rundt 2004/2005 hadde man en vaktordning for Braskereidfoss (og andre anlegg), der hjemmevakt fikk melding på personsøker, og senere mobiltelefon, når det gikk alarmer på anlegget. På denne tiden var ikke driftssentralen permanent bemannet. Uten å sammenligne med dagens system, kan det ha vært en styrke at man sikret informasjon direkte til ressurser som kunne håndtere situasjonen ute i felt, uten at informasjon først måtte mottas og prosesseres av operatøren på driftssentralen.

6.2.2 Sårbarheter i driftssentralen

Driftssentralen er en del av operativ beredskapsledelse i Hafslund Eco Vannkrafts beredskapsplan (pkt. 3.3.2). Det finnes imidlertid ingen beredskapsinstruks for driftssentralen, som konkretiserer hvordan man skal organisere seg eller hvilke typer meldinger, varsler, signaler, etc. som skal prioriteres i en beredskapssituasjon.

Driftssentralen er inkludert i beredskapsøvelser som gjennomføres på anleggene. Det gjennomføres imidlertid ikke beredskapsøvelser som er rettet direkte mot driftssentralen, der det trenes på scenarioer med mer omfattende hendelser på flere anlegg og der operatørene blir utfordret på mer krevende situasjoner. Man har ikke øvelser som tester parallell krisehåndtering for flere anlegg, noe som er tilfellet for driftssentralen mens ekstremvær pågår. Det oppleves da en stor belastning på mange anlegg på samme tid, hvor prioriteringen og kritikalitetsvurdering av hvilke anlegg man skal prioritere kan bli en utfordring for operatør.

Det er også et historisk perspektiv på driftssentralens sårbarhet.

Driftssentralen ble opprettet i 1991, hvor man da håndterte [redacted] anlegg fra sentralen. I dag har antall anlegg som opereres fra driftssentralen økt til [redacted]. Det er imidlertid fortsatt [redacted] som skal operere samtlige anlegg eller dammer. Ettersom anleggene er bygget på forskjellig tid, representerer de også en stor grad av forskjellighet i teknologi og overvåking. Det er varierende grad av standardisering på tvers av anleggene, noe som i den siste ende øker kravene til operatørene. Gjennom intervju er det beskrevet at hvert anlegg har sin egen «personlighet» og må opereres utfra individuelle forhold.

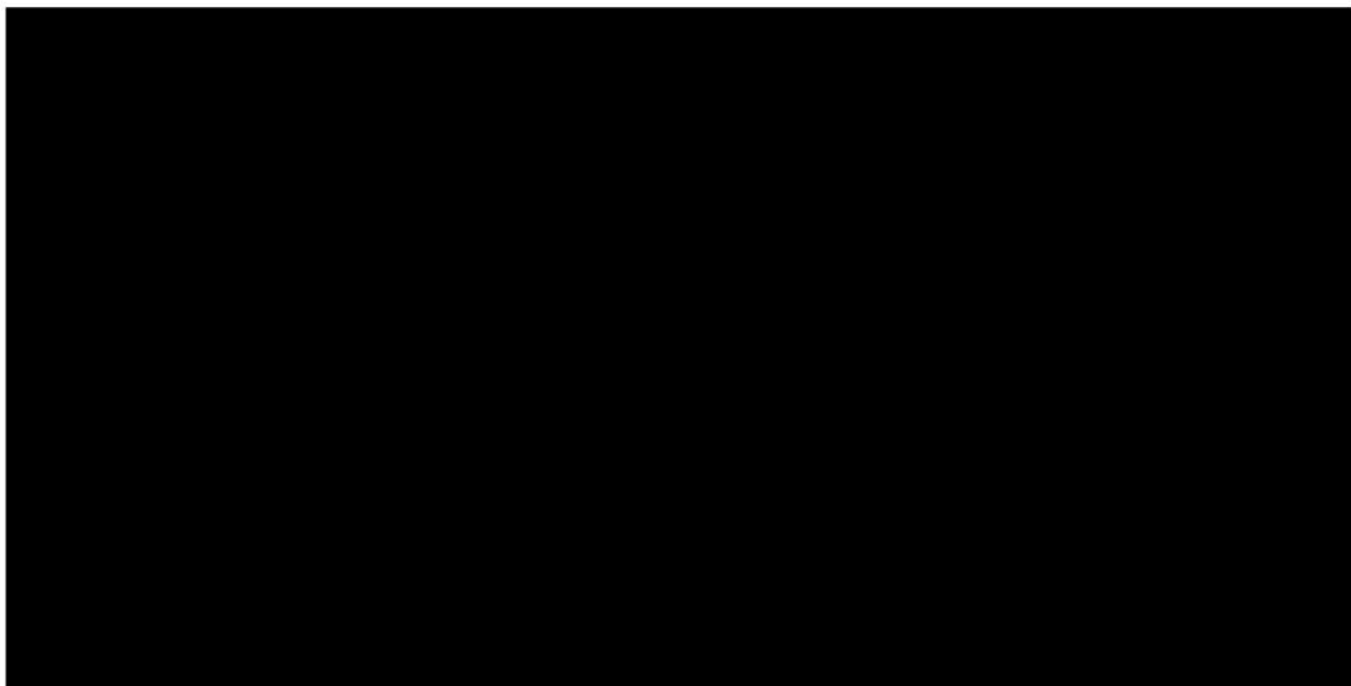
Selv om det ikke umiddelbart går an å sammenligne arbeidssituasjonen på driftssentralen i 1991 med dagens situasjon, kan økningen i antall anlegg likevel ha økt sårbarheten i driftssentralen og medvirket til at den ikke var i stand til å håndtere hendelsen som forventet. [redacted] anlegg, men under «Hans» viste det seg at antall anlegg ble for stort til å håndtere, selv av [redacted]. Dette er behandlet videre i neste avsnitt.

6.2.3 Ekstraordinært stor arbeidsbelastning i driftssentralen

Arbeidsbelastningen i driftssentralen var ekstraordinært høy under ekstremværet «Hans», herunder natten 9. august. Selv om det isolert sett har vært erfart større vannføring i Glomma ved tidligere anledninger, så var det totale geografiske nedslagsområdet, den raske utviklingen og effekten av ekstremværet vesentlig større enn det som har vært opplevd tidligere av de involverte.

Operatørene på driftssentralen var i telefonisk kontakt med driftspersonell ute på Braskereidfoss rundt midnatt. Da vannstanden var stigende, avtalte man å åpne tømmerluken. Bunnluken ble også satt i hånd før man foretok manuell åpning av tømmerluken. Dette resulterte som ønsket i at vannstanden sank. Deretter ble bunnluken satt tilbake i automatikk, før driftspersonell forlot Braskereidfoss for å dra videre til Skjefstadfoss. På det tidspunktet ble vannstanden regulert noe ned og både driftspersonell og operatører har fortalt at de hadde en opplevelse av at Braskereidfoss var «under kontroll» på dette tidspunktet.

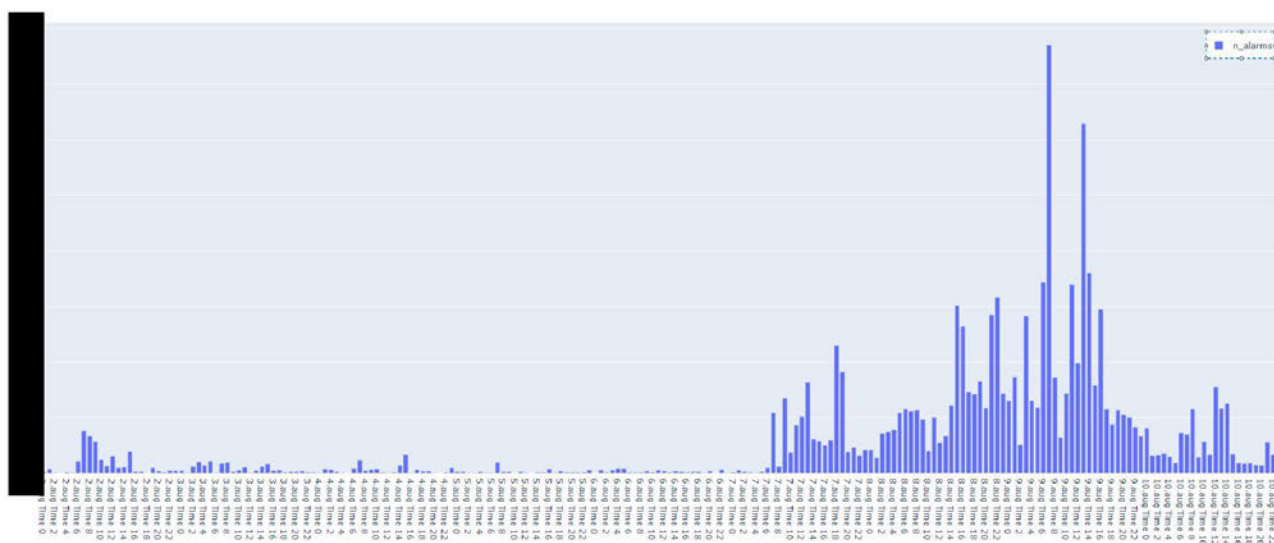
I løpet av natten var det flere kritiske situasjoner på andre vassdrag og dammer som ble håndtert fra driftssentralen og som tok mye oppmerksomhet hos operatørene. Særlig var det situasjoner ved [redacted] som tok mye tid og oppmerksomhet. Antallet av systemmeldinger, alarmer, telefoner, kommandoer var vesentlig høyere enn i normalsituasjon og også sammenlignet med tidligere beredskapssituasjoner, som har vært konsentrert om mindre områder. Figur 15 viser antall stasjon med alarm per time fra 2.-10. august.



I løpet av hendelsesnatten var antall anlegg med alarm stort sett mellom 10 og 15 i timen, vesentlig mer enn i normalsituasjon.

I tidsrommet mellom 02:00 og 02:18 kom det flere varsler på driftssentralen om stigende vannstand på Braskereidfoss. Det kom tre grensemeldinger om at HRV var oversteget og to meldinger om turbinregulator, ref. Tabell 5. Ingen av disse varslene ble imidlertid fanget opp og agert på av operatørene, slik man ville forvente i en normalsituasjon.

Driftssentralen er utstyrt med audiovisuell alarm, (lydsignal samt blinklys i taket) som utløses ved alarmmelding. I en normalsituasjon der antall alarmer er lavt, skal dette henlede operatørens oppmerksomhet til hendelser som må håndteres. Figur 16 viser antall alarmer pr time fra 2. – 10. august.



Figur 16 Antall akustiske alarmer på driftssentralen 2.-10. august (summen av grensemeldinger og alarmer/signaler, blokkerte alarmer er fjernet)

Fra 00:00 til 06:00 var totalt nærmere ■■■ alarmer på driftssentralen. Mellom klokken 02.00 og 03:00 var det rundt ■■■ alarmer på sentralen. Det må legges til grunn at dette har skapt et svært høyt stressnivå og at det har vært vanskelig å få overblikk og agere på samtlige alarmer.

I det 30 minutter lange tidsrommet fra 02:00-02:30 er det registrert 7 telefoner til/fra driftssentralen, på en sammenlagt varighet på ca. 17 minutter. Det er naturlig å anta at telefonsamtalene har tatt oppmerksom fra grensemeldinger og alarmer.

Det vurderes at situasjonsbildet har vært uoversiktlig for operatørene i løpet natten 9. august og at det har vært vanskelig å få overblikk over innkommende informasjon og agere på alle relevante alarmer. Operatørene har beskrevet opplevelsen som kaotisk, med en strøm av innkommende meldinger og mer eller mindre kontinuerlig alarm.

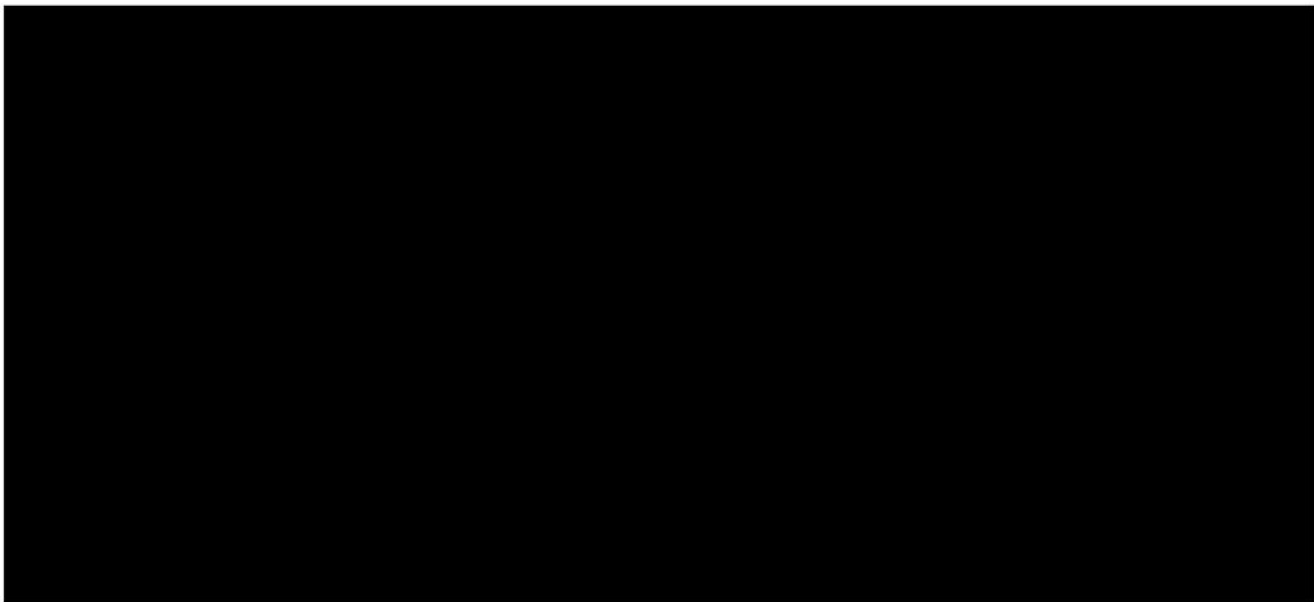
Hendelsen «Varslet uvær» er behandlet i ROS for driftssentralen (risiko 10), der det stilles spørsmålet «Hva om vi ikke har tatt forebyggende grep før et varslet uvær?». Under overskriften «Kommentar til konsekvens», står det at «Man kan bli fanget i operativ håndtering og se for sent at man må mobilisere bredere. Vi kan komme bakpå i håndteringen, og det kan ta lengre tid enn nødvendig før vi får kontroll på en situasjon. Ting kan utvikle seg til noe mer alvorlig enn nødvendig.» Beretning fra operatørene indikerer at det var slik situasjonen på driftssentralen utviklet seg på hendelsesnatten.

6.2.4 Arbeidsrelatert fatigue hos operatører i driftssentralen

En god definisjon av fatigue er gitt av Luftfartstilsynet. De definerer Fatigue som:

«En fysiologisk tilstand av redusert mental eller fysisk yteevne som resultat av søvnmangel eller forlenget våkenhet, døgnrytme eller arbeidsmengde som kan redusere et besetningsmedlems årvåkenhet eller evne til å sikkert operere et luftfartøy, eller til å gjennomføre sikkerhetsrelaterte oppgaver» /7.

Selv om denne definisjonen er rettet mot luftfart, kan den overføres til andre typer operativt personell, slik som operatørene på driftssentralen.



Som demonstrert i foregående avsnitt, var arbeidsbelastningen i driftssentralen unormalt høy både 8. og 9. august. I kombinasjon med lange vakter og lite søvn, legges det til grunn at det har gjort seg gjeldende en grad av fysisk utmattelse og redusert mental kapasitet hos operatørene, noe som igjen kan føre til økt risiko for feilvurderinger og

feilhandlinger. Mer eller mindre kontinuerlig audiovisuell alarm, kan ha virket mot sin hensikt og fungert som en ytterligere stressfaktor på operatørene.

Hendelsen «Ikke skikket til å jobbe» er behandlet i ROS for driftssentralen (risiko 11). I Kommentar til sannsynlighet/tilstand står det at «Driftssentralen har god kollegialitet og høy terskel for å kaste inn håndkleet på grunn av sykdom. Man vet at en annen kollega må ta skiftet hvis man ikke kan møte. Vi har trolig hatt tilfeller der man er i gråsona i forhold til om man er skikket til å være på jobb.» I Kommentar til konsekvens står det «Større sjanse for feilvurderinger, feilbetjening osv.». Beretning fra operatørene indikerer at dette er forhold som har gjort seg gjeldende på hendelsesnatten.

Dagens turnusordning har ikke vært pålagt av arbeidsgiver, men har vært fremmet av medarbeidere. I 2008 ble det inngått avtale mellom fagforeningene, der ordningen som inkluderer 16,25 timers vakter, ble godtatt med hjemmel i arbeidsmiljøloven. I avtalen fremgår det at et av vilkårene for inngåelse av avtalen var at «Arbeidsbelastningen på de lengste av skiftene kompenseres med anledning til å hvile. Tjeneste på natt (00-06) forutsettes å være av passiv karakter. Arbeidsbelastningen over tid skal vurderes fortløpende med tanke på fysiske eller psykiske skadevirkninger».

Nattevakter er blitt beskrevet som normalt å være rolige. Både natt 8 og 9. august har imidlertid vært svært hektiske for operatørene. Spesielt for operatøren som var på vakt 16 timer begge nettene, men også for den som var på vakt 16 timer kun på hendelsesnatten, vurderes det at arbeidsbelastning og stressnivå har bidratt til mental og fysisk utmattelse (fatigue) som har påvirket yteevnen negativt.

