

Vedlegg 6

NOTAT

OPPDRAAG	Sætrevatn	DOKUMENTKODE	124748-RiVass-NOT-001
EMNE	Flomfare ved nedleggelse av dam Sætrevatn	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Devold AS	OPPDRAAGSLEDER	J.-P. Bramslev
KONTAKTPERSON	Ragnhild Hoel	SAKSBEHANDLER	Jean-Pierre Bramslev
KOPI		ANSVARLIG ENHET	1087 Oslo Hydrologi

SAMMENDRAG

Multiconsult har utredet konsekvenser mht flom av nedleggelse av dam Sætrevatn. Utredningen er gjort ved hjelp av en 1-dimensjonal hydraulisk modell (mike11). Det er forutsatt at dammen er nedtappet til LRV før flom.

Nedleggelse av dammen vil medføre en betydelig økning av flomvannføringen i bekken nederst i vassdraget. Men mht flomvannstand og oversvømmelse er det en temmelig beskjeden økning av flomfaren. Under middelflom vil flomvannstand i bekken øke generelt 10-20 cm. Under femtiårsflom vil flomvannstand øke med generelt under 10 cm.

Sett ift bygninger og infrastruktur synes økningen av flomfare å være marginal.

1 Bakgrunn

Dam Sætrevatn ligger ved Langevåg i Sula Kommune, Møre og Romsdal fylke. Dammen er i relativt dårlig forfatning og er nedtappet ca. 3 m lavere enn HRV=23,2, til rundt 20,3 (NB! Da flomberegning ble utført i 2010 brukte man en HRV=24,5, som senere ble innmålt og korrigert). Dammen tjener ikke lenger noe annet formål enn flomdemping, og dameier vurderer å nedlegge dammen.

Multiconsult har fått i oppdrag å utrede i hvilken grad nedleggelse av dammen vil medføre økte flomproblemer nedstrøms.

Multiconsult har tidligere utført både flomberegning og dambruddsbølgeberegning for dam Sætrevatn (2010/2011). Flomtall (vannføringer for tilløpsflom) fra flomberegningen er benyttet i denne utredningen. I utgangspunktet er også den hydrauliske modellen fra dambruddsbølgeberegningen i 2010/2011 benyttet, men det er gjort ganske betydelige bearbeidinger av modellen. Dette skyldes dels at den gamle modellen var ment å regne på ganske store vannføringer fra dambrudd med store oversvømmelser utenfor vassdraget, og dermed ikke trengte stor nøyaktighet mht. vassdragets kapasitet (bekken fra inntaksbygget ned til fabriksbyggene) til å avlede naturlige, moderate flommer; middelflom og 50-årsflom. Dessuten ble det i DBBB-oppdraget antatt at kraftstasjonen sto. I dette oppdraget vil derimot kraftstasjonen kjøre og uttaket av vann til kraftstasjonen ($1 \text{ m}^3/\text{s}$ som tas ut av vassdraget) vil utgjøre en merkbar del av flommen.

I løpet av arbeidet med tilpasning av den hydrauliske modellen i 2016 ble det også avdekket behov for oppmåling av kritiske punkter i vassdraget. Dette ble utført i november 2016.

02		09/01/2017	Kvalitetssikret versjon v AGB	JP Bramslev	Arnt Bugten	
01		04/01/2017	Revidert versjon før KS	JP Bramslev		
00		21/12/2016	Intern første versjon til KS	JP Bramslev		
REV.		DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

2 Metodikk

Ruting av flommer ned gjennom vassdraget er utført med den 1-dimensjonale hydrauliske modellen Mike11. Grunnprinsippet i en 1-dimensjonal modell er at flomveien kan beskrives ved hjelp av tverrprofiler. Tverrprofilene som er lagt inn i modellen er basert på terrengdata fra digitale kart, supplert med oppmåling i utvalgte kritiske, eller representative punkter.

Tilgjengelige kartdata består av høydekonturer med 1m ekvidistanse. Stort sett opptrer flomstigninger på godt under 1 meter. Det betyr at kartgrunnlaget er i groveste laget for å gi gode estimater for vannstander. Hvorvidt et gitt hus blir oversvømt eller ikke, er dermed forbundet med en betydelig usikkerhet. Hovedfokus for utredningen er imidlertid ikke absolutte flomskader, men *endringen*, som følge av dammen nedleggelse.

2.1 Vassdraget/modellen

Kartet i Vedlegg 1 viser en oversikt over vassdraget og hvilke strukturer og elementer i vassdraget som er bestemmende for vannlinje og flomavledning. Det gis en oversikt over disse i tabellen under.

Vedlegg 1 viser dessuten et lengdeprofil av vassdraget. De nederste 740 m av modellstrekningen er åpen bekk og er hovedfokus for flomvurderingen. Dette tilsvarer Punkt 8 – Punkt 11.

Punkt	Beskrivelse
1	Kanal som forbinder selve Sætrevatn med dammen. Bunn og dimensjoner er innmålt i 2016.
2	Dam Sætrevatn. I en flomsituasjonen er det kun tappeluken som er aktivt flomavledningsorgan, ettersom flomstigningen ikke når opp til overløpstorskelen. Tappeluken er målt inn i 2016.
3	Stikkrenne gjennom vei, rett nedstrøms dam. Ved nedleggelse av dammen er det denne stikkrennen som vil bli bestemmende for flomavledningen. Innmålt 2016.
4	Kanal (utløpsos) fra Vassetvatn frem til kulvertinntak, innmålt 2016. Lett trebro ved utløpet fra Vassetvatn.
5	Lukehus nederst i kanal, rett før innløp til kulvert.
6	Innløp til kulvert.
7	115 m lang kulvert som fører ned til inntaksbygg.
8	Inntaksbygg der vann føres til kraftstasjon. Kraftstasjonens kapasitet = 1 m ³ /s. I tilfelle flom vil to luker automatisk åpnes og flomvann vil strømme ut i bekken.
9	Åpen bekk, bredde rundt 1,3 m.
10	Høy veibro, men landkar kan gi oppstuvning ved flom.
11	Bekken går inn i en stikkrenne.

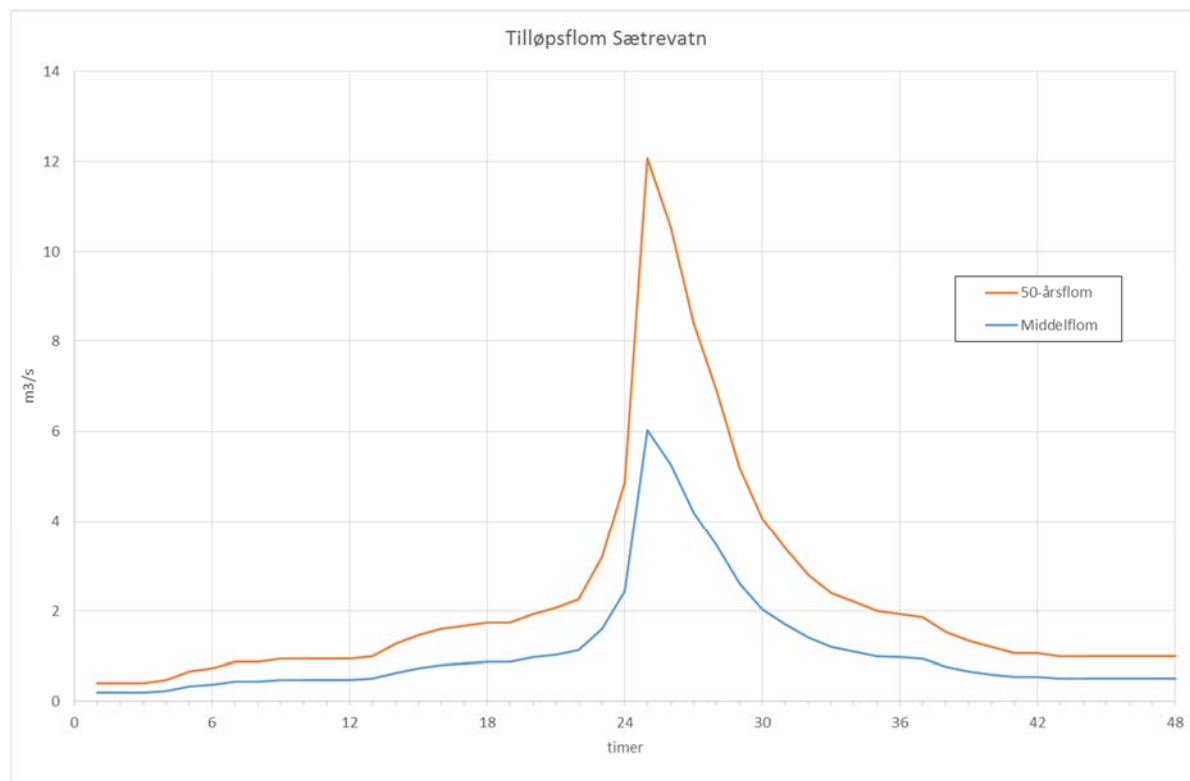
2.2 Flomstørrelser

Det er valgt å se på hvordan en evt. nedleggelse vil påvirke avledning av mindre og dermed hyppige flomstørrelser fremfor ekstreme flommer (som f.eks. Q1000). Utredningen baserer seg på middelflom og 50 årsflom.