6.2.5 Svakheter i brukergrensesnittet til driftskontrollsystemet i driftssentralen

Brukergrensesnittet i driftssentralen skal ideelt sett være utformet slik at det gir operatørene god situasjonsoversikt og kontroll av kraftverkene til enhver tid. En slik kontinuerlig overvåkning gir også mulighet for å håndtere hendelser i en beredskapssituasjon. [REDACTED]

Informasjonsmengden fra driftskontrollsystemet til driftssentralen er stor, og som nevnt tidligere, er det varierende grad av standardisering mellom de [REDACTED] anleggene. Det skyldes både den ulike utformingen av og alderen på anleggene. I [REDACTED] Det gir, etter beskrivelse fra operatører på Lillehammer, håndterbar mengde informasjon. Man har en bestepraksis tilnærming til overvåking og håndtering av informasjonsflyt i normal drift.

I beredskapssituasjoner som under «Hans» kan informasjonsmengden oppleves som overveldende av operatørene, hvor Figur 15 og Figur 16 viser denne økte aktiviteten. Det henvises til avsnittet 6.2.3 Ekstraordinært stor arbeidsbelastning i driftssentralen. Det er til dels litt individuell praksis for hvordan man håndterer og prioriterer informasjonen som er på skjermene til enhver tid. Her vil det i en beredskapssituasjon kunne oppleves som belastende og svært utmattende med kontinuerlige alarmer som står på i løpet av et vaktskift.

Det er også konkrete forhold rundt brukergrensesnittet knyttet til Braskereidfoss, som kan ha påvirket situasjonsforståelsen. [REDACTED]

[REDACTED] Det er informert om begrensede muligheter for å kunne filtrere innkommende signal i form av signalprioritering ut fra kritikalitet. De ulike anleggene varsler ut fra sitt oppsett av alarmsignaler, [REDACTED]

Flere av dammene har varselet «Vannstand høy» som en indikasjon på at situasjonen på et anlegg må vurderes. For Braskereidfoss ble teksten på dette varslet endret fra «Vannstand høy» (tas ut 03.04.2017) til «Vannstand unormal» (legges inn 04.04.2017) etter oppgraderingen i 2017. Det er ikke funnet en begrunnelse for denne endringen, og det kan

ikke bekreftes om det har blitt kommunisert til operatørene. Dette varselet om unormal tilstand indikerer om vannnivået i dammen ligger innenfor normalintervallet som definert. Dersom det varsles om «Vannstand unormal» signaliserer det at signalet ligger utenfor dette intervallet, men det er ikke skille mellom vannstand lav eller vannstand høy. Varslingen er samlet som «Vannstand unormal».

Før oppgraderingen hadde man også signalet «Kritisk høy vannstand», som ble varslet som rødt signal på driftssentralen. Denne ble diskutert som fraværende til å begynne i tidlig fase av granskningen, gjennom intervjuer. Videre ble det avdekket at alarm ved «Vannstand kritisk» først meldes ved 165moh, altså på samme nivå som toppen av pilarene og lukehusene, og dermed ikke fungerer som et effektivt forvarsel til driftssentralen.

I Tabell 7 ser man når «Vannstand unormal» ble trigget natten til 9. august. Det antas at det ved å benytte historisk varsel om «Vannstand høy» ville gi en klarere indikasjon på vannstandsutviklingen på Braskereidfoss i dette tidsrommet. «Vannstand unormal» kan slå ut ved bølger eller andre dønninger. Den gir en ikke informasjon om vannstand unormal er lav eller høy.

Tabell 7 Eksempler på varslinger om 'Vannstand unormal'

2023-08-09 00:01:44	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
2023-08-09 00:27:23	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
2023-08-09 00:51:25	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
2023-08-09 01:32:21	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
2023-08-09 01:32:22	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
2023-08-09 01:32:23	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	
2023-08-09 02:04:40	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	SIGNAL	1
2023-08-09 07:09:02	BRASKEREIDFOSS	Braskereid VREG	VANNSTAND UNORMAL	Normal	

Man kan samtidig på skjermen se et begrenset antall dammer. Her er normal praksis at man prioriterer et utvalg kraftverk som anses som mest nødvendige for visuell overvåkning, basert på erfaring om hva som er mest nødvendig å overvåke. BF inngår ikke i gruppen kraftverk som monitoreres kontinuerlig.

Andre parametere som plassering, rekkevidde og klarhet også nevnes som faktorer som påvirker kvalitet på videoovervåkning.

Grenseverdier for vannstand er delt inn i 5 nivå, men det er kun de 3 øverste av disse nivåene som er definert som grenseverdi og som om gir grensemelding i SCADA. GR3HØY, GR4HØY og GR5HØY er satt til 163,22, 163,23 og 163,25, henholdsvis. Disse kommer opp som hvite meldinger på skjermene som er SCADAs brukergrensnittet. Etter 30 sekunder aktiverer grensemeldingene akustiske signal.

6.2.6 Mangelfull risiko- og situasjonsforståelse rundt ekstremværet

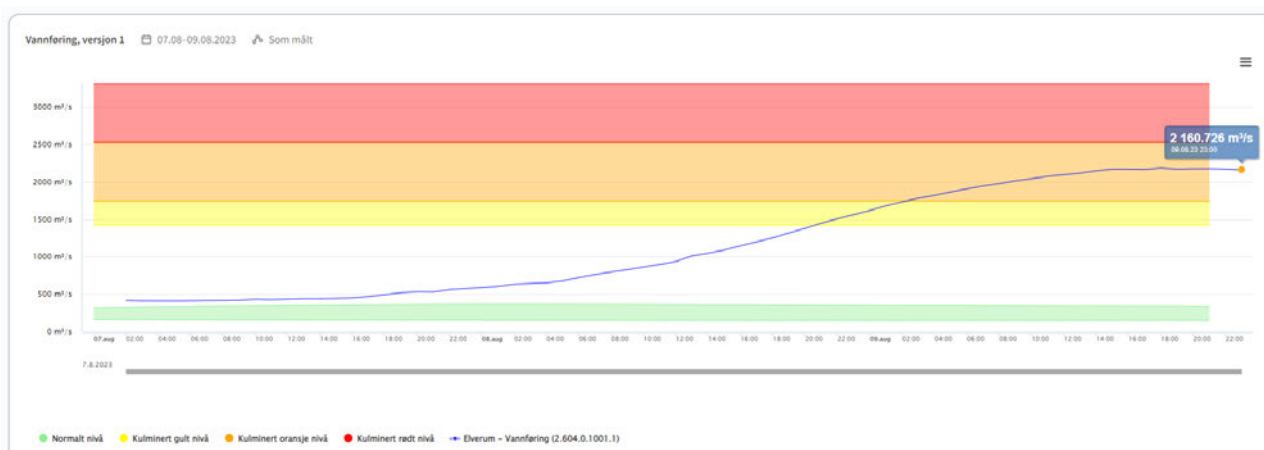
Ekstremværet «Hans» var en varslet hendelse for region Innlandet med store nedbørsprognoser. Hafslund Eco Vannkraft iverksatte tiltak for å forberede for hendelsen. Det ble besluttet Hevet beredskap i regionen den 7. august kl. 10. Både strategisk beredskapsledelse og operativ beredskapsledelse for Innlandet holdt to daglige beredskapsmøter med gjennomgang av situasjon i områder/ dammer.

Beredskapsplan for Braskereidfoss ved skadeflom sier at «Ved vannføring 1800 m³/s skal dam (/kraftverk) bemannes dersom annet ikke er spesifikt avtalt med beredskapsledelsen. Etabler samband med beredskapsledelsen. Skadeflom kan oppstå ved vannføring over 2500m³.».

Prognosen var på under dette nivået, men det ble anslått at vannføringen kunne nå så mye som 2000 m³/s den 9. august. Vurderingen som ble gjort var at forventet vannføring på opp mot 2000 m³/s ble ansett som godt innenfor grensene til hva som kan håndteres. Dette var basert på erfaringer fra tidligere situasjoner med tilsvarende og større vannføring og avledningskapasiteten Braskereidfoss på rundt 3500 pluss rundt 450 fra de to turbinene til sammen. Forventet Vannføring på dette nivået er sjelden, men ikke unormalt.

Fra beredskapsmøtene den 8. august ble det blant annet referert: «Glomma: (...) 1500 m³/s på Elverum nås til natta. Flomtoppen kan bli på 2000.» og «Glomma stiger. Mulig behov for å bemanne kraftverk Elverum utover kvelden (...) Fokus: Passe på gode risikovurderinger»

Det ble organisert ambulerende påkallingsvakt (også kalt «streifvakt») for de tre Elverums-verkene om kvelden 8. august. Det innebar at driftspersonell var ved Braskereidfoss rundt midnatt, før de dro videre til neste anlegg. Fast vakt på Braskereidfoss ble ikke ansett som nødvendig. Det ble naturligvis også tatt høyde for bemanningssituasjonen, der man i Driftsorganisasjonen har begrenset med mannskaper og at man samtidig forventet stort trekk på mannskapene i de kommende dagene. Da driftspersonell forlot Braskereidfoss og dro videre til Skjefstadfoss rundt 00:40 var vannføringen rundt 1600 m³/s og stigende. Dette fremgår av nedenstående figur.



Figur 17 Vannføring Glomma ved Elverum 2023-08-07 til 2023-08-09 (kilde NVE, Sildre)

Vurderingen og beslutningene rundt nattbemanning på Braskereidfoss har virket fornuftige på det tidspunktet de ble gjort. Det er imidlertid en antakelse som har ligget til grunn, og det er at driftssentralen fungerer som forventet og har kapasitet til å følge med på situasjon og vil reagere raskt og kalle ut mannskapene igjen dersom det oppstår behov. Generelt fremstår det som driftssentralen ikke har vært i fokus i beredskapsforberedelsene. Det er ikke loggført diskusjon eller beslutninger i forhold til operatørkapasitet på driftssentralen i referatene, verken den 7. eller 8. august. Det kan fremstå som det er en underliggende oppfatning at driftssentralen har den nødvendige kapasitet og kan følge opp samtlige anlegg i en flomsituasjon.

Hendelsen «Varslet uvær» er behandlet i ROS for driftssentralen (risiko 10), der det stilles spørsmålet «Hva om vi ikke har tatt forebyggende grep før et varslet uvær?». Eksisterende barrierer som nevnes er: Prognoser, Opplæringsplan (inklusive beredskapsøvelser), Beredskapsplan og Rutiner. En kommentar til risikoen er: «Usikkerhet med været. Hvis det blir mye verre enn meldt.»

Isolert sett kan det antas at situasjon og vannføring ved Braskereidfoss kunne og burde vært håndtert forholdsvis uproblematisk. Det er imidlertid klart i etterkant, at det totale omfanget og konsekvensene av ekstremværet ble undervurdert.

6.2.7 Tekniske sårbarheter i design av Braskereidfoss

Det er konkludert med at det ikke var feil på flomlukene som førte til dambruddet ved Braskereidfoss.

Det er imidlertid avdekket flere sårbarheter i designet av Braskereidfoss-anlegget. Flere av disse ble påpekt i Prosjekt Damsikkerhet i 1992 med anbefalinger om risikoreduserende tiltak. Disse svakhetene har ikke vært medvirkende til at flomlukene ikke ble åpnet som normalt da vannstanden steg i løpet av natten 9. august. Det kan imidlertid ikke utelukkes, at dersom disse forholdene hadde blitt utbedret etter anbefalinger, kunne skadeomfanget ha vært begrenset.

Det henvises til Appendix A *Braskereidfoss kraftverk: Gransking – systemsvikt og dambrudd* (Multiconsult), for nærmere beskrivelse av tekniske sårbarheter.

I forbindelse med Prosjekt Damsikkerhet og vurdering av funksjonssikkerhet ved flomluker, ble det i 1992 utarbeidet en rapport der lukene ved Braskereidfoss ble brukt som eksempel. Denne rapporten tok for seg ulike forhold som kunne ha betydning for manøvreringssikkerheten, og gjorde analyser rundt manøvreringssikkerhet. Rapporten ble utført av Nybro-Bjerck AS på oppdrag fra NVE og Vassdragsregulantenenes Forening (VR)

Konklusjonen den gangen var at den totale funksjonssikkerheten for lukene ved Braskereidfoss var god.

Det er ikke utført vesentlige tekniske endringer i flomlukenes utførelse eller funksjon siden denne rapporten, heller ikke når det gjelder utstyr for manøvrering av lukene.

Ulike kritiske situasjoner ble vurdert, og under kap. 6.1 d) og e) er situasjonen ved at ingen av flomlukene åpner. d) Kun bunnluke og sektorluke åpner. e) ingen luker åpner.

Ved situasjon d), hvor ingen av de tre flomluker åpner – ble det påpekt at vannstanden vil stige raskt og overtoppe lamelldammen (topp kote 165) etter relativt kort tid. Dette vil igjen føre til inntrengning av vann inn i kraftstasjonen, med påfølgende stans av aggregat.

Ved flom kote 164,4 vil vann strømme inn og over flottør-røret for vannstandsmåling i lukehus på vestre pilar, luke 5. Lukehusene har begrenset drenering, og det er store muligheter at denne luka blir satt ut av drift pga. vann over el.motorer og posisjonsgivere.

Målerøret i pilar for luke er 5 det samme som i 1992, og dette maskinrommet vil oversvømmes ved vannstand kote 164,4. Dermed settes denne flomluken høyst sannsynlig ut av spill. Dette forholdet er ikke utbedret siden den gang. Dog er vannstand kote 164,4 en betydelig flomstigning, tilsvarende 1,2 meter over HRV.

Det samme vil maskinrommene for luke 4 og 3 gjøre i det pilarene overtoppes ved vannstand kote 165,0. Vann vil da strømme inn i maskinrommene gjennom mannlukene i toppen. Dette kan også skje ved lavere vannstand enn kote 165 dersom flomlukene står med en åpning på 1,5 – 2 meter, og man samtidig får overtopping av lukeskjoldene. Da vil oppstuvning foran lukene kunne medføre at vann strømmer inn på pilarene selv ved en lavere vannstand enn kote 165.

I rapporten ble det påpekt at eget nødopptrekk for lukene, der lukene kan åpnes uavhengig av det nåværende opptrekkssystem, er ikke montert.

Braskereidfoss kraftstasjon er utstyrt med eget permanent fastmontert nødstrømsaggregat 800 kVA, som automatisk starter ved utfall av kraftstasjonene eller annet brudd i kraftforsyning til anlegget. Nødstrømsaggregatet er fysisk plassert i eget rom i tilknytning til kraftstasjonsbygningen ved nye Braskereidfoss kraftstasjon aggregat 2 fra 2016.

Aggregatet mater inn på 230 V samleskinne ved Braskereidfoss 2, via bryteranlegg og over til samleskinne for Braskereidfoss 1. Videre i kabelforlegning under broen ut til flomlukene på dammen.

I tillegg er det et 110 V batterianlegg med en 5 kVA vekselretter som kan mate inn på forsyningen til lukene.

Batterikapasiteten er angitt til 350 Ah, men det er usikkert hvor langt denne kapasiteten vil rekke når det gjelder å kunne heise lukene.

Aggregatet er plassert på gulv kote 161,0. Når vannet rant over lamelldammen (kt 165,0) og etter hvert strømmet inn i kraftstasjonen, ble også aggregatrommet delvis fylt med vann.

6.3 Vurdering av andre mulige medvirkende årsaker

Utover årsakene som er beskrevet i foregående avsnitt, er det vurdert om andre årsaker kan ha medvirket til at flomlukene ikke ble åpnet.

6.3.1 Teknisk svikt i flomluker eller driftskontrollsystem

Det er vurdert om årsaken til at flomlukene ikke ble åpnet kan være feil eller svikt i teknisk anlegg.

Det er ingenting som tyder på teknisk svikt i flomlukene eller i driftskontrollsystemet. Tilgjengelig informasjon og dokumentasjon indikerer at de har fungert frem til anlegget ble overflommet. Flomlukene har vært vedlikeholdt og testet i henhold til plan og tilsynsrutiner. All kommunikasjon mellom Braskereidfoss og driftssentral gjennom SCADA har fungert som normalt.

Dette er en omforent vurdering fra Hafslund Eco Vannkraft, DNV og Multiconsult.

6.3.2 Feiloperering av flomluker

Lukene styres manuelt fra driftssentral (fjernt) eller kraftstasjonen (lokalt), ettersom manuell styring (H) er besluttet som mest gunstig for Braskereidfoss. Manuell styring skal hindre samme grad av slitasje på utstyr som automatisk styring kunne påført ved hyppige reguleringer. Lukene er per i dag ikke koblet i parallell, så de åpnes trinnvis etter hverandre for å unngå for stor innbyrdes forskjell i lukeåpning.

Lukene ble utsatt for både lokal- og fjernstyring de siste 12 timene før hendelsen. Det er ikke funnet noen tegn på at lukene har vært feiloperert.

6.3.3 Manglende kompetanse eller erfaring

De vakthavende operatørene på driftssentralen og driftspersonell ute på nattskift har de fleste lang fartstid i jobben. De er godt kjent med «beste-praksis» for arbeidsomfanget de har ansvar for. Teknisk sett virker de å ha full kontroll på systemene og styringsmekanismene som er installert på Braskereidfoss. Det er imidlertid ikke gjort mer dybdegående vurdering av kompetanse hos personell på driftssentralen.

Det er ikke funnet indikasjoner på at manglende kompetanse eller erfaring med driftskontrollsystemet eller flomlukene har medvirket til hendelsen.

Forhold rundt mangelfull trening og øvelse på beredskapshendelser er beskrevet i kap. 6.2.2.

6.3.4 Manglende, feil eller for sen reaksjon da hendelsen ble oppdaget

Varsler og alarmer kom veldig hyppig de siste seks timene før overrenning til kraftstasjonen. Det påpekes av operatører at hendelsen kunne vært unngått dersom de hadde reagert og tatt aksjon på tidlige alarmer. Dette forholdet er allerede identifisert som årsak.

Hendelsen blir oppdaget av operatører på driftssentral klokken ved signal om kritisk høyt lensekumnivå kl. 06:17. De kontakter da driftspersonell kl. 06:18 og ber dem dra til Braskereidfoss. I mellomtiden gjøres det forsøk fra

driftssentralen på å åpne lukene. Driftspersonell ankommer Braskereidfoss ca. 06:45. De observerer da at lukehus er overflommet og utilgjengelig. Det er dermed ikke mulig å åpne lukene fra Lukehusene. Kontrollrommet er ikke tilgjengelig på grunn av brann og røykutvikling. [REDACTED] Braskereidfoss 2 står det en datamaskin knyttet til felles lokalkontroll som kan brukes til å styre flomlukene. Driftspersonell har imidlertid ikke tilgang til dette kontrollrommet og kontakter derfor personell fra [REDACTED] som ankommer med nøkler ca. 07:16. Det gjøres da forsøk på å åpne lukene fra Kontrollrom lokalt. Man forsøker å kjøre lukene frem til 07:36, da de ikke lenger reager.

Gjennomgang av tidslinjen og utførte aksjoner, tilsier at hendelsen ikke kunne vært unngått på det tidspunktet da den ble oppdaget.

7 KONKLUSJON / SAMMENFATNING

DNVs granskning har kartlagt direkte og bakenforliggende årsaker til at flomlukene i dammen ved Braskereidfoss ikke ble åpnet, da vannføringen i Glomma steg i løpet av natten onsdag 9. august og til slutt førte til overtopping av dammen.

Den direkte årsaken til at flomlukene på Braskereidfoss ikke ble åpnet da vannstanden steg, er manglende oppmerksomhet på faren ved stigende nivå på overvann. Braskereidfoss kraftverk er ubemannet, og overvåkes og kontrolleres normalt fra driftssentralen på Lillehammer. Det var flere alarmer i løpet av natten som varslet om at vannstanden var stigende, men operatørene på driftssentralen ble ikke oppmerksom på disse alarmene.

I løpet av natten var det heller ikke driftspersonell til stede på Braskereidfoss som kunne ha observert stigende vannstanden og aktivert flomlukene lokalt.

Det er konkludert med at det ikke var feil eller svikt i tekniske systemer som førte til hendelsen.

Det er flere bakenforliggende årsaker til at situasjonen ikke ble oppdaget. Disse er å finne i menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold, og ikke minst i samspillet mellom disse.

De bakenforliggende årsakene som har blitt avdekket er (oppsummert i kortform):

- **Sårbarhet i barrierefunksjonen «åpne flomluker»:** Det er kun én barrierefunksjon som kan hindre at Braskereidfoss blir overflommet ved stor vannføring: «Åpne flomlukene». Denne barrierefunksjonen er igjen avhengig av ett enkelt operasjonelt barriereelement, som er «operatør driftssentral», som må aktivere lukene. Det finnes ingen automatisk nødregulering, eller andre mekanismer, som inntreffer dersom det operasjonelle barriereelementet av en eller annen grunn skulle utebli.
- **Sårbarhet i driftssentralen:** [Redacted]
- **Ekstraordinært stor arbeidsbelastning i driftssentralen:** [Redacted]
- **Arbeidsrelatert *fatigue* hos operatørene på driftssentralen:** [Redacted]
- **Svakheter i brukergrensesnittet til driftskontrollsystemet i driftssentralen:** [Redacted]

- **Mangelfull risiko- og situasjonsforståelse rundt ekstremværet:** I beredskapsforberedelsene ble det vurdert at det ikke var nødvendig med permanent bemanning på Braskereidfoss i løpet av natten, men driftspersonell var på stedet og så til anlegget rundt midnatt før de dro videre. En antakelse som har ligget til grunn for denne vurderingen er at driftssentralen fungerer som forventet og har kapasitet til å følge med på situasjonen, og vil reagere raskt og kalle ut personell ved behov. Natt til 9. august skjedde ikke dette. De samlede effektene av ekstremværet ble således undervurdert.
- **Tekniske sårbarheter i design av Braskereidfoss:** Det er avdekket flere sårbarheter i designet av Braskereidfoss-anlegget. Flere av disse ble påpekt i Prosjekt Damsikkerhet i 1992, inkludert anbefalinger om risikoreduserende tiltak. Noen av disse svakhetene er blitt utbedret siden 1992, andre ikke. Disse svakhetene har ikke vært medvirkende til at flomlukene ikke ble åpnet som normalt da vannstanden steg i løpet av natten 9. august. Det kan imidlertid ikke utelukkes at dersom disse forholdene hadde blitt utbedret etter anbefalinger fra 1992, så kunne skadeomfanget ha vært begrenset. De viktigste sårbarhetene som er identifisert er:
 - Ved situasjon hvor ingen av de tre flomluker åpner vil vannstanden stige raskt og overtoppe lamelldammen etter relativt kort tid. Dette vil igjen føre til inntrengning av vann inn i kraftstasjonen, med påfølgende stans av aggregat.
 - Lukehusene er sårbare for vanninntrengning ved flom, både via flottørrøret for vannstandsmåling og direkte gjennom mannlukene. Lukehusene har begrenset dreneringskapasitet. Ved vanninntrengning kan motorene som driver lukene bli satt ut av drift, slik det skjedde 9. august.
 - Eget nødopptrekk for lukene, der lukene kan åpnes uavhengig av det nåværende opptrekkssystem, er ikke montert.
 - Braskereidfoss kraftstasjon er utstyrt med eget permanent fastmontert nødstrømsaggregat. Aggregatet er plassert på gulv fire meter lavere enn toppen av lamelldammen. Når vannet rant over lamelldammen og etter hvert strømmet inn i kraftstasjonen, ble også aggregatrommet delvis fylt med vann og satte aggregatet ut av drift.

Det har blitt vurdert om andre forhold kan ha medvirket til hendelsen, herunder teknisk svikt i flomluker eller driftskontrollsystem, feiloperering av flomlukene, manglende kompetanse eller erfaring, eller manglende, feil eller for sen reaksjon da hendelsen ble oppdaget. Utover det beskrevne, er det ikke funnet at noen av disse forholdene har medvirket til at flomlukene ikke ble åpnet.

Når man ser de bakenforliggende årsakene i sammenheng, er det mulig å forstå hvorfor hendelsen kunne oppstå. I denne sammenheng blir det ikke relevant å snakke om «menneskelig svikt» eller «feilhandling», men heller et system som totalt sett ikke er robust nok til å håndtere et scenario som ekstremværet «Hans». Den manglende handlingen og som førte til at flomlukene ikke ble åpnet, må betraktes som en konsekvens av sårbarheter i systemet, og ikke som en årsak til hendelsen.

Samlet sett kan vi si at Hafslund Eco Vannkraft ikke var forberedt på de samlede effektene av ekstremværet «Hans». Det er gjennom granskningen avdekket svakheter i menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold som bør gjennomgås og forbedres, for å hindre at lignende hendelser skal skje igjen.

8 ANBEFALINGER

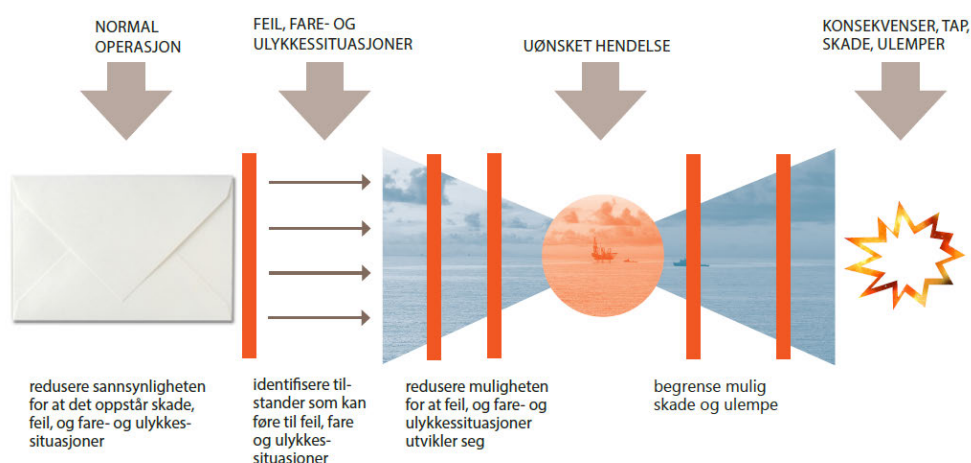
Basert på årsaksanalysen er det utviklet et sett med anbefalinger. Selv om anbefalingene er basert på erfaringene fra Braskereidfoss-hendelsen, vil det være overføringsverdi til andre dammer og andre driftssentraler.

8.1 Sikre helhetlig risikostyring for drift

Det anbefales at Hafslund Eco Vannkraft styrker prosessene for risikostyring for å være bedre rustet til å møte kommende ekstremværsituasjoner. Risikostyring bør foretas på et overordnet nivå, der man ser driftsfunksjonen under ett, med tanke på robusthet i både menneskelige, tekniske og organisatoriske forhold. Risikoen for at driftssentralen ikke agerer på alarmer og åpner flomlukene eller varsler driftspersonell, har ikke vært vurdert i noen av de forelagte ROS-analysene. Risiko knyttet til mulige endringer i forekomst og karakter av ekstremvær bør også inngå.

Barrirestyring bør inngå som et sentralt element i risikostyringen, der barrierefunksjonene kartlegges og vurderes systematisk for å sikre tilstrekkelig grad av robusthet. I den mottatte dokumentasjonen, og gjennom granskningen ellers, nevnes en rekke eksisterende barrierer for Braskereidfoss. Prognoser, opplæring, rutiner, trening, etc., som per i dag nevnes som barrierer, er ikke i seg selv barrierer, men ytelsespåvirkende faktorer. Andre barrierer som antas å fungere i en beredskapssituasjon på Braskereidfoss, virker ikke å være effektive i praksis og er aldri prøvd ut, eks. nødaggregat, eller åpning av flomluker med bruk av håndseiv eller mobilkran.

Petroleumstilsynet kom i 2017 med «Prinsipper for barrirestyring i petroleumsvirksomheten, Barrierenotat 2017», hvor de presenterer en god fremstilling av komponentene innen god barrirestyring. Dette kan anvendes som god veiledning som alle typer virksomhet. Her beskrives alle komponentene som må være på plass for å få god styringsmekanisme på plass. Her inngår barrierer, tekniske, organisatoriske og operasjonelle barriereelementer, ytelsespåvirkende faktorer og degraderingsfaktorer. Et godt verktøy for å fremstille barrirestyring for en generell virksomhet eller kraftstasjon er den såkalte «bow-tie» metoden, se Figur 18. Ved å anvende denne, foretar man en kartlegging av barrierefunksjoner som er på plass for en ulykkeshendelse, både sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende.



Figur 18 Tradisjonelt barrierediagram med funksjoner (illustrert i rødt) som skal håndtere feil, fare- og ulykkesituasjoner utover normal operasjon

Det er viktig å merke seg at alle barrierer og barriereelementer må verifiseres for at de skal kunne anses som funksjonelle i en nødsituasjon. I dag verifiseres flere tekniske barriereelementer gjennom inspeksjon og test, med det er ikke fremlagt noen skriftlig prosedyre for hvordan flomlukene skal testes. Flere operative barriereelementer som nevnes

i dokumentasjon og intervju aldri har vært testet ut i praksis. Dette gjelder blant annet for heving av flomluker ved bruk av håndsveiv eller mobilkran. Denne typen barriereelementer kan typisk verifiseres gjennom testing og øvelser.

Endringsledelse bør også inngå som et sentralt element i risikostyringen, slik at både tekniske, organisatoriske og operasjonelle endringer dokumenteres og risikovurderes på en systematisk måte. Et eksempel er den gradvise økningen fra [redacted] anlegg som opereres fra driftssentralen, som tilsynelatende ikke har medført nødvendige endringer i kapasiteten til driftssentralen eller måten man opererer på.

Det viktig å inkludere utførende personell både i risikovurderinger og i utarbeidelse av tiltak.

Risikovurderingene knyttet til spesifikke beredskapssituasjoner bør også styrkes. I etterkant av ekstremværet «Hans», er fremstår det som tydelig at de totale effektene ble undervurdert. En permanent bemanning av Braskereidfoss i løpet av de døgnene ekstremværet varte, kunne ha avverget hendelsen. Dette bør man ta lærdom av og vurdere om man skal senke terskelen for bemanning, i forhold til de kriteriene som man har i dag.

8.2 Robustgjøre barrierefunksjonen «åpne flomluker» for Braskereidfoss

Granskningen har avdekket svakheter i barrierefunksjonen «åpne flomluker» for Braskereidfoss. Denne barrierefunksjonen er i dag avhengig av ett enkelt operasjonelt barriereelement for å være virksom, som er at [redacted] driftssentralen manuelt aktiviserer flomlukene. Denne svakheten var en avgjørende faktor for at hendelsen 9. august kunne skje.

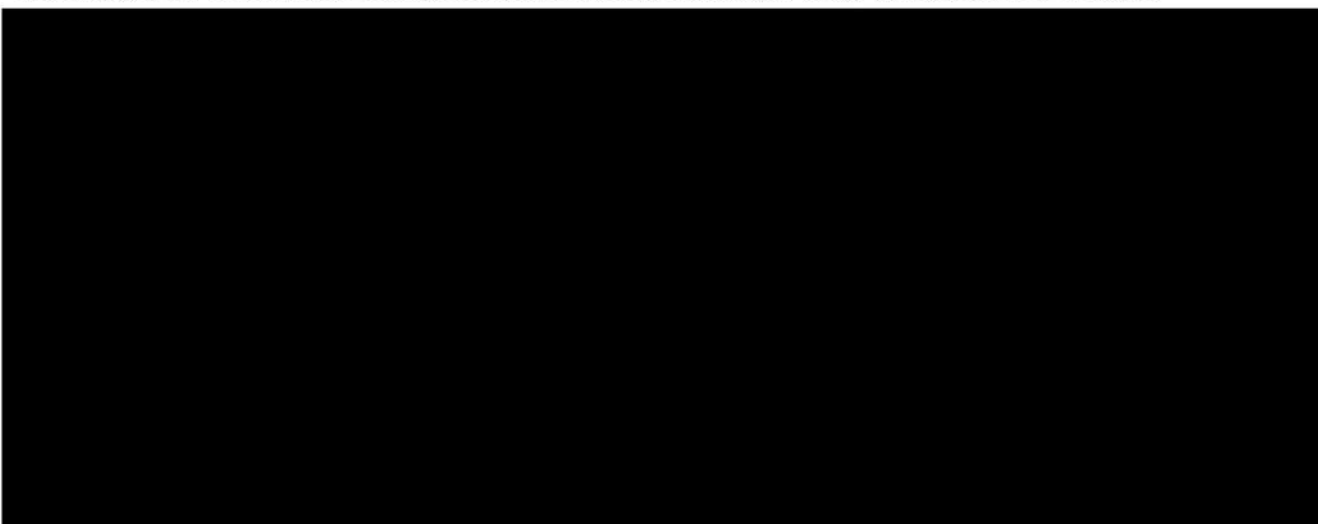
Det bør etableres en automatisk nødregulator, som tar over dersom den operasjonelle handlingen fra driftssentralen uteblir, og aktiviserer flomlukene ved stigende vannstand over HRV.

Et annet mulig tiltak som bør vurderes, er at varsel om Kritisk Høy vannstand også sendes direkte til driftspersonell på vakt, slik at man sikrer minst to uavhengige barriereelementer som kan ta aksjon og åpne flomlukene.

Øvrige anbefalinger til robustgjøring av barrierefunksjonen er videre beskrevet i de følgende avsnittene.

8.3 Robustgjøre driftssentralen for beredskapssituasjoner

Granskningen har avdekket flere sårbarheter i driftssentralen som har gitt utslag under hendelsen 9. august.

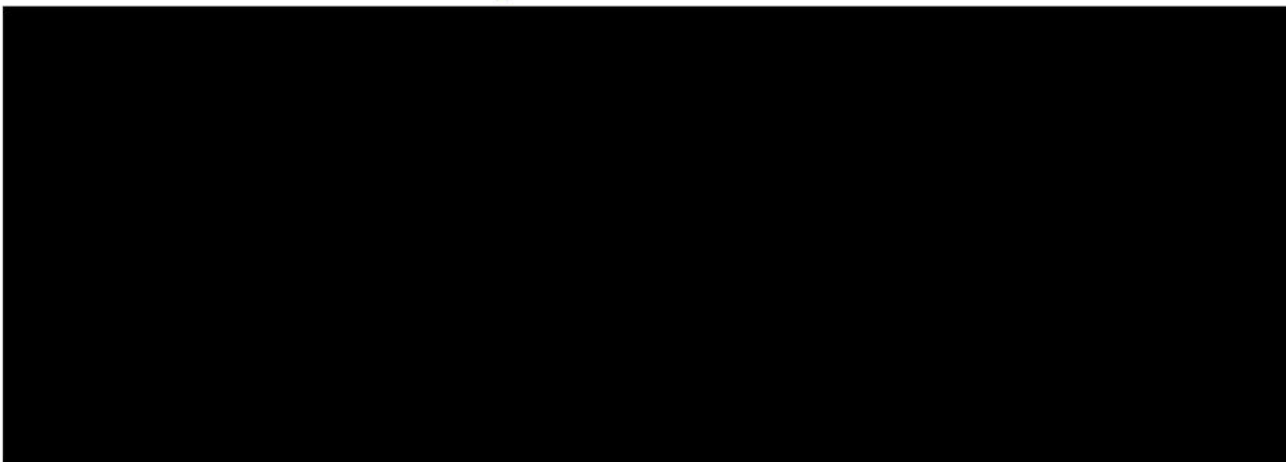


Gjennomgang av brukergrensesnitt er behandlet i kap. 8.5.