Det er tatt utgangspunkt i flomfrekvensanalysen fra 2010, som presenterer flomstørrelser for tilløpsflom og et flomforløp (hydrogram) for Q1000. Sistnevnte er skalert ned ift kulminasjonsverdi for å få hydrogrammer for QM og Q50. Hydrogrammene er vist på Figur 1.

Det foreligger ikke en separat flomberegning for lokalfeltet til Vassetvatn (feltet nedstrøms dam Sætrevatn), men ut fra feltets størrelse og øvrige parametere er det rimelig å anta en lignende avløpskarakteristikk som Sætrevatnfeltet. Den lokale tilløpsflommen til Vassetvatn er vurdert å være halvparten av tilløpsflommen til Sætrevatn.

For enkelthets skyld er det sett bort fra tilsig nedstrøms Vassetvatn. Dette tilsiget vil naturligvis være påvirket av dammens eventuelle nedleggelse.



Figur 1 Tilløpsflommer. Fra Flomberegning Sætrevatn (Multiconsult 2011)

2.3 Nedre grensebetingelse

Ved Punkt 11 (se Vedlegg 1) går bekken inn i et rør, Ø127cm, som fører frem til fabrikkbygninger og under disse ut til fjord. Systemet fremstår som vanskelig å få god oversikt over mht. avledningskapasitet. Blant annet er det vanskelig å vurdere singulærtap ifb m samtløp og overgang mellom ulike dimensjoner. Dessuten er det vanskelig å ta hensyn til eventuell tilstopning av innløpet under flom. For å omgå disse problemene er modellens nedre grense satt til rørets innløp. Dermed modelleres systemet under fabrikkbygningene ikke.

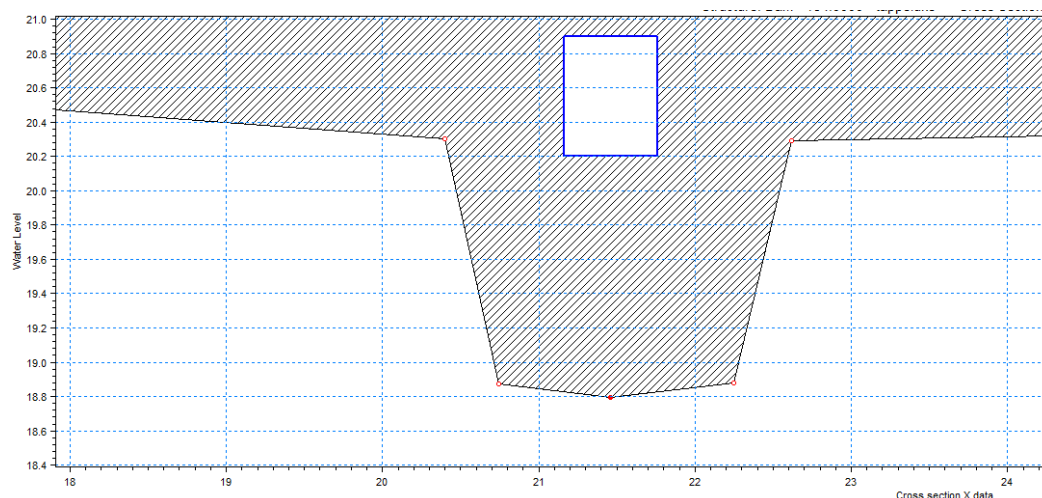
I simuleringen av middelflom forutsettes det at røret *ikke* er tilstoppet; det antas at kapasiteten er så god at flomstigningen ved rørets inngang er ubetydelig. I praksis medfører det at vannstand er holdt konstant på kt. 6 på Punkt 11.

I simuleringen for 50-årsflom er det antatt at innløpet til røret er tilstoppet av kvist o.l. slik at flomvannet vil renne ut mot fjorden over bakken. For å utrede hva det vil medføre mht vannstand ved rørets innløp, er det kjørt et sett 2-dimensjonale simuleringer (Mike21) med vannføringer fra 1 til 4 m³/s, der vannet renner over bakken mellom fabrikkbygningene, svarende til at røret er tilstoppet. Dermed er det etablert en vannføringskurve som er lagt inn i Mike11 som nedstrøms grensebetingelse.

3 Modellsценарier

Simuleringene tar sikte på å sammenligne to situasjoner:

1. **Med dam**, dvs dagens situasjon. Dammen er nedtappet til LRV (20,3 moh) før flom. De flommer som er tatt i betraktning i denne utredningen er ikke store nok til å gi overløp. Dermed vil flomavledning kun skje gjennom bunnntappeluken gjennom dammen. Denne har dimensjon B x H = 0,6 m x 0,7 m. Underkant luke = 20,2 moh¹.
2. **Dammen nedlagt**. Dammen forutsettes erstattet med et tverrprofil som fremgår av damtegninger, supplert med oppmålinger. Magasin vannstand og flomavledning vil da være bestemt av kapasiteten til det nye profilet samt stikkrennen gjennom veien rett nedstrøms dammen. Det nye profilet på damstedet er basert dels på damtegninger, dels på oppmålingen i 2016. Bunnen rett på oppsiden av dammen er innmålt til ca. 18,9 moh.