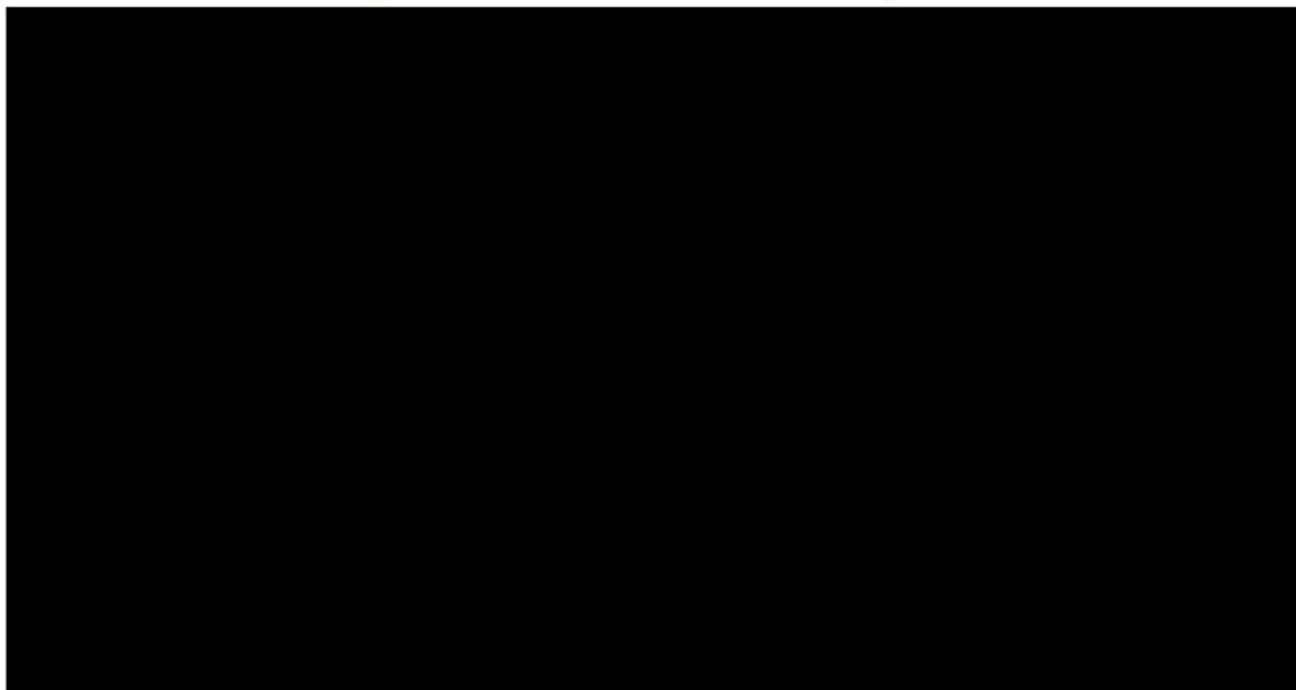


En mulig metode for helhetlig vurdering av driftssentralen inklusive brukergrensesnitt er CRIOP – Crisis Intervention and Operability Analysis, som er utarbeidet av SINTEF /6/.

8.4 Revurdere turnusordningen for driftssentralen



8.5 Forbedre brukergrensesnittet for driftskontrollsystemet i driftssentralen



8.6 Bemanning av anlegget i flomsituasjon

Det er allerede nevnt at bemanning, trening og øvelser for driftssentralen bør styrkes. Det samme gjelder imidlertid også for driftspersonell ute i felt.

Det refereres til Appendix A Braskereidfoss kraftverk: Gransking – systemsvikt og dambrudd (Multiconsult). Fra kap. 7.4 Bemanning på anlegget:

Funksjonen til segmentluker av denne utførelsen (flomluker) er at de skal åpnes ved flom, og ikke overtoppes – dvs. at det renner vann over lukene. Ved overtopping vil opptrekkskraften øke betydelig som følge av vannlast på de store horisontale platedragerne nedstrøms lukeskjoldet.

Det er derfor meget viktig å ha beredskap og bemanning til stede i en kritisk flomsituasjon. Dersom en av flomlukene ikke reagerer på åpnekommando fra fjernstyringen, må lukene betjenes lokalt. Enten fra kraftstasjon eller maskinrom ute på pilarene.

Under hendelsen som førte til dambrudd, var det personell ute på anlegget frem til over midnatt natt til 9. august – 2023. Under fortsatt økende vannstandsstigning, ble det valgt å forlate anlegget på dette tidspunktet. Personellet oppgir å være i den tro at vannstanden var under kontroll, og ble fulgt opp fra driftssentral.

Her er det verdt å merke seg at lukedammen ved Braskereidfoss er «sårbar eller følsom» i den forstand at man har kort tid på seg for å sette inn reserveløsninger eller utbedre feil dersom en eller flere av flomlukene ikke skulle la seg åpne. Dersom nødstrømsaggregat ikke starter som forutsatt, må feil utbedres. Dersom feilen ikke lar seg utbedre må reserveaggregat på plass og koples til. Dette tar tid. I siste instans er det mulig å dra lukene opp ved å kople til bærbar drill på akslingen til motorene, og sørge for samkjøring ved manuell betjening. En slik løsning var ikke forberedt på Braskereidfoss.

Dagens instruks (dok.808.3.3 Eidsiva) sier at kraftverket/damanlegget ved Braskereidfoss skal bemannes ved vannføring på 1800 m³/s.

Vår anbefaling er å bemanne anlegget tidligere, altså ved mindre flommer enn dette. Permanent bemanning bør være til stede gjennom intense flommer, mens vaktrunder kan være tilstrekkelig ved sesong flommer (snøsmelting/vårflommer) som normalt har et lengre tidsforløp.

Vi anbefaler også at melding om høy vannstand går direkte ut til driftspersonell som har vaktordning for det enkelte anlegg.

Fra kap. 3.4 Flomkarakteristikk:

I de største vassdragene i Norge vil typiske årstidflommer som vårflom i forbindelse med snøsmelting normalt være de største. (...) I de siste årene oppleves flere styrtregnflommer, og disse flommene har en tendens til å ha et mye raskere forløp. Selv med vannføringstopp lavere enn de største flommene, nådde flommen under «Hans» toppen kun etter få timer.

Selv om vi i dag har bedre varsler/prognoser enn tidligere, betyr dette i praksis at man har kortere tid til å gjøre tiltak dersom det oppstår feil på utstyret i flomsituasjoner. Det betyr at beredskapsrutiner som er satt opp ved et langsommere flomforløp, muligens ikke er tilstrekkelig ved «styrtregn»-flommer.

8.7 Tekniske anbefalinger for Braskereidfoss

Det er konkludert med at det ikke var teknisk feil på flomlukene som førte til dambruddet ved Braskereidfoss. Ikke desto mindre er det identifisert flere sårbarheter knyttet til design av anlegget som førte til at flomlukene ble satt ut av drift på et tidligere tidspunkt enn det som kunne ha vært tilfellet dersom disse forholdene hadde blitt utbedret.

Det henvises til Appendix A *DELRAPPORT: Braskereidfoss kraftverk - Granskning systemsvikt og dambrudd* (Multiconsult) for nærmere beskrivelse av tekniske forhold og anbefalinger.

Oppsummert anbefales følgende tekniske risikoreducerende tiltak:

- Etablere hydraulisk aktuert opptrekk på flomlukene ved Braskereidfoss.
- Etablere system for automatisk åpning av flomlukene ved flom.

- Etablere nødopptrekk på flomlukene.
- Bærbar drill på eksisterende maskineri som reserveløsning.
- Tiltak for å hindre overtopping på lamelldam.
- Tiltak for å sikre kraftstasjonene og lukehusene bedre mot drukning.

9 FORKORTELSER OG DEFINISJONER

Tabell 8 Forkortelser og definisjoner

Forkortelse	Definisjon
Aveva PI Vision	Et selvbetjent dashboardverktøy for kontekstdrevet visning, analyse underveis og sikker deling av AVEVA PI-systemdata – tilgjengelig hvor som helst på alle enheter.
Barriere	Tiltak som har til hensikt enten å identifisere tilstander som kan føre til feil, fare- og ulykkessituasjoner, forhindre at et konkret hendelsesforløp inntreffer eller utvikler seg, påvirke et hendelsesforløp i en tilsiktet retning, eller å begrense skader og/eller tap. /5/
Barriereelement	Tekniske, operasjonelle eller organisatoriske tiltak eller løsninger som inngår i realiseringen av en barrierefunksjon. /5/
Barrierefunksjon	Oppgaven eller rollen til en barriere. /5/
Barriestyling	Koordinerte aktiviteter for å etablere og opprettholde barrierer slik at de til enhver tid kan ivareta sin funksjon. /5/
Damsikkerhetsforskriften	Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg, FOR-2009-12-18-1600, Olje og Energidepartementet
DFV	Dimensjonerende flomvannstand
Fatigue	Luftfartstilsynets definisjon: Fatigue defineres som en fysiologisk tilstand av redusert mental eller fysisk yteevne som resultat av søvnmangel, forlenget våkenhet, døgnrytme eller arbeidsmengde som kan redusere et besetningsmedlems årvåkenhet eller evne til å sikkert operere et luftfartøy, eller til å gjennomføre sikkerhetsrelaterte oppgaver. /7/
FV	Forebyggende vedlikehold
HEV	Hafslund Eco Vannkraft
HRV	Høyeste regulerte vannstand
IGSS	Et SCADA-system som brukes til å overvåke og kontrollere industrielle prosesser. 
Konsekvensklasse	Alle vassdragsanlegg skal klassifiseres i en av fem konsekvensklasser. Anlegg som ved brudd, svikt eller feilfunksjon kan medføre fare for skade på mennesker, miljø eller eiendom, skal klassifiseres i konsekvensklasse 1 til 4. Konsekvensklasse 4 benyttes for anlegg som har de største konsekvensene. Anlegg som har ubetydelige konsekvenser klassifiseres i konsekvensklasse 0.

KV	Korrektivt vedlikehold
LRV	Laveste regulerte vannstand
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
PLS	Programmerbar logisk styring
ROS-analyse	Risiko- og sårbarhetsanalyse
SCADA	SCADA står for «Supervisory Control And Data Acquisition», og er et driftskontrollsystem med programvare- og maskinvareelementer som gjør det mulig for bedrifter å: - Kontrollere industrielle prosesser lokalt eller på avsidesliggende steder - Overvåke, samle inn og behandle sanntidsdata - Samhandle direkte med enheter som sensorer, ventiler, pumper, motorer og mer gjennom HMI-programvare (Human-Machine Interface) - Registrere hendelser i en loggfil SCADA er etablert og integrert hos Hafslund Eco Vannkraft som et grunnlag for kontrollert drift av kraftverkene.

10 DOKUMENTASJON

Mottatt dokumentasjon fra Hafslund Eco Vannkraft i forbindelse med granskningen.

#	Dokumenter	Type
1	Beredskapsgrenser for vassdragshendelser	Prosedyre
2	Beredskapsplan Hafslund Eco Vannkraft, rev 8	Prosedyre
3	Prosedyre lukekjøring	Prosedyre
4	Sweco Revurderingsrapport dam Braskereidfoss (inkludert vedlegg)	Dokument
5	ROS driftssentralen Lillehammer	Dokument
6	Braskereidfoss / BK2 ROS-analyse 2017, Oppdatert 2022	Dokument
7	Overvåkingsplan BF demning	Dokument
8	Alarmlogger	Logg/ Skjermbilder
9	Hendelseslister	Logg/ Skjermbilder
10	Hendelsesforløp fra PI	Logg/ Skjermbilder
11	Signallister BF overtakelse 2017	Teknisk grunnlag
12	Signalkategorisering	Teknisk grunnlag
13	Indikering-mplinget-settpunkt	Teknisk grunnlag
14	Vedlikeholdshistorikk	Teknisk grunnlag
15	Overordnet beskrivelse av anlegg og system	Teknisk grunnlag
16	Diverse sentrale e-poster med nødvendig informasjon	Notat
17	Varsler og prognoser	Notat
18	Driftsjournal	Notat
19	Påkalling & Responssikring under «Hans»	Notat
20	Skjermdump PI	Notat
21	Data fra Scada	Notat
22	Møtereferater og logger under «Hans»	Notat
23	Telefonlogger	Notat

11 REFERANSER

- /1/ Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften), FOR-2009-12-18-1600, Olje og Energidepartementet
- /2/ Dam Braskereidfoss – Revurdering 2016, Sweco, 02.05.2018
- /3/ Prosjekt Damsikkerhet, Rapport nr. 6, Funksjonssikkerhet ved flomluker, Nybro-Bjerck, NVE Tilsyns- og beredskapsavdelingen (NVE-T), Vassdragsregulantens Forening (VR), mai 1992
- /4/ Arbeidsmedisinske kommentarer om arbeidstid, Kompass Tema nr. 1, 2020, Arbeidstilsynet
- /5/ Prinsipper for barrierestyring i petroleumsindustrien, Barrierenotat, 2017, Petroleumtilsynet
- /6/ CRIOP (Crisis Intervention and Operability analysis) – A scenario based risk analysis of control centres, SINTEF
- /7/ Nasjonal flysikkerhetsplan, Luftfartstilsynet

APPENDIX A

DELRAPPORT: Braskereidfoss kraftverk - Granskning systemsvikt og dambrudd (Multiconsult)

RAPPORT

Braskereidfoss kraftverk

OPPDRAAGSGIVER

DNV AS

EMNE

Gransking – systemsvikt og dambrudd

DATO / REVISJON: 16. november 2023 /

10254061-01-RiMask-RAP-

DOKUMENTKODE: 001 Braskereidfoss Kraftverk
– gransking – rev 02



Multiconsult



Braskereidfoss under ekstremværet «Hans». Foto: Politiet Innlandet.

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

RAPPORT

OPPDRAAG	Braskereidfoss kraftverk	DOKUMENTKODE	10254061-01-RiMask-RAP-001 Braskereidfoss Kraftverk – gransking. Rev 02
EMNE	Gransking	TILGJENGELIGHET	Begrenset
OPPDRAAGSGIVER	DNV AS	OPPDRAAGSLEDER	Kurt Benonisen
KONTAKTPERSON	Christian Stage	UTARBEIDET AV	Kurt Benonisen
KOORDINATER	Sone: Øst: Nord:	ANSVARLIG ENHET	10234051 Vannkraft Midt

SAMMENDRAG

Under ekstremværet «Hans» i august 2023, steg vannføringen i midtre deler av Glomma svært raskt og utviklet seg til en betydelig flom på kort tid. I tiden hvor vannføringen og den samtidige handteringen av anleggene i området var mest intens, førte operasjonelle forhold til at flomlukene ikke ble åpnet i tilstrekkelig grad og i tide slik rutinene ved anlegget tilsier. Når flomlukene ikke ble åpnet slik de skulle, steg vannstanden ved Braskereidfoss raskt utover natten til 9. august 2023.

Flomlukene ble deretter satt ut av drift ved at vann strømmet opp på pilartopp og inn i maskinrommene og dermed oversvømte maskineriet og elektromotorene som drifter lukespillene.

Det var ikke feil på flomlukene som førte til dambruddet ved Braskereidfoss.

Hurtig stigende flom gjennom natten mellom 8. og 9. august 2023, resulterte i at lukene var overtoppet og opptrekkmaskineriet satt under vann når personell kom til anlegget om morgenen 9. august 2023. Da var det ikke lenger mulig å få åpnet de tre store segmentlukene på dammen, og flommen steg til over damkrona på fyllingsdammen, kt 166,7 moh. Fyllingsdammen brøt sammen ca. kl 16:30 om ettermiddagen.

Anbefalte risikoreduserende tiltak er:

- Etablere hydraulisk aktuert opptrekk på flomlukene ved Braskereidfoss.
- Etablere system for automatisk åpning av flomlukene ved flom.
- Varsling til driftspersonell og bemanning av anlegg ved kritisk høy vannstand.
- Etablere nødopptrekk på flomlukene.
- Bærbar drill på eksisterende maskineri som reserveløsning.
- Tiltak for å hindre overtopping på lamelldam.
- Tiltak for å sikre kraftstasjonene og lukehusene bedre mot drukning.
- «Skarpe» beredskapsøvelser hvor driftssentral og driftspersonell deltar.

02	16.11.2023	Oppdatert etter noen merknader fra HEV	Kurt Benonisen	Vegar Tviberg	Kurt Benonisen
01	6.11.2023	Oppdatert etter møte med DNV og HEV	Kurt Benonisen	Vegar Tviberg	Kurt Benonisen
00	24.10.2023	Til kommentar fra kunde	Kurt Benonisen	Vegar Tviberg	Daniel Melkersen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Hafslund Eco mener at denne informasjonen
ikke er sensitiv, fordi dammen er i klasse 1.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn	5
2	Hensikt og formål med granskingen	5
3	Dam og flomavledning	5
3.1	Klassifisering	6
3.2	Flomberegninger	6
3.3	Avledningskapasiteter (avrundede verdier)	7
3.4	Flomkarakteristikk	8
4	Revurdering	9
4.1	«Prosjekt damsikkerhet – funksjonssikkerhet ved flomluker» - Risikovurdering Braskereidfoss - rapport februar 1992	9
5	Flomluker og reguleringsluker	11
5.1	Tilstand	12
5.2	Tilsyn og vedlikehold	12
5.3	Manøvrering - betjening	12
5.3.1	Styring og maskineri flomluker	12
5.3.2	Nødstrømsaggregat 800 kVA	14
5.3.3	Manuell betjening	16
5.3.4	Opptrekksmaskineri - kjedespill	16
6	Hendelsesforløp i forbindelse med overtopping av dam og dambrudd	17
6.1	Flomstigning og aksjoner	17
6.2	Svikt i manøvrering av luker	17
6.3	Årsaksforhold	18
7	Læring og forslag til tiltak	18
7.1	Hydraulisk opptrekk	18
7.2	Automatisk åpning av flomluker	19
7.3	Bemanningsplan på anlegget	20
7.4	Eksisterende maskineri:	20
7.5	Hydrauliske motorer	21
7.6	Gjenoppbygging av dam og sikring av flomavledningskapasitet	21
8	Konklusjon/sammendrag	22
9	Referanser	22

1 Bakgrunn

I forbindelse med ekstremværet «Hans» i begynnelsen av august 2023, ble Braskereidfoss kraftverk i Glomma satt under vann. Flomlukene i dammen ble ikke åpnet i tilstrekkelig grad ved stigende vannstand, noe som etter hvert medførte at lukemaskineriene også ble satt under vann og flomlukene dermed ut av drift. Vannstanden fortsatte deretter å stige raskt, og fyllingsdammen overtoppet og gikk til brudd på ettermiddagen den 9. august 2023.

Braskereidfoss kraftverk eies og driftes av Hafslund ECO – Vannkraft AS (HEV). HEV har med bakgrunn i hendelsen iverksatt gransking av saken, for å finne årsak og ta lærdom. HEV har engasjert DNV for å bistå med dette arbeidet i å finne årsakssammenheng. DNV har videre engasjert Multiconsult for å delta i dette arbeidet, spesielt den tekniske delen rundt funksjon og manøvrering av luker. Multiconsult stiller i denne granskningen med NVE godkjent fagansvarlig i alle klasser for fagområde III.

Etter §7-11 i DSF står HEV også ansvarlig for å redegjøre til NVE hva som har skjedd og hvordan ulykken eller hendelsen er håndtert. Denne redegjørelsen skal forelegges NVE innen 3 måneder etter dato for ulykken.

2 Hensikt og formål med granskningen

Granskningen skal avdekke hvorfor flomlukene i dammen ikke åpnet seg som normalt, da vannføringen i Glomma steg i løpet av natten til 9. august 2023.

Mandatet for granskningen er:

- Dokumentere hendelsesforløpet.
- Kartlegge direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen, inkludert menneskelige, tekniske og organisatoriske aspekter og samspillet mellom disse, av betydning for hendelsen.
- Identifisere anbefalinger for å hindre at lignende hendelser skjer igjen.

Formålet med granskningen er å ta læring fra hendelsen og forbedre sikkerheten knyttet til dammer.

Bruddet på fyllingsdammen er ikke en del av denne granskningen.

3 Dam og flomavledning

Dam Braskereidfoss er en betong lukedam med fyllingsdamanslutning langs vestre delen. På østre siden går lukedammen over til inntakskonstruksjon for kraftstasjonen med en lamelldamanslutning.

Lukedammen er om lag 80 meter lang og har en maksimal høyde på 14 meter. Topp lukedam er på kote 165,0 (pilarene) og vegbanen er på kote 166,70.

Fyllingsdammen har en lengde på ca. 220 meter og har en maksimal høyde på 20 meter.

Lamelldammen er om lag 32 meter lang og med maksimal høyde på 14 meter.

Inntaksbassenget har reguleringsgrenser med HRV på kt. 163,2, og LRV på 162,2 moh.

Dammen ved Braskereidfoss ble ferdigstilt i 1978. Dammen ble bygget for å utnytte et fall på ca. 9,5 m i denne delen av Glomma. Samme år ble første rørturbin satt i drift, med en slukeevne på ca. 270 m³/s og ytelse på ca. 22 MW. I 2015 ble kraftverket utvidet med en ny kraftstasjon med rørturbin øst for den gamle, med ytelse på ca. 18 MW, og maksimal slukeevne på ca. 200 m³/s. Samlet maksimal slukeevne gjennom begge aggregatene er da ca. 470 m³/s ved HRV.

Flomløpet består av 3 større segmentluker med lysåpning på 20,0 x 8,0 m. I tillegg er det en sektorluke (tømmerluke) med lysåpning på 8,0 x 4,0 m. Det er også installert en bunnluke (segmentluke) under sektorluken med lysåpning 8,0 x 2,8 m. Denne segmentluken bidrar med regulering av vannstanden dersom aggregat faller ut eller vannføringen i elva overskrider aggregatens kapasitet. Foran bunnluke er det føringer for en egen revisjonsluke (8,0 x 6,0 m), som er felles for både fløtningsløpet og bunnløpet.

Lukene er nummerert som følger:

Sektorluke: lukenr. 1, B x H = 8 x 4 m

Bunnluke: lukenr. 2, B x H = 8 x 2,8 m

Segmentluker: lukenr. 3 – 5, B x H = 20 x 8 m

Lukene 1, samt 3-5 har alle et «fribord» på 20 cm over HRV, slik at topp luke ligger på kt. 163,4 når disse lukene står i lukket posisjon.



Nummerering av luker iht. styringssystem. Fotoillustrasjon SWECO (stemmer ikke med revurdering og tilsynsrapporter)

Det er totalt 4 pilarer for opplagring av lukene som utgjør en samlet bredde på 14,4 m av dammen.

Pilarene har en bredde på 3,6 m med lengde inntil ca. 28 m og en maks. høyde på ca. 14,0 m.

Pilarene har et opplegg for avstivningsbjelke som anlegg for revisjonsstengsel. Inne i pilarene, med adkomst fra topp av pilar, er det lukehus eller maskinrom for lukenes spill.

Lukedammen starter ved vestre pilar. Vestre pilar fungerer som en støttemur mot fyllingsdammen i tillegg til å være en lukepilar. Østre pilar har også felles funksjon da den ligger mellom en flomluke på vestre side og tømmerløp med luker på østre side. Tømmerløpet har tilslutning mot inntaket til Braskereidfoss 1.

3.1 Klassifisering

Dammen ble klassifisert gjennom vedtak fra NVE i oktober 2015, til bruddkonsekvensklasse 2. Etter en ny vurdering ble dammen nedklassifisert til klasse 1 gjennom vedtak fra NVE datert 09.10.2019, som også er gjeldende klasse.

3.2 Flomberegninger

Flomberegning ble utført av Norconsult AS med sin siste revisjon 15. juni 2017. Flomberegningene ble godkjent av NVE i brev datert 09.10.2019. Disse flomberegninger med tilhørende flomverdier er gjort for klasse 2 dam. For en klasse 2 dam settes Q_{1000} som dimensjonerende vannføring. Q_{1000} gir en

dimensjonerende flomvannstand lik 165,8 moh. Denne verdien er beregnet uten lukesvikt og tilstoppinger i lukeløpene.

For å svare ut vilkår som NVE hadde satt for å godkjenne flomberegningen, utførte Sweco ny vannlinjeberegning for å påvise effekter av undervannet eller underkant bru og lukene ved PMF. Dette ble utført i 2021 ref /4/. Sweco har i dette notatet (tabell 1) beregnet Q_{500} til en vannføring på ganske nøyaktig 3573 m³/s, og en dimensjonerende flomvannstand på kt. 164,61 moh med alle luker i drift.

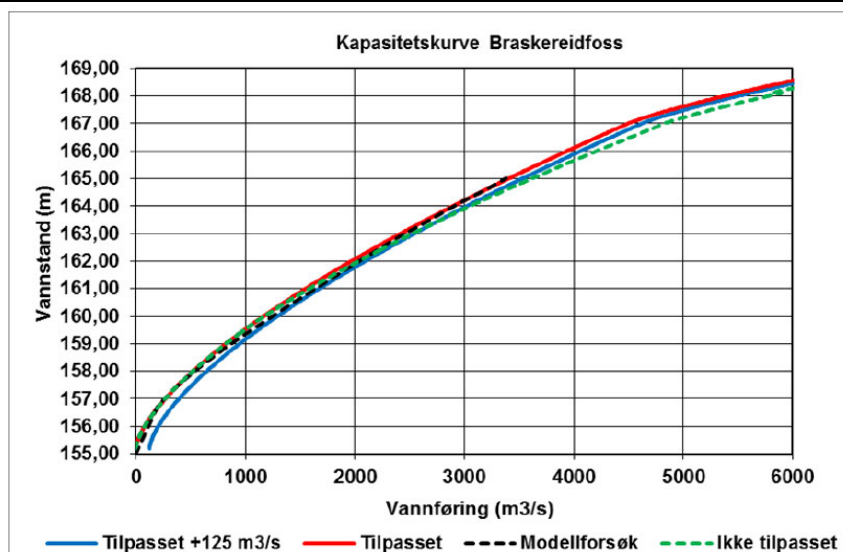
Ved å sette en av flomlukene ut av drift samt stengt bunnluke er vannstanden beregnet til kt 168,12 moh (tabell 3 i Sweco's notat). Bunnluken benyttes normalt for vannstandsregulering, og åpner når vannføringen er større enn det aggregatene har av kapasitet.

	Vannføring (m ³ /s)	Vannstand Uten lukesvikt	Vannstand Bunnluke lukket, øvrige luker åpne	Vannstand Med lukesvikt 1 flomluke + bunnluke lukket
DFV Q_{500}	Ca. 3500	164,6	165,3	168,1

Alle høyder angitt i NN1954

3.3 Avledningskapasiteter (avrundede verdier)

Luke nr	Type luke	Kapasitet ved HRV kt 163,2 [m ³ /s]	Kapasitet ved kt 164,6 [m ³ /s]
1	Sektor	90	150
2	Segment	270	300
3 – 5 samlet	Segment	2250	3000



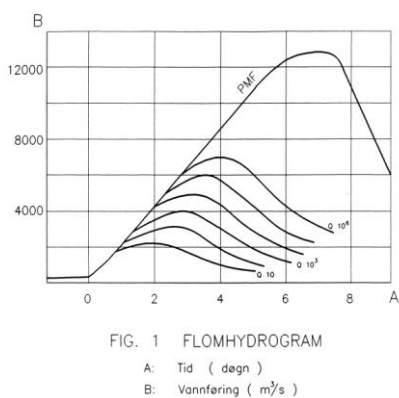
Avledningskapasitet kurve for Braskereidfoss



Braskereidfoss kraftverk i vårflom, mai 2013. Vannføring ca. 2100 m³/s.

Foto: Eidsiva Vannkraft AS

3.4 Flomkarakteristikk



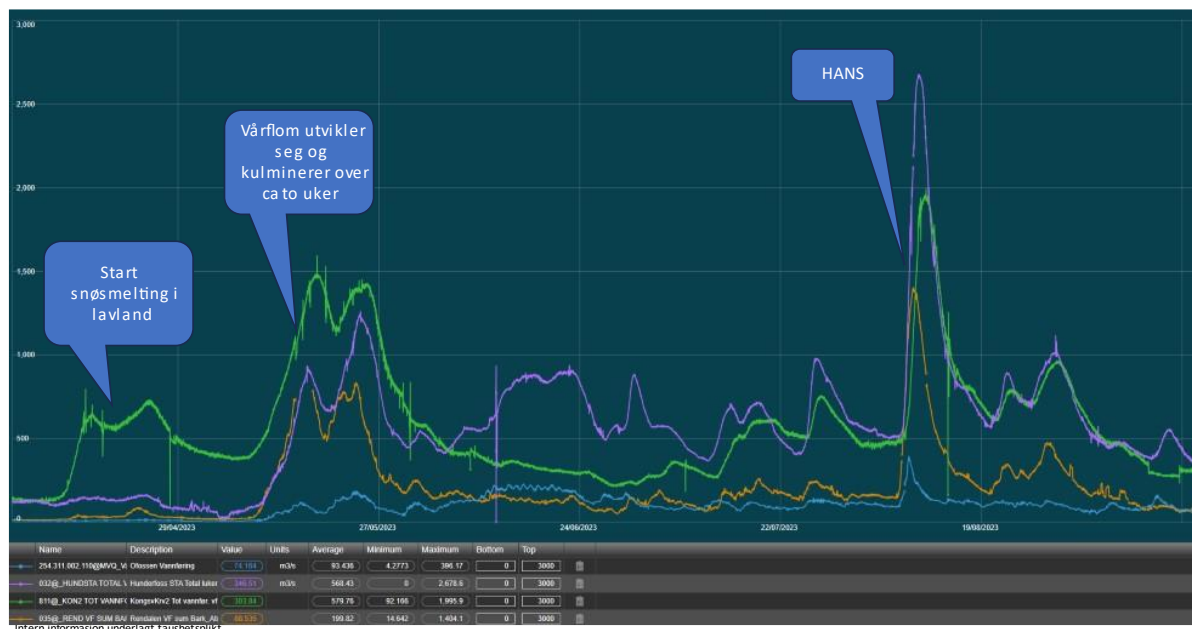
Tabell 5 Gjentaksintervall for maksimalverdi tilløpsflom		
Gjentaksintervall	Vannføring Q	Maksimal vannføringsendring Q/ T
år	m ³ /s	m ³ /s pr. time
10	2200	80
10 ²	3100	80
10 ³	4000	80
10 ⁴	5000	100
10 ⁵	6000	100
10 ⁶	7000	100
PMF	13200	100

Flomhydrogram og flomverdier for Braskereidfoss som er vist i tabell og diagram over, er fra beregninger utført i forbindelse med prosjekt damsikkerhet fra 1992 ref. /3/. Verdiene stemmer også godt overens med flomverdiene som var lagt til grunn ved projektering og dimensjonering av dam og luker.

I de største vassdragene i Norge vil typiske årstidflommer som vårflom i forbindelse med snøsmelting normalt være de største. En vårflom med returperiode på 1000 år (Q₁₀₀₀), vil ut fra hydrogrammet nå toppen først etter 3-4 dager. I de siste årene oppleves flere styrtregnflommer, og disse flommene har

en tendens til å ha et mye raskere forløp. Selv med vannføringstopp lavere enn de største flommene, nådde flommen under «Hans» toppen (ca. 1800 m³/s) kun etter få timer.

Selv om vi i dag har bedre varsler/prognoser enn tidligere, betyr dette i praksis at man har kortere tid til å gjøre tiltak dersom det oppstår feil på utstyret i flomsituasjoner. Det betyr at beredskapsrutiner som er satt opp ved et langsommere flomforløp, muligens ikke er tilstrekkelig ved «styrtregn»-flommer.



Typisk vårflom i 2023, kontra flom i forbindelse med ekstremværet «Hans» i 2023. Kurver viser forløp i Glomma og Gudbrandsdalslågen. Skjermdump: HEV

4 Revurdering

Siste revurdering av dam Braskereidfoss er utført av SWECO i perioden 2016 – 2017, med rapport datert 02.05.2018.

Revurderingen var basert på klasse 2 dam. Rapporten konkluderer med at lukedam og lamelldam vil overtoppes ved dimensjonerende flom. Fyllingsdammen tilfredsstiller ikke krav til fribord ved topp tetning, basert på dimensjonerende vannstand ved klasse 2.

Lukene ble funnet å være i god stand, og det ble ikke avdekket forhold ved disse som krevde umiddelbare tiltak.

Anmerkning:

Beregningene av selve lukekroppene finnes for flomlukene 3 – 5, med konklusjon om tilstrekkelig styrke og sikkerhet. Det er ikke foretatt kontroll av opptrekkskapasitet for segmentlukene, på tilsvarende vis som det er gjort for bunnluken.

4.1 «Prosjekt damsikkerhet – funksjonssikkerhet ved flomluker» - Risikovurdering Braskereidfoss - rapport februar 1992

I forbindelse med prosjekt damsikkerhet og vurdering av funksjonssikkerhet ved flomluker, ble det i 1992 utarbeidet en rapport der lukene ved Braskereidfoss ble brukt som eksempel. Denne rapporten tok for seg ulike forhold som kunne ha betydning for manøvreringssikkerheten, og gjorde analyser

rundt manøvreringssikkerhet. Rapporten ble utført av Nybro-Bjerck AS på oppdrag fra NVE og Vassdragsregulantenens Forening (VR)

Konklusjonen den gangen var at den totale funksjonssikkerheten for lukene ved Braskereidfoss var god.

Det er ikke utført vesentlige tekniske endringer i flomlukenes utførelse eller funksjon siden denne rapporten, heller ikke når det gjelder utstyr for manøvrering av lukene.

Største tekniske svakhet som ble pekt på denne gangen, var det automatiske styrings- og varslingssystemet som varsler operatørene ved feil. Det ble også påpekt som en svakhet at strømforsyning ut til lukene er ført samlet i kabler under kjørebroa.

Rapporten la vekt på at det å ha bemanning ut på anlegget i løpet av kort tid, hadde stor betydning for den totale funksjonssikkerhet av lukene.

Den gangen var det lagt opp til at det skulle være betjening på stasjonen hele døgnet ved varslet flom.

Ulike kritiske situasjoner ble vurdert, og under kap. 6.1 d) og e) er situasjonen ved at ingen av flomlukene åpner. d) Kun bunnluke og sektorluke åpner. e) ingen luker åpner.

- Ved situasjon d), hvor ingen av de tre flomluker åpner – ble det påpekt at vannstanden vil stige raskt og overtoppe lamelldammen (topp kt 165) etter relativt kort tid. Dette vil igjen føre til inntrengning av vann inn i kraftstasjonen, med påfølgende stans av aggregat.
- Ved flom kote 164,4 vil vann strømme inn og over flottør-røret for vannstandsmåling i lukehus på vestre pilar, luke 5. Lukehusene har begrenset drenering, og det er store muligheter at denne luka blir satt ut av drift pga. vann over el.motorer og posisjonsgivere.