Figur 2 Damprofil og tappeluke

Det er kjørt en initialvannføring på 0,05 m³/s som tilløp til dammen før flom. Som resultat er initialvannstanden i Sætrevatn 20,3 moh med dam og 19,5 moh uten dam. Bemerk at i simuleringen uten dam er det et falltap i kanalen mellom selve magasin Sætrevatn og dammen (se lengdeprofilet i Vedlegg 1).

Kraftstasjonen er forutsatt å kjøre hele tiden. I henhold til det som er opplyst fra Oppdragsgiver håndterer modellen kraftstasjonen slik:

- Ved små tilsig (opp til 1 m³/s) vil alt avløp fra Vassetvatn gå til kraftstasjonen og ingenting vil renne fra inntaksbygget ut til bekken (Punkt 8). I modellen er bekken da tørr (lokalt tilsig ses bort fra). Vannstanden i Vassetvatn holdes oppe på minst 19,5 moh.
- Ved større tilsig (> 1 m³/s) vil det gå 1 m³/s til kraftstasjonen og resten vil renne fra inntaksbygget ut i bekken via to luker @ 0,6 m x 1,2 m. Det er opplyst at disse lukene åpnes automatisk ved flom. Når dette skjer, er det kulvertens og lukenes kapasitet som bestemmer vannstanden oppstrøms kulverten og i Vassetvatn.

¹ Den eksakte kotehøyde på luketerskelen kjennes ikke, men det er mulig at den er lavere enn den forutsatte høyden 20,2 (og at vannstanden 20,3 opprettholdes ved aktiv regulering). Terskelen kan i teorien ligge så lavt som bunnen i kanalen. 18,9 moh. I så fall vil luken være dykket pga vannstanden fra Vassetvatn nedstrøms. Selv om luken skulle ligge lavere enn forutsett har det lite betydning for flomrutingen, ettersom 1) vannstanden er høy i Vassetvatn og 2) ved flom vil vannet stige mellom dam Sætrevatn og veien nedstrøms («punkt 3») og stå høyere enn i Vassetvatn.

4 Resultater

4.1 Ruting

Hydrogrammene i Vedlegg 2 viser ruting av middelflom hhv. 50-årsflom gjennom vassdraget. På hver figur er vannføring i fem punkter vist øverst og flomstigning (vannstandsstigning) vist nederst. Flomstigning er presentert i stedet for absolutt vannstand, ettersom høydespraket fra over 20 moh ned til rundt 6 moh ville gjøre variasjonene vanskelige å avlese.

For å illustrere effekten av nedleggelse, er kulminasjonsvannføringer fra hydrogramplottene i Vedlegg 2 presentert sammen parvis – med/uten dam – på Figur 3 og Figur 4. Figur 3 viser at ved middelflom stiger kulminasjonen nedstrøms dammen med rundt 1 m³/s. I bekken nederst i vassdraget («Ved bro») tilsvarer det en fordobling av vannføringen, altså en betydelig økning ved middelflom. Figur 4 viser at ved 50-årsflom stiger avløpsflommen ut av Sætrevatn fra 1,1 til 3,2 m³/s, altså nesten en tredobling. I bekken nederst i vassdraget er økningen imidlertid kun ca. 1,1 m³/s fra ca. 3,0 til 4,2 m³/s, altså en betydelig mindre relativ økning.

Figur 5 viser et lengdeprofil av flomvannstand langs bekkestrekningen, svarende til fra Punkt 8 til Punkt 11. Figuren gjelder for middelflom og viser både med og uten dam (rød og blå kurve). Den grønne kurven viser *forskjellen* mellom de to vannstandene, og illustrerer dermed økningen av flomvannstand som følge av nedleggelse. Økningen ligger stort sett mellom 10 og 20 cm, men kommer opp i 27 cm rett oppstrøms veibroen i Punkt 10.

Figur 6 viser et tilsvarende lengdeprofil for 50-årsflom. Man ser at nedleggelse medfører en økning av flomvannstand på stort sett under 10 cm; ved veibroen i Punkt 10 kommer økningen imidlertid opp i 22 cm.