Anmerkning: I dag er det to rørturbinaggregater ved Braskereidfoss med en samlet slukeevne på ca. 470 m³/s ved full drift. Dette vil medføre at tiden fra lukesvikt til lamelldammen overtoppes vil ta noe lengre tid enn angitt i nevnte rapport fra 1992.

Videre er det foretatt sikring av kabelanlegget under brua. I tillegg er det montert ekstra system for vannstandsmåling, ut over det som var tilfellet i 1992.

Styrings- og varslingssystemet er forbedret vesentlig siden 1992, bl.a. med redundante signaloverføringer på vannstand og lukeposisjon.

Driftssentralen er også døgnbemannet fra 2003/2004, noe den ikke var i 1992.

Imidlertid er målerøret i pilar for luke 5 det samme som før, og dette maskinrommet vil oversvømmes ved vannstand kt. 164,4. Dermed settes denne flomluken høyst sannsynlig ut av spill. Dette forholdet er ikke utbedret siden den gang. Dog er vannstand kt 164,4 en betydelig flomstigning, tilsvarende 1,2 meter over HRV.

Det samme vil maskinrommene for luke 4 og 3 gjøre i det pilarene overtoppes ved vannstand kt. 165,0. Vann vil da strømme inn i maskinrommene gjennom mannlukene i toppen. Dette kan også skje ved lavere vannstand enn kt. 165 dersom flomlukene står med en åpning på 1,5 – 2 meter, og man samtidig får overtopping av lukeskjoldene. Da vil oppstuvning foran lukene kunne medføre at vann strømmer inn på pilarene selv ved en lavere vannstand enn kt. 165.

Det aller viktigste å trekke ut av analysen fra 1992, er dette med beredskap i flomsituasjon og manøvrering av lukene.

5 Flomluker og reguleringsluker

Beskrivelse	Segmentluker 3 stk	Sektorluke	Bunnluke - segment
Hovedmål B x H	20 x 8,2 m (inkl. fribord på 0,2 m)	8 x 4,2 m (inkl. fribord)	8 x 2,8 m
Leverandør:	Kværner Brug AS	Kværner Brug AS	Kværner Brug AS
Luketerskel:	Kt. 155,2	Kt. 159,4	Kt. 149,4
HRV:	Kt. 163,2	Kt. 163,2	Kt. 163,2
UK luke i topp	Kt. 162,95	-	Kt. 152,2
Gulv lukehus:	Kt. 162,4	-	-
Karakteristisk trykk:	8 mVs	4 mVs	13,8 mVs
Tappekapasitet pr. luke: ved kt 164,7	Ca. 1000 m ³ /s	Ca. 150 m ³ /s	Ca. 300 m ³ /s
Opptrekk:	Kjedeopptrekk 2 x 40 t	Kjede 2 x 40 t	Hydraulisk 52 t
Lukekropp:	Ikke torsjonsstiv	Skall	Skall
Styring:	Lokalt fra lukehus, kraftstasjon og fjernt	Lokalt fra lukehus, kraftstasjon og fjernt	Auto mot aggregat, lokalt og fjernt
Nødopptrekk:	Nei	-	Nei
Nødstrømsaggregat:	Ja – dieselaggregat	Ja	Ja

5.1 Tilstand

Vedlikehold/Rehabilitering

- September 2000: Sektorluke ble rehabilitert inkl. blåserensing og maling
- Juni - oktober 2010: Segmentlukene ble rehabilitert inkl. blåserensing og maling
- August 2013 - januar 2014: Bunnluke ble rehabilitert inkl. blåserensing og maling
- Utførte lagerfriksjonsmålinger, Norconsult: Bunnluke og segmentluker i 1988, akseptabelt nivå

Hendelser ved lukene.

- Juni 2000: Lukespill, luke 4, begge sider, demontert, overhelt og sammenmontert
- Mars 2003: Drivmotor luke 4, østre side, brent og skiftet.
- Vår 2010: Luke 4 Feil på tidsrelé for trinning av motstand for drivmotorer. Relé byttet.
- Desember 2013: Byttet kobling mellom motorer, luke 5

I forbindelse med intervju av driftspersonell under granskingen høsten 2023, beskriver de at lukene ved Braskereidfoss har fungert godt opp gjennom årene, med lite feil.

I de senere år har det vært noen enkelthendelser med koblinger mellom motorer som har røket og er byttet. Smøring av kjeder foretas jevnlig. Test av lukene foretas årlig.

5.2 Tilsyn og vedlikehold

Periodiske tilsyn med dam og luker gjennomføres årlig og rapporteres med endringer eller tiltak fra år til år. Dam og luker er rapportert å være godt ettersett og med tilsyn som er tilfredsstillende for denne type anlegg.

Det er ikke fremlagt rapporter fra hovedtilsyn eller spesielle tilsyn ved dammen.

Det er foretatt revurdering av anlegget med rapport utarbeidet av Sweco i 2018. Tidligere er det utarbeidet en revurderingsrapport av Norconsult fra 2003.

I tilsynsrapport fra 25.03.2022, er det anført følgende:

1. Det mangler instruks for lukekjøring og koplingsskjemaer for el. Skal foreligge i alle lukehus.
2. Nødprosedyre for lukekjøring mangler, skal utarbeides.
3. Alle flomlukene har elektrisk aksel – ikke ombygget til frekvensstyring.

Pkt. 1 og 2 kom på plass i 2022. Ombygging til frekvensstyring er ikke utført.

5.3 Manøvrering - betjening

5.3.1 Styring og maskineri flomluker

Flomlukene 3 – 5 betjenes med sett-punkt opp mot ønsket åpning i prosent eller vannføring i m³/s. Styring fra driftssentral eller fra PC-panel i kraftstasjon. Flomlukene kan også betjenes fra tablå i hvert lukehus/maskinrom ute på pilarene, men da uten sett-punkt.

Flomlukene er som tidligere nevnt segmentluker med tosidig kjedeopptrekk som drives av elektriske motorer via gir. Lukene er ikke vridningsstive konstruksjoner, og vil ved ulik hastighet på kjedene kunne medføre fastkiling i føringene på grunn av deformasjoner.

Opptrekkene har en angitt kapasitet på 40 tonn pr. kjede, i alt 80 tonn til sammen. Lukene er levert av Kværner Brug i 1978. Den gang var det ikke samme krav til overkapasitet på opptrekket som i dag. I dag er kravet at slike luker skal kunne åpne fra stengt posisjon selv med overtopping av lukeskjoldet. Opptrekket skal dimensjoneres med minimum overkapasitet på 30% ved dimensjonerende flomvannstand (DFV) og fra stengt stilling.

Da disse lukene ble konstruert var det vanlig å dimensjonere lukekroppen for å tåle flomvannstand i stengt posisjon uten at den skulle bryte sammen. Mens opptrekket gjerne ble dimensjonert under forutsetning av at lukene skulle åpnes før vann rant over. Opptrekket ble beregnet ut fra vekt av luka og friksjon i lager og pakninger, gjerne tillagt 10 % for diverse usikkerhet.

Vannlasten på en segmentluke virker radielt inn på skjoldet og føres videre mot lukelager. Selve vekten av vannet virker derfor ikke på opptrekket, som ved en sektorluke eller klappeluke.



Når platedragerne og lukebein «fylles» med vann gir dette vesentlig tilleggslast på opptrekket.

Foto DNV



Her er vannstanden på høyde med vegbanen/damkrona på ca. kt. 166,5 moh.

En overtopping av flomlukene som ved flommen i august, vil medføre betydelig overlast på opptrekket, spesielt kjede og drev. Grundig undersøkelse av tilstand etter en slik overlast er derfor svært viktig.

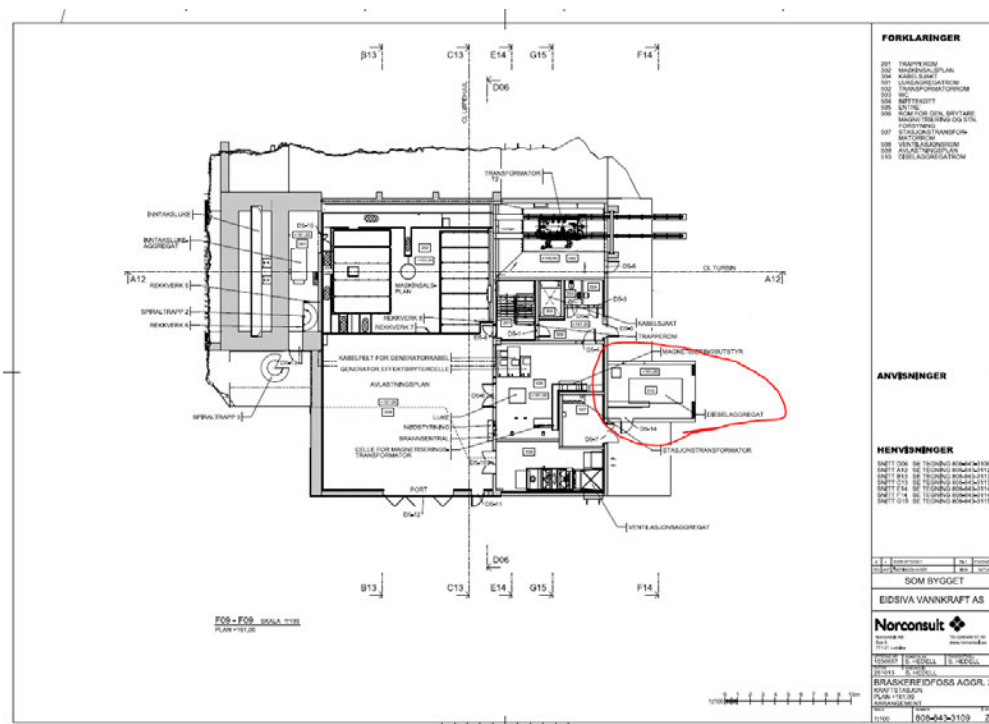
Hver platedrager har et areal på ca. 32 m². Til sammen for begge dragerne over 60 m², og med en vannlast på f.eks. 1 meter i snitt gir det en tilleggslast på mer enn 50 tonn til sammen på opptrekket for flomluken. Kapasiteten på opptrekket er nominelt 80 tonn.

5.3.2 Nødstrømsaggregat 800 kVA

Braskereidfoss kraftstasjon er utstyrt med eget permanent fastmontert nødstrømsaggregat, som automatisk starter ved utfall av kraftstasjonene eller annet brudd i kraftforsyning til anlegget. Nødstrømsaggregatet er fysisk plassert i eget rom i tilknytning til kraftstasjonsbygningen ved nye Braskereidfoss kraftstasjon aggregat 2 fra 2016.

Aggregatet mater inn på 230 V samleskinne ved Braskereidfoss 2, via bryteranlegg og over til samleskinne for Braskereidfoss 1. Videre i kabelforlegning under broen ut til flomlukene på dammen.

I tillegg er det et 110 V batterianlegg med en 5 kVA vekselretter som kan mate inn på forsyningen til lukene. Batterikapasiteten er angitt til 350 Ah, men det er usikkert hvor langt denne kapasiteten vil rekke når det gjelder å kunne heise lukene.



Tegning som viser plassering av nødstrømsaggregat ved stasjon for aggregat 2 – nye Braskereidfoss.

Aggregatet er plassert på gulv kote 161,0. Når vannet rant over lamelldammen (kt 165,0) og etter hvert strømmet inn i kraftstasjonen, ble også aggregatrommet delvis fylt med vann.

Bilder viser at vannet har vært oppe på et nivå som tilsvarer litt over senter generator.



Vannstand, generatorsett – nødstrømsanlegg. Foto DNV

I følge stasjonsbetjeningen var nødstrømsaggregatet i drift frem til ca. kl 09:05 om morgenen den 9. august 2023.

Vi er ikke informert om at kabelforlegningen ut til flomlukene ble skadet under hendelsen.

Årsaken til at aggregatet sviktet var at det ble satt under vann. Imidlertid var lukehusene/maskinrommene på pilarene allerede satt under vann og ute av drift før dette.

5.3.3 Manuell betjening

På hvert enkelt opptrekksmaskineri er det tilkopling for sveiv for manuell heising av flomlukene. Dette er imidlertid en operasjon som vil kreve betydelig innsats av personell for å heve lukene. I rapporten fra 1992 ref/3/ er det anslått at det vil kreve 6 mann i ca. 4 timer for å sveive luka opp. 3 mann på hver side av luka for å holde tempoet oppe.

Vår anbefaling er å anskaffe kraftige driller som kan koples direkte på spillene i stedet for manuell handsveiving. En på hver side av lukene. I tillegg tydelig posisjonsmarkering på kjede for å unngå skjevtrekk og fastkiling i føringene ved betjening. Koordinering må gjøres gjennom kommunikasjon over samband.

5.3.4 Opptrekksmaskineri - kjedespill

Begrensinger

En ikke vridningsstiv segmentluke krever at luken heves likt på begge sider for å unngå deformasjon og fastkiling i føringene. Spillene på flomlukene er derfor utrustet med en synkronmotor som sørger for at hovedmotorene (asynkron) kjøres med lik hastighet ved manøvrering. Mellom motorer og kjededrev er det først en snikkeveksel, og deretter et planetgir som gir utveksling fra motor til kjede. Mellom motorene er det plassert en båndbrems med aktuator som legges på når luken ikke er i bevegelse. I det motorene starter frigjøres bremsen.

Dersom luken sitter fast i is eller andre låsinger, vil motorene starte og bidra med moment inntil kopling mellom motorene ryker. Koplingen fungerer normalt som en bruddsikring for å hindre at drev eller kjede skades som følge av overlast. Dersom koplingen ikke ryker, kan tann knekke på drev, kjede strekkes eller skades på annet vis.



Kjedespill – flomluker. Foto DNV

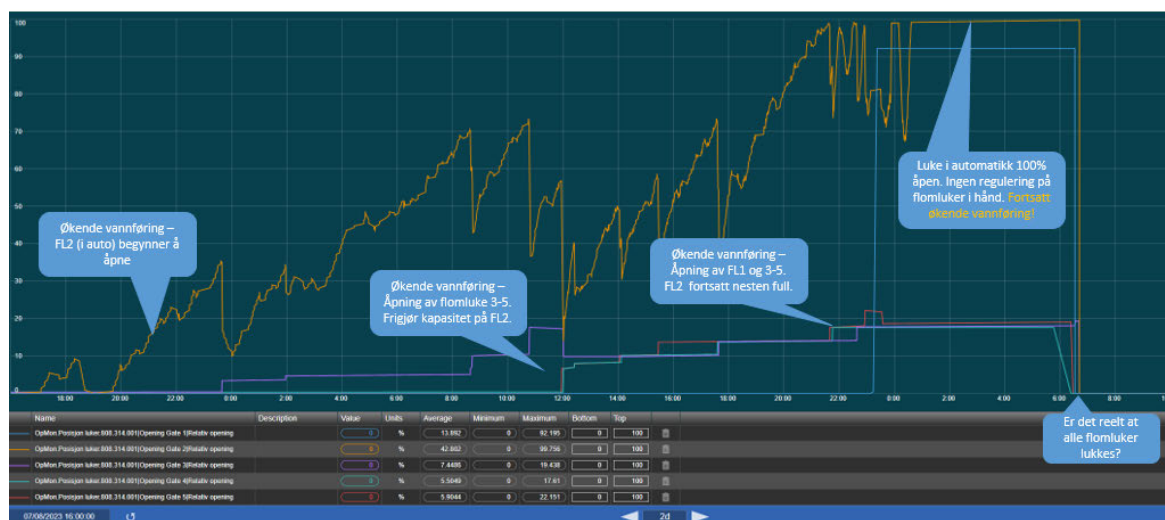
Over tid kan det vise seg å være vanskelig å skaffe reservedeler til denne type maskineri, som aktuator for brems, motorer etc. Anleggseier har selv vurdert å skifte ut synkronmotorene og bygge om styringen til frekvensstyring. Før dette gjøres er det imidlertid svært viktig å ha god kjennskap til lukene og hele opptrekksbegrensinger og egenskaper, slik at en ikke introduserer flere risikoelementer og feilkilder enn det en har fra før.

6 Hendelsesforløp i forbindelse med overtopping av dam og dambrudd

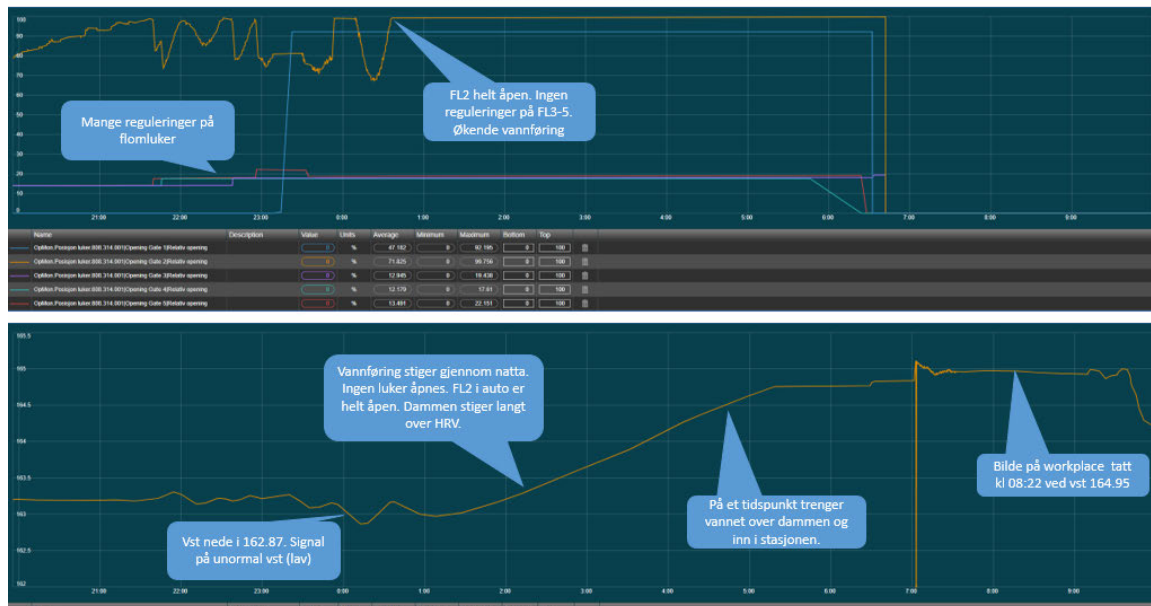
Det vises til DNV – rapport 2023-4089 – dok.nr. 2010341, for nærmere beskrivelse av hendelse og forløp. I denne rapporten er det fokusert på de tekniske forhold rundt lukedammen i forbindelse med hendelsen, svakheter med denne og forslag til forbedringer.