4.2 Flom / Oversvømmelse

Vedlegg 3.1 viser oversvømmelse ved middelflom. Oversvømmelse *med* dam er vist med blått, oversvømmelse *uten* dam er vist med rødt. Det røde som er synlig er dermed *økningen* av oversvømmelse, som følge av nedleggelse. Det eneste sted at nedleggelse medfører nevneverdig økt oversvømmelse er på et jorde.

Vedlegg 3.2 viser oversvømmelse ved 50-årsflom. Oversvømmelse *med* dam er vist med blått, oversvømmelse *uten* dam er vist med rødt. Det røde som vises er dermed økningen av oversvømmelse, som følge av nedleggelse. Bemerk at den betydelige Q₅₀-oversvømmelse nederst ved fjorden skyldes at stikkrennen (Punkt 11) forutsettes tilstoppet ved stor flom.

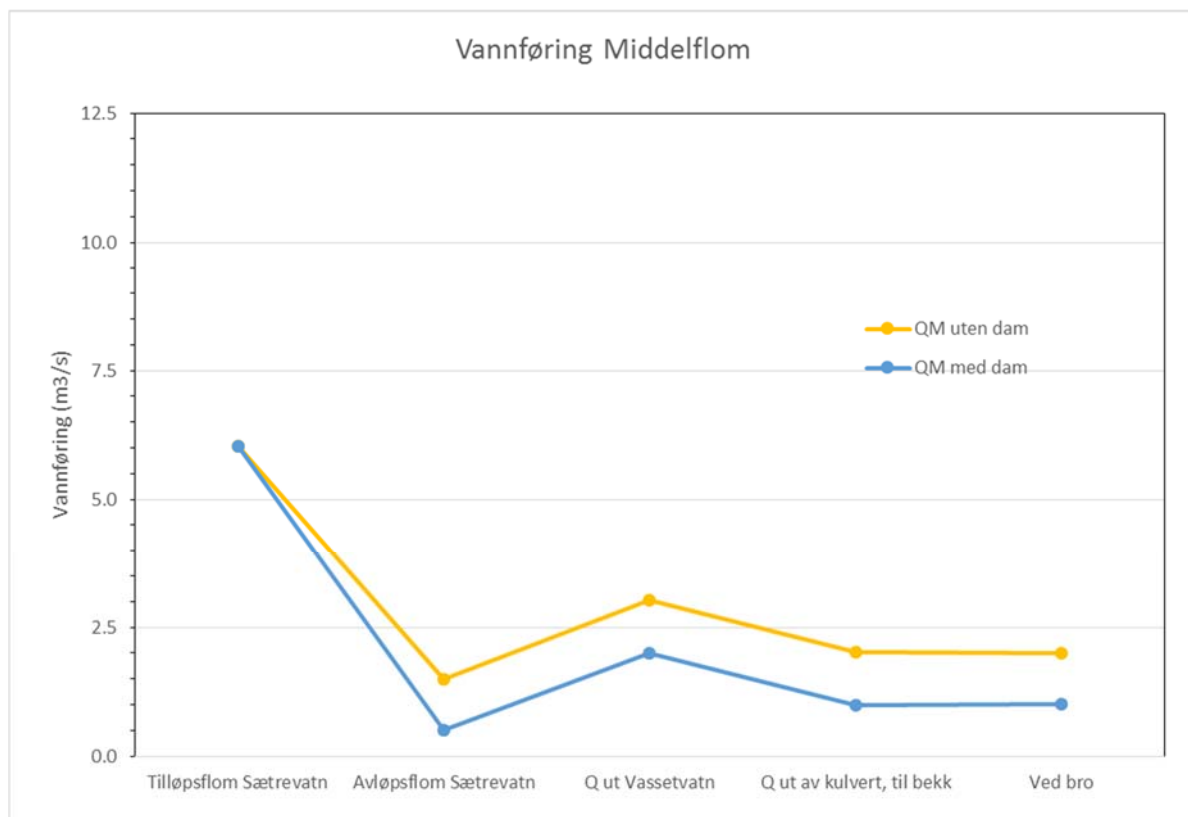
Q₅₀-oversvømmelsen er betydelig større enn Q_M-oversvømmelsen. Økningen som følge av nedleggelse er imidlertid temmelig beskjedne ved Q₅₀. Dette avspeiler at økningen av vannstand stort sett er under 10 cm. Det er svært lite som tyder på at flomfaren økes kvalitativt for bebyggelse og annen infrastruktur.