6.1 Flomstigning og aksjoner

Lukeåpninger 7/8 16:00 – 9/8 10:00



Lukeåpninger og vannstand 8/8 20:00 – 9/8 10:00



Skjermdump fra HEV.

6.2 Svikt i manøvrering av luker

- Utover kvelden tirsdag 8. august øker vannføringen i Glomma og aggregatenes slukeevne overskrides, dvs. vannføringen overskrider ca. 400 – 450 m³/s. Bunnluken står i Auto, og åpner for å holde vannstanden i område HRV, kt 163,2. Bunnluken har en nominell kapasitet på ca. 200 m³/s.

- Flomlukene 3 – 5 ble kjørt fra driftssentral og lokalt utover kvelden frem til ca. kl 23:30. Da ble lukene satt i en åpning på 18 – 20 % tilsvarende 1,6 – 1,7 meter fra bunnstokk, eller beregnet avledningskapasitet på ca. 250 – 300 m³/s. Etter dette tidspunkt ble ikke flomlukene manøvrert fra driftssentral. Bunnluken står fullt åpen gjennom natten.
- Fra ca. kl 01:30 stiger vannstanden raskt fra HRV – og opp til ca. kt. 164,7 - kl 05:00 på morgenen. Lukene overtoppes og vann strømmer inn i lukehus/maskinrom – og setter flomlukene ut av spill.
- Ca. kl 06 om morgenen stiger vannet over lamelldammen på kt. 165,0 og stasjonene fylles ganske raskt med vann og drukner/settes ut av drift.

6.3 Årsaksforhold

- Her viser vi til beskrivelse og årsaksanalyse, kapittel 6 i granskingsrapport fra DNV.
- Når lukene settes i posisjon 1,6– 1,7 m over terskel, betyr det at luketopp ligger nærmest i flukt med dampilarene på kt. 165,0. Frontbølgen som oppstår foran segmentlukene da, vil fort være 20 – 30 cm over luketopp, og dette vil føre vann i på pilarene. Når adkomstlokkene i pilarene ikke er tette, renner det vann ned i maskinrommet/lukehusene, og disse oversvømmes raskt da de ikke har drenering for å avlede innstrømming av vann i slikt omfang. Dette stemmer bra overens med at vannstandsmålingen ved pilarene også blir satt ut av spill i dette tidsrommet.
- Maskinrom på høyre lukepilar for luke 5 har målerør med topp rør på kote 164,4. Når dette overtoppes fylles maskinrommet i tillegg til innstrømming gjennom adkomstluker i topp.
- Maskinrom på venstre pilar til luke 3, har bedre drenasje enn på de øvrige lukepilarene, og derfor var dette maskineriet operativt noe lengre enn de øvrige.

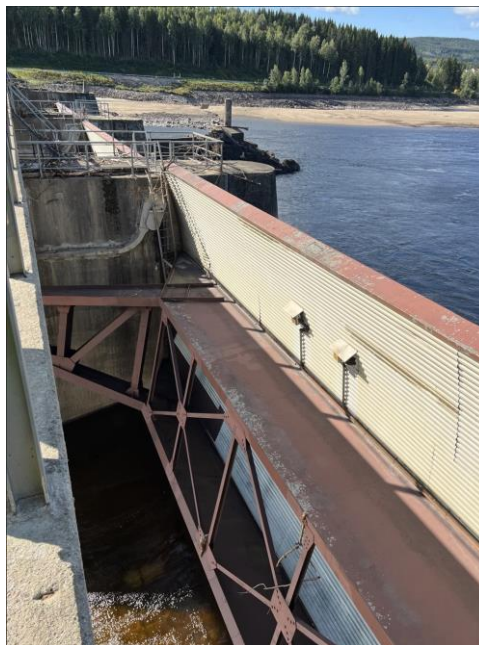


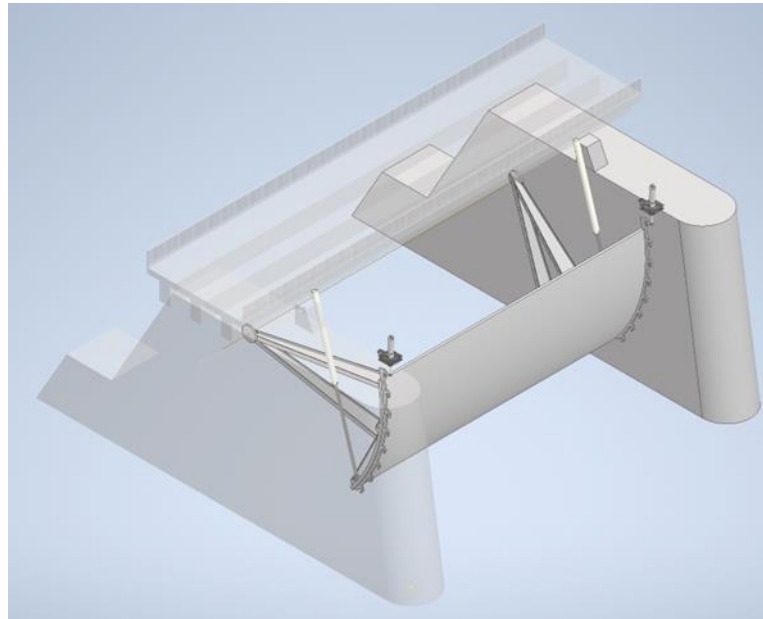
Foto som viser lukeposisjon slik de var under flommen. Topp luker i flukt med pilarene. Foto: DNV.

7 Læring og forslag til tiltak

7.1 Hydraulisk opptrekk

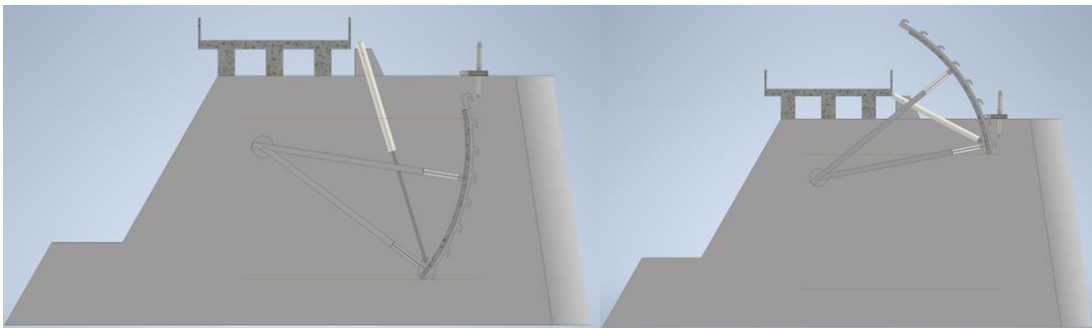
Hydrauliske enkeltvirkende sylindre i stedet for kjedeopptrekk på eksisterende flomluker vil kreve påbygging av pilar for sylindrefeste, og det må sjekkes nøye vedrørende plass i forhold til vegbro over

dammen. Vår foreløpige vurdering i fra modell viser at det skal være tilstrekkelig plass uten å komme i konflikt med vegbro.



Modell av flomluke Braskereidfoss, med inntegnet hydraulisk opptrekk, samt nødopptrekk. Multiconsult

Hydrauliske sylindre er også sårbare ved overtopping og vann over lukene, dersom de ikke skjermes. Dette kan løses med skjermer på toppen av lukeblad, som styrer vannstrømmen noe ved eventuell overtopping. Men segmentluker som flomluker av denne typen skal helst ikke overtoppes. Allikevel vil nytt hydraulisk opptrekk kunne dimensjoneres for å tåle en viss overtopping, dersom lukekroppen ellers tillater det.



Luke, B x H = 20 x 8,0 m i lukket og åpen posisjon med plassering av sylindre på pilar. Multiconsult

Bruk av kjede i kombinasjon med horisontalt plassert sylinder under vegbro, er vurdert av oss som en løsning, men overføring av krefter mot drev og akseltapp blir fort så store at disse må forsterkes. Vi anbefaler derfor ikke en slik variant. Krefter i pilar vil også være en utfordring.

7.2 Automatisk åpning av flomluker

Det bør etableres et system for automatisk åpning av lukene ved flom. Flomlukene har fribord på 20 cm over HRV. Dersom de første 10 cm. benyttes til vannstandsregulering med aggregat/og bunnluke, kan flomlukene starte åpning fra ca. 15 cm over HRV og så følge vannstanden med ca. 5 – 10 cm «fribord» når denne øker. Et automatisk system bør dog ikke installeres på store flomluker hvor en har to-sidig kjedeopptrekk og elektrisk aksling på opptrekket. Slitasjen på kjeder og drev vil fort kunne bli så stor at faren for feil og skjevtrekk vil øke vesentlig over tid. Vi anbefaler derfor at flomlukene bygges om til opptrekk basert på hydrauliske sylindre og aggregat, en sylinder på hver

side av lukene (Fortsatt tosidig opptrekk). Aggregat kan plasseres i eksisterende maskinrom etter at disse er tettet mot innstrømming av vann over pilarene.

Synkronisering skjer ved å måle posisjon i hver sylinder, samtidig med redundant måling via egne posisjonsgivere direkte koplet mot lukebladet og via egne potmetre i maskinrom.

I tillegg anbefaler vi at det etableres separat nødopptrekk på hver luke. Tannstang monteres på front av lukeblad og festes mot bestående feste for opptrekkene. På toppen av pilarene monteres separate sylindre for stegvis heising av lukene i en situasjon hvor hovedopptrekkene er satt ut av spill.

7.3 Bemanning på anlegget

Funksjonen til segmentluker av denne utførelsen (flomluker) er at de skal åpnes ved flom, og ikke overtoppes – dvs. at det renner vann over lukene. Ved overtopping vil opptrekkskraften øke betydelig som følge av vannlast på de store horisontale platedragerne nedstrøms lukeskjoldet.

Det er derfor meget viktig å ha beredskap og bemanning til stede i en kritisk flomsituasjon. Dersom en av flomlukene ikke reagerer på åpnekommando fra fjernstyringen, må lukene betjenes lokalt. Enten fra kraftstasjon eller maskinrom ute på pilarene.

Under hendelsen som førte til dambrudd, var det personell ute på anlegget frem til over midnatt natt til 9. august – 2023. Under fortsatt økende vannstandsstigning, ble det valgt å forlate anlegget på dette tidspunktet. Personellet oppgir å være i den tro at vannstanden var under kontroll, og ble fulgt opp fra driftssentral.

Her er det verdt å merke seg at lukedammen ved Braskereidfoss er «sårbar eller følsom» i den forstand at man har kort tid på seg for å sette inn reserveløsninger eller utbedre feil dersom en eller flere av flomlukene ikke skulle la seg åpne. Dersom nødstrømsaggregat ikke starter som forutsatt, må feil utbedres. Dersom feilen ikke lar seg utbedre må reserveaggregat på plass og koples til. Dette tar tid. I siste instans er det mulig å dra lukene opp ved å kople til bærbar drill på akslingen til motorene, og sørge for samkjøring ved manuell betjening. En slik løsning var ikke forberedt på Braskereidfoss.

Dagens instruks (dok.808.3.3 Eidsiva) sier at kraftverket/damanlegget ved Braskereidfoss skal bemannes ved vannføring på 1800 m³/s.

Vår anbefaling er å bemanne anlegget tidligere, altså ved mindre flommer enn dette. Permanent bemanning bør være til stede gjennom intense flommer, mens vaktrunder kan være tilstrekkelig ved sesong flommer (snøsmelting/vårflommer) som normalt har et lengre tidsforløp.

Vi anbefaler også at melding om høy vannstand går direkte ut til driftspersonell som har vaktordning for det enkelte anlegg.

7.4 Eksisterende maskineri:

Det er svært viktig med en nøye kontroll av kjede og øvrig maskineri før man eventuelt velger å beholde dette videre. Eventuell strekk i kjede, skade eller sprekker i drev, maskinramme, motorer, brems, innfesting mot luke etc. må kontrolleres nøye. Dersom det ikke er skade på opptrekket, er det ingenting i veien for å benytte dette inntil videre, og til eventuelt nytt opptrekk kommer på plass. Noen momenter:

- Opptrekket har vært gjennom en «stri tårn», med betydelig overlast!
- Det gamle maskineriet har fungert godt, men det vil kunne være vanskelig å skaffe reservedeler i årene som kommer.
- Maskineriet har vært satt under vann, og motorer samt aktuatorer må kanskje allikevel skiftes for å få lukene operative så snart som mulig.

- Lukepilarene bør tettes slik at vann ikke strømmer inn og fylle rommene ved stor flom.
- Tilkopling vha bærbar drill på motoraksling bør etableres i stedet for handsveiv. Samtidig etablere god merking av kjede eller stillingsviser for å unngå skjevtrekk og fastkiling.



Lukespill, med motorer som har vært dykket.

7.5 Hydrauliske motorer

Hydrauliske motorer i stedet for elektriske vil kunne berge bedre mot oversvømmelser i maskinrom. Krever at kjede og drev er ok. Aggregatene plasseres i tett lukehus. Plassering av felles aggregat på landsiden vil gi svært lange rørføringer ut til hver pilar, som også kan være sårbare. Allikevel vil en slik løsning ikke være å anbefale i kombinasjon med automatisk styring av lukene, da slitasjen av kjeder fortsatt vil være en utfordring. Anbefales derfor ikke.

7.6 Gjenoppbygging av dam og sikring av flomavledningskapasitet.

Dammen ble som tidligere nevnt nedklassifisert fra bruddkonsekvensklasse 2 til klasse 1 i 2019. Bakgrunnen var bl.a. bedre kartgrunnlag og beregning av dambruddsbølge som viste at ingen boliger/boenheter ville bli berørt ved dambrudd.

Dimensjonerende flom Q_{500} er nå beregnet av Sweco til å være ca. $3500 \text{ m}^3/\text{s}$, med tilhørende dimensjonerende flomvannstand lik kt. 164,6 moh. (Alle lukene operative). Med bunnluken ute av drift er flomvannstanden beregnet til kt. 165,3 moh.

Fyllingsdammen hadde en topp tetningskjerne på kote 165,3 moh og var fundamentert på silt/løsmasser, og det er store avstander ned til fjell med en dybde på ca. 25 meter på det dypeste partiet. Derfor er det svært krevende/upraktisk å etablere ny betongdam i den utraste delen av dagens fyllingsdam.

Ved å sikre flomlukefunksjonen med hydraulisk opptrekk og automatisk åpning av luker, samt etablere nødopptrekk på de tre flomlukene, vil avledningskapasiteten for dammen være ivarettatt for de aller fleste flommer inn mot anlegget. Og uten større ombygging, vil dammen også i fremtiden være avhengig av at flomlukene blir manøvrert, selv ved svikt i ett eller flere ledd i manøvreringsfunksjonene.

Slik vi ser det vil den beste løsningen nå, med tanke på tid for gjenoppbygging og funksjonssikkerhet, være å bygge opp fyllingsdammen slik den var før bruddet, samtidig som man sikrer funksjonen til flomlukene. Det anses også viktig å få gjenoppbygd anlegget – både med tanke på nye kommende flommer, damsikkerhet samt å få kraftverket i drift igjen.

8 Konklusjon/sammendrag

Under ekstremværet «Hans» i august 2023, steg vannføringen i midtre deler av Glomma svært raskt og utviklet seg til en betydelig flom på kort tid. I tiden hvor vannføringen og den samtidige handteringen av anleggene i området var mest intens, førte operasjonelle forhold til at flomlukene ikke ble åpnet i tilstrekkelig grad og i tide slik rutinene ved anlegget tilsier. Når flomlukene ikke ble åpnet slik de skulle, steg vannstanden ved Braskereidfoss raskt utover natten til 9. august 2023.

Flomlukene ble deretter satt ut av drift ved at vann strømmet opp på pilartopp og inn i maskinrommene og dermed oversvømte maskineriet og elektromotorene som drifter lukespillene.

Det var derfor ikke feil på flomlukene som førte til dambruddet ved Braskereidfoss.

Hurtig stigende flom gjennom natten mellom 8. og 9. august 2023, resulterte i at lukene var overtoppet og opptrekksmaskineriet satt under vann når personell kom til anlegget om morgenen 9. august 2023. Da var det ikke lenger mulig å få åpnet de tre store segmentlukene på dammen, og flommen steg til over lamelldammen og satte begge kraftstasjonene under vann. Deretter steg vannet til over damkrona på fyllingsdammen, kt 166,7 moh. Fyllingsdammen brøt sammen ca. kl 16:30 om ettermiddagen.