5 Konklusjon og usikkerhet

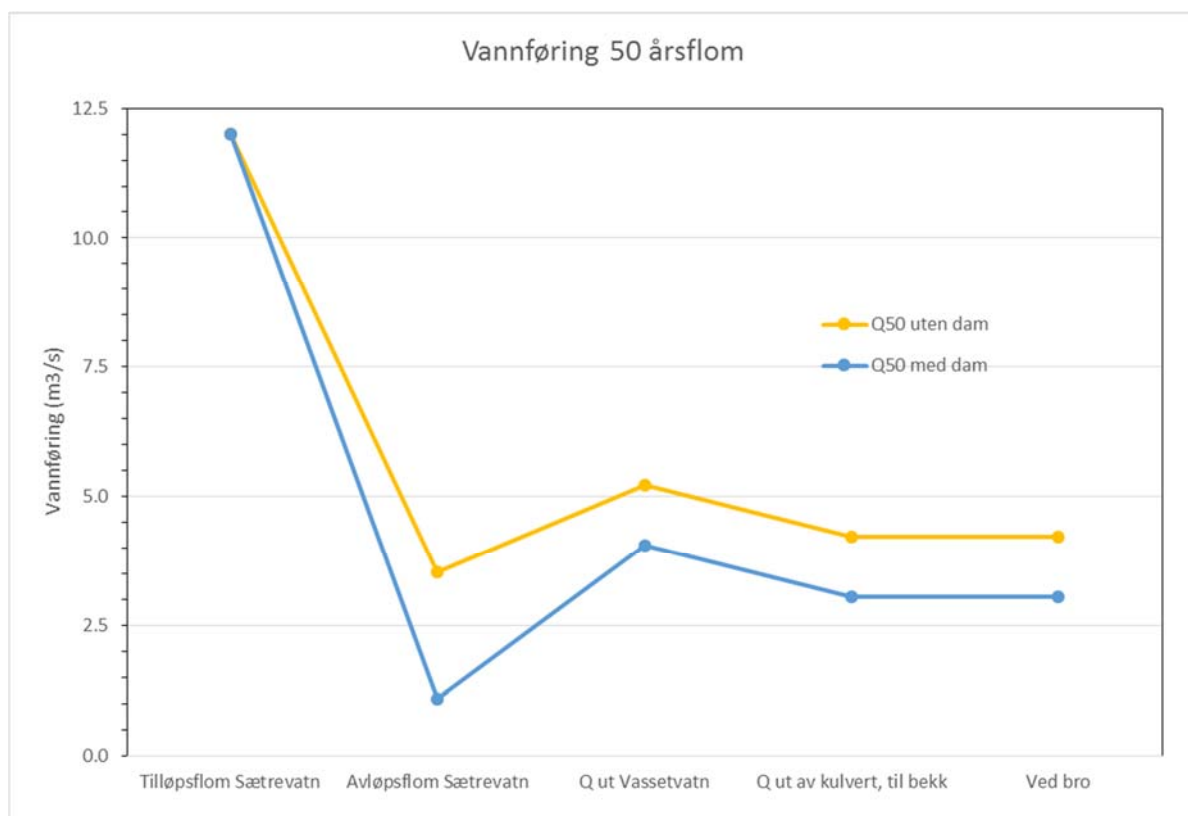
Nedleggelse av dammen medfører en betydelig økning av vannføringen i bekken. Men mht flomvannstand og oversvømmelse er det en temmelig beskjeden økning av flomfaren. Under middelflom vil flomvannstand i bekken øke generelt 10-20 cm. Under femtiårsflom vil flomvannstand øke med generelt under 10 cm.

Mht. bygninger og infrastruktur synes økningen av flomfare å være marginal.

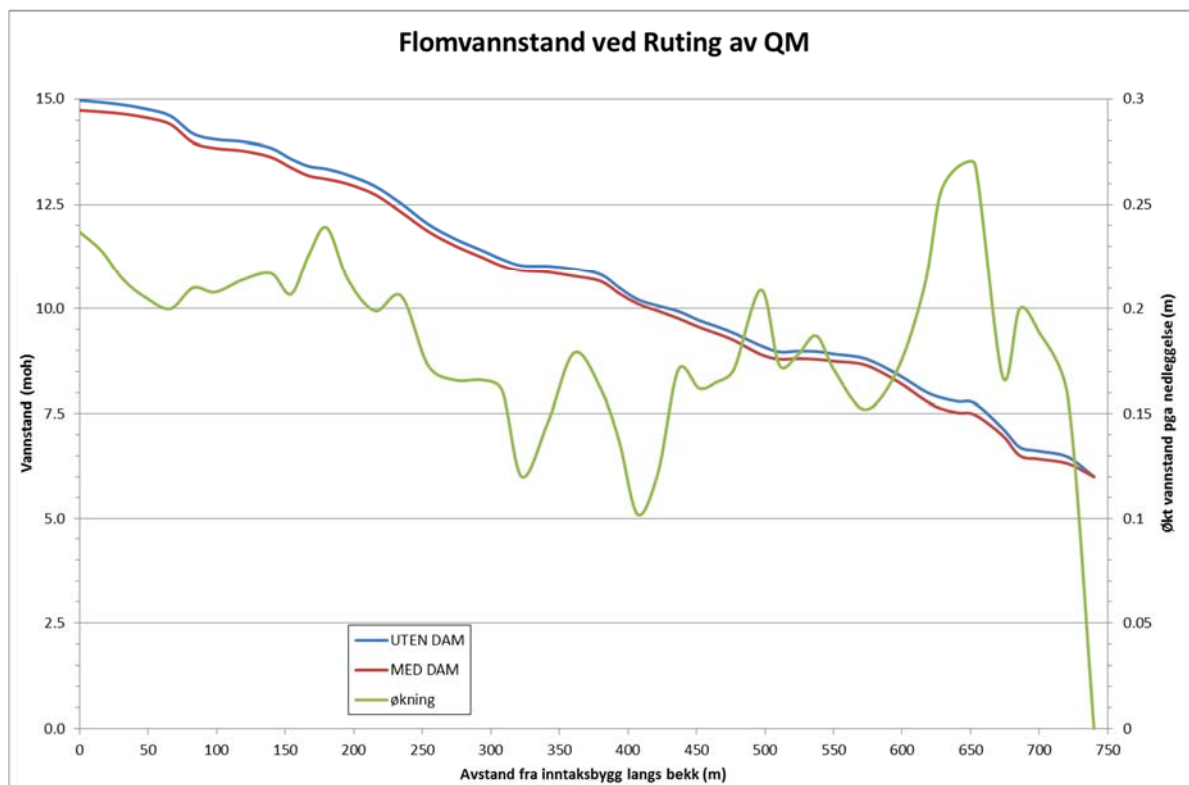
Det bør imidlertid noteres at fokus for utredningen har vært å utrede *økningen* i flomfare, ikke den *absolutte* flomfaren. Terrengmodellen, som inngår i de hydrauliske beregningene, er generelt basert på 1-meterskonturer. Ettersom flomstigningene er godt under 1 m, er det opplagt at det er en betydelig usikkerhet i de *absolutte* vannstandene og utbredelse av oversvømmelsen.



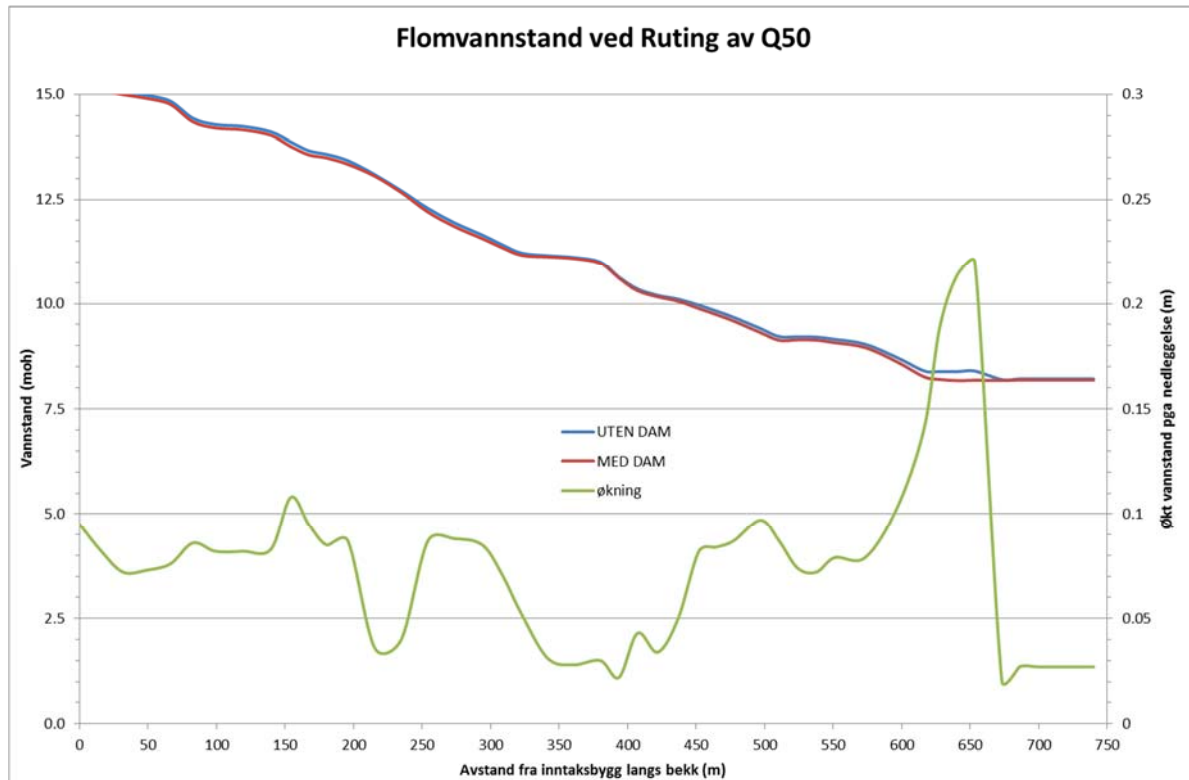
Figur 3 Kulminasjonsvannføring ned gjennom vassdraget; med og uten dam.