9 Referanser

- /1/ Granskingsrapport Braskereidfoss – hendelse, DNV rapport nr. 2023-4089
- /2/ Revurderingsrapport SWECO 2018 m/vedlegg
- /3/ Prosjekt damsikkerhet, delrapport 6 – funksjonssikkerhet flomluker – Nybro Bjerck AS – 1992.
- /4/ NOTAT – Sweco 06.01.2021 – flomberegninger for midtre Glomma: Strandfossen, Skjefstadfoss, Braskereidfoss, Kongsvinger



Om DNV

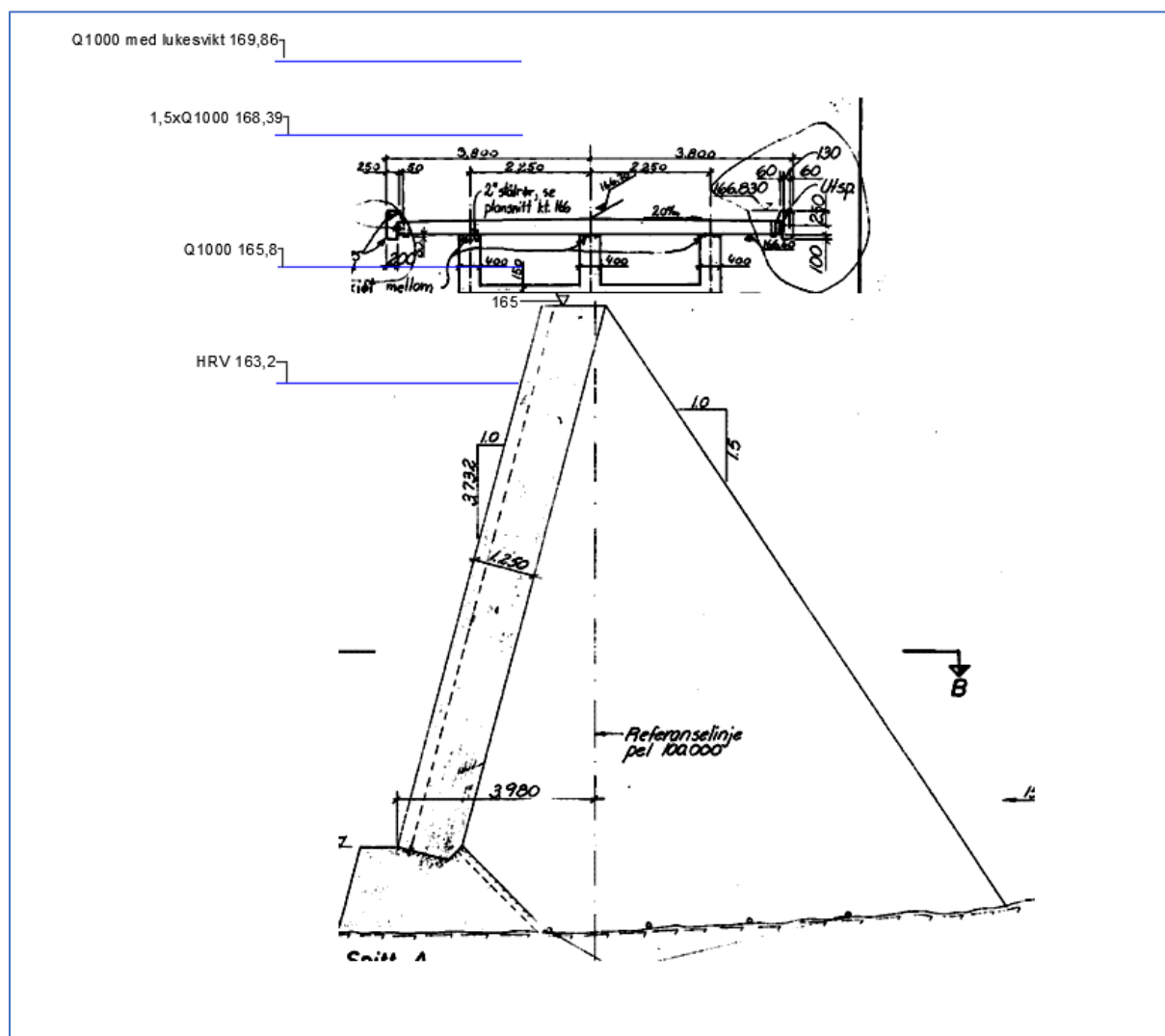
Vi er et globalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering med tilstedeværelse i over 100 land. Vårt formål er å sikre liv, verdier og miljøet. Med vår unike tekniske ekspertise og uavhengighet bistår vi våre kunder med å forbedre sikkerhet, effektivitet og bærekraft.

Enten vi godkjenner et nytt skipsdesign, optimerer energiproduksjonen fra en vindmøllepark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer verdikjeden til en matprodusent, hjelper vi våre kunder med å ta gode og riktige beslutninger og øke tilliten til virksomheten, produktene og tjenestene deres. Verden er i endring. Vi kan påvirke utviklingen. Sammen skal vi takle de globale utfordringene og omstillingene vi vil møte.

VEDLEGG 3 – Hendelsesforløpet:

DNV har avgrenset sin granskning (se kapittel 3.2 Avgrensninger) til morgenen den 9.august klokken 08:00. Det som skjer frem til da mener vi er fylldig beskrevet og omhandlet i granskningsrapporten. Her følger en redegjørelse for hendelsesforløpet i perioden fra vårt personell er til stede på anlegget den 9.august 2023.

For ordens skyld har vi også laget noen snitt som er relevante for hendelsesforløpet.



Figur 1 Typisk snitt lukedam med relevante kotehøyder

	Liste over eiendommer som anbefales evakuert overleveres politiet. Det er ikke vann over dammen.	
09:00 – 10:00	FLERE GANGER: Inspeksjon av fyllingsdammen – spesielt luftsiden og med formål å sjekke oppbløting/lekkasjer.	
09:05	Nødstrømsaggregat stopper	
09:00 – 10:00	Ny kontakt med entreprenør John Galten AS – bestiller gravemaskin til østsiden av dammen og masser for påbygging over fyllingsdammen Overrenning over fyllingsdammen + vann inn på betongdammen som ledes vestover og inn mot fyllingsdammen	
Ca. 09:30	Mulighet for sprengning – Forsvaret kontaktes via politiet. Første tilbakemelding fra forsvaret: sender en person for vurdering. Etter påtrykk: Forsvaret mobiliserer sprengningsekspert – beregnet ankomst ca kl 12:00 Vann renner over lamelldam og inn i kraftverket	Vannføring: Ca. 2000 m ³ (Elverum) Vannstand: ca. 166,3 (Underkant brudekke)
Ca. 11:10	Gravemaskin ankommer vestsiden. Begynner å komme vann inn på veibane fyllingsdam	Vannføring: Ca. 2100 m ³ (Elverum) Vannstand: Ca. 166,7 (anslått fra bilde)
Ca. 11:15	Vannet begynner å renne over fyllingsdam	Vannføring: Ca. 2100 m ³ (Elverum) Vannstand: Ca. 166,7 (anslått fra bilde)
11.30	Autovern blir demontert for å unngå tilstopping, samt få mest mulig jevnt overløp (dette hadde ingen nytte)	Vannføring: Ca. 2100 m ³ (Elverum) Vannstand:
Ca 12:00 – 13:00	Utlekking av masser på dammen med hensikt å stanse overrenning over fyllingsdammen. Arbeidene ble raskt opgitt på grunn av vannstandsstigning og generell sikkerhet for de som jobbet med dette. Aktivitet på dammen ble avsluttet klokken 13.03.	Vannføring: Ca. 2100 m ³ (Elverum) Vannstand: Ca. 166,8 (anslått fra bilde)
Ca 12:00	Forsvaret ankommer. Mobilisert for rask aksjon. Konklusjon etter befaring med politi: Vanskelig å gjennomføre sprengning. Sprengning av luker anses nær umulig. Sprengstoff må ligge an mot stålet for å sikre effekt. Sprengning av lukeskjold innebære stor usikkerhet.	

13:00 -	Aktivitet på dammen avsluttet. Vurdering av mulighet for sprengning av lamelldam og luker foregår Sprengning av lamelldam – mellom kraftverkene – ble diskutert men fare for å øke skaden i anleggene som følge av sprengning. Det gjøres overslag over effekten effekt av åpning av lamelldammen, effekt blir vurdert som marginal.	Klart fra forsvaret: Stor usikkerhet om sprengning kan lykkes
Etter 13:00	Tiltak ble oppgitt. Vannstanden fortsetter å stige og overrenningen over fyllingsdammen øker.	
Ca 15:00 – 15:30	Sprengning av lamelldam eller luke ikke lengre aktuelt. Vurdert først av politi og deretter av Hafslund Eco. Dammen begynner å få kraftig erosjonsskader. Det blir etter hvert vasket bort mye nedstrøms støtteskråning på dammen. Morene henger godt, og det er en diskusjon med politi om sprengning av fyllingsdam for å unngå en flodbølge. Dette ble avsluttet da det ble klart at dammen kom til å gå mot brudd.	Vannføring: Ca. 2180 m³ (Elverum) Vannføring ved Elverum kulminerer den 10.08 klokken 0600 på 2240 m³.
16:30	Brudd i fyllingsdam	
16:30	Vannstand i magasin synker raskt etter at brudd oppstår	Vannstandsreduksjon fra målestav 16:25-16:27: -10 cm 16:27- 16:38 -34 cm

Braskereidfoss 09082023



2023-08-09 06:53



2023-08-09 07:05









2023-08-09 08:47



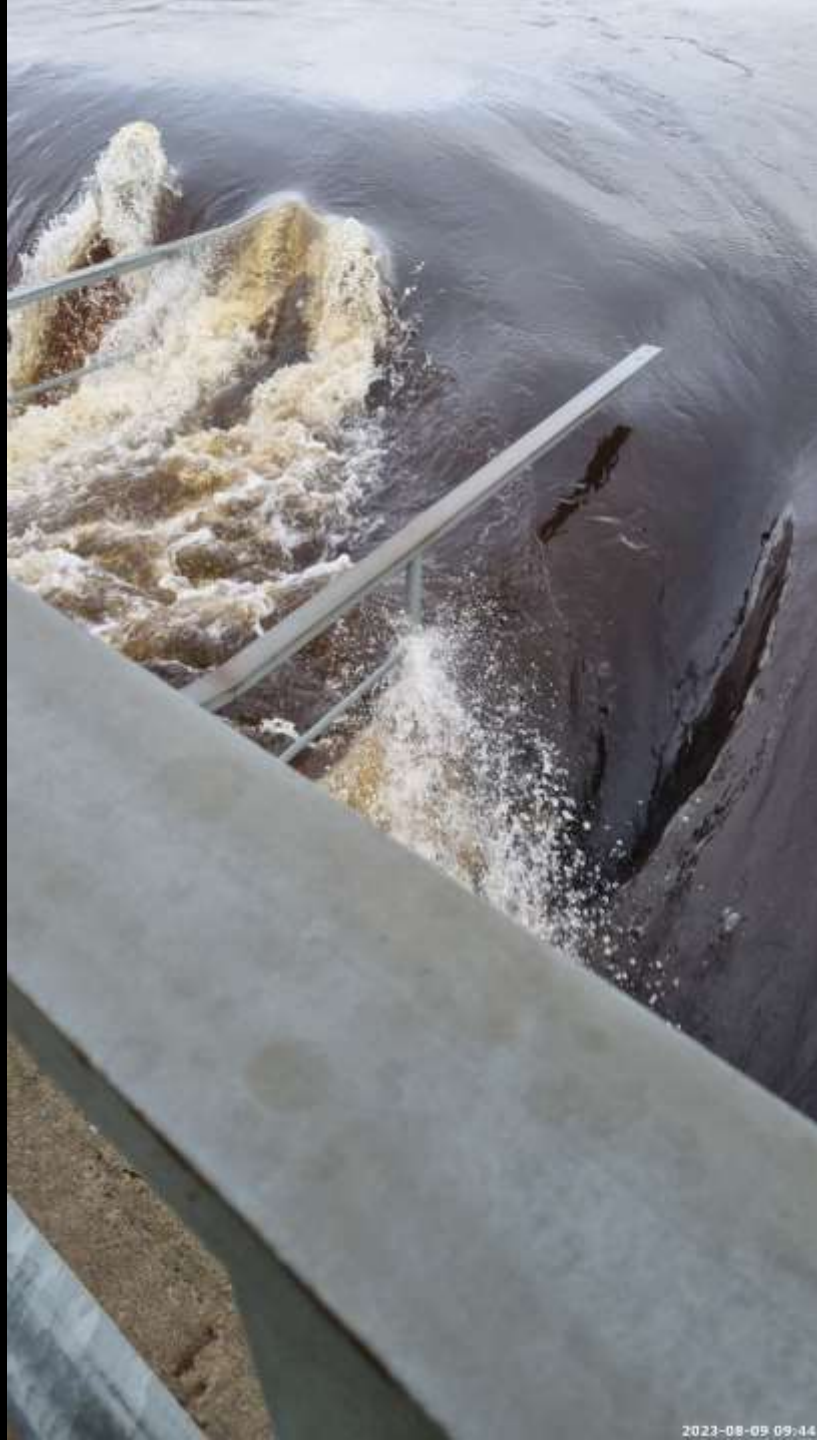












2023-08-09 09:44







2023-08-09 09:47















2023-08-09 09:58



2023-08-09 09:58













2023-08-09 10:12



















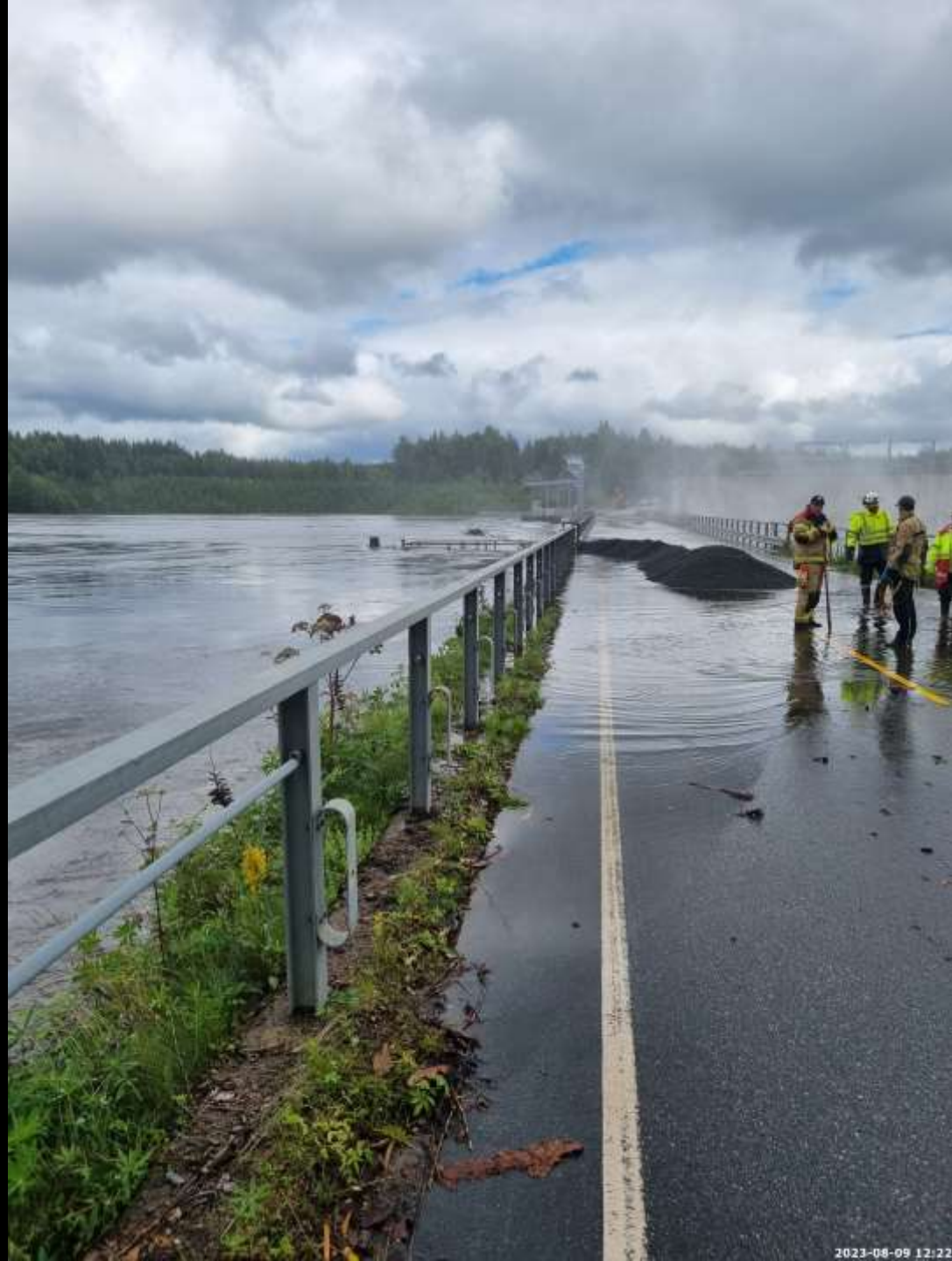








Braskereidfoss
2023.08.09 11:40
32V 652275 6733222 (±96m)
Altitude: 208m
Vålgutua Våler i Solør





2023-08-09 12:24







2023-08-09 12:28



2023-08-09 12:28





2023-08-09 12:43



2023-08-09 12:43







2023-08-09 14:00











2023-08-09 14:21



2023-08-09 14:38



2023-08-09 14:18







2023-08-09 14:53





2023-08-09 14:59









2023-08-09 16:04







2023-08-09 16:22









2023-08-09 17:13







2023-08-09 20:45