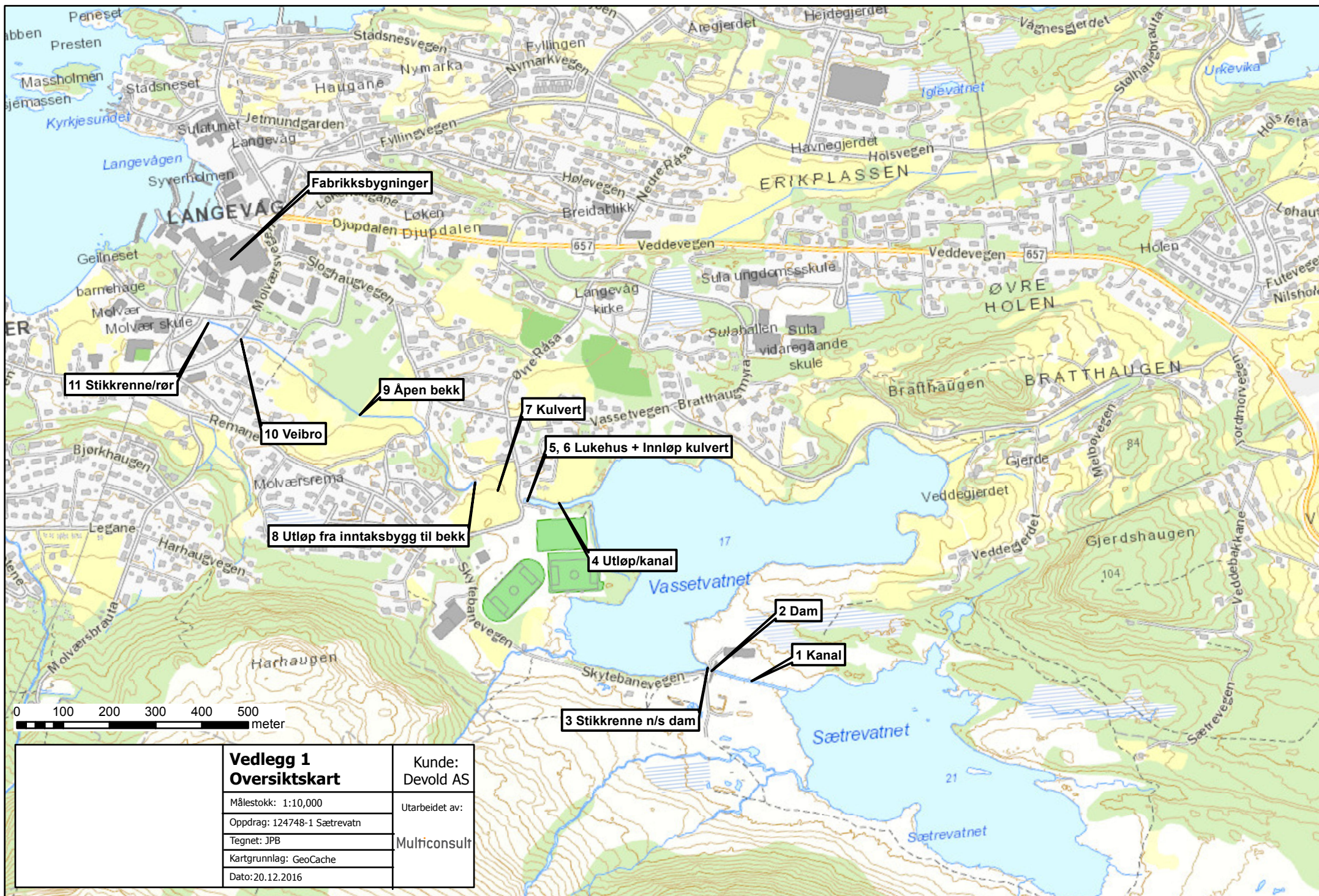
Figur 4 Kulminasjonsvannføring ned gjennom vassdraget; med og uten dam.



Figur 5 Kulminasjonsvannstand ned gjennom bekken; sammenligning med og uten dam. Middelflom. Veibro i x=655.



Figur 6 Kulminasjonsvannstand ned gjennom bekken; sammenligning med og uten dam. 50årsflom. Veibro i x=655.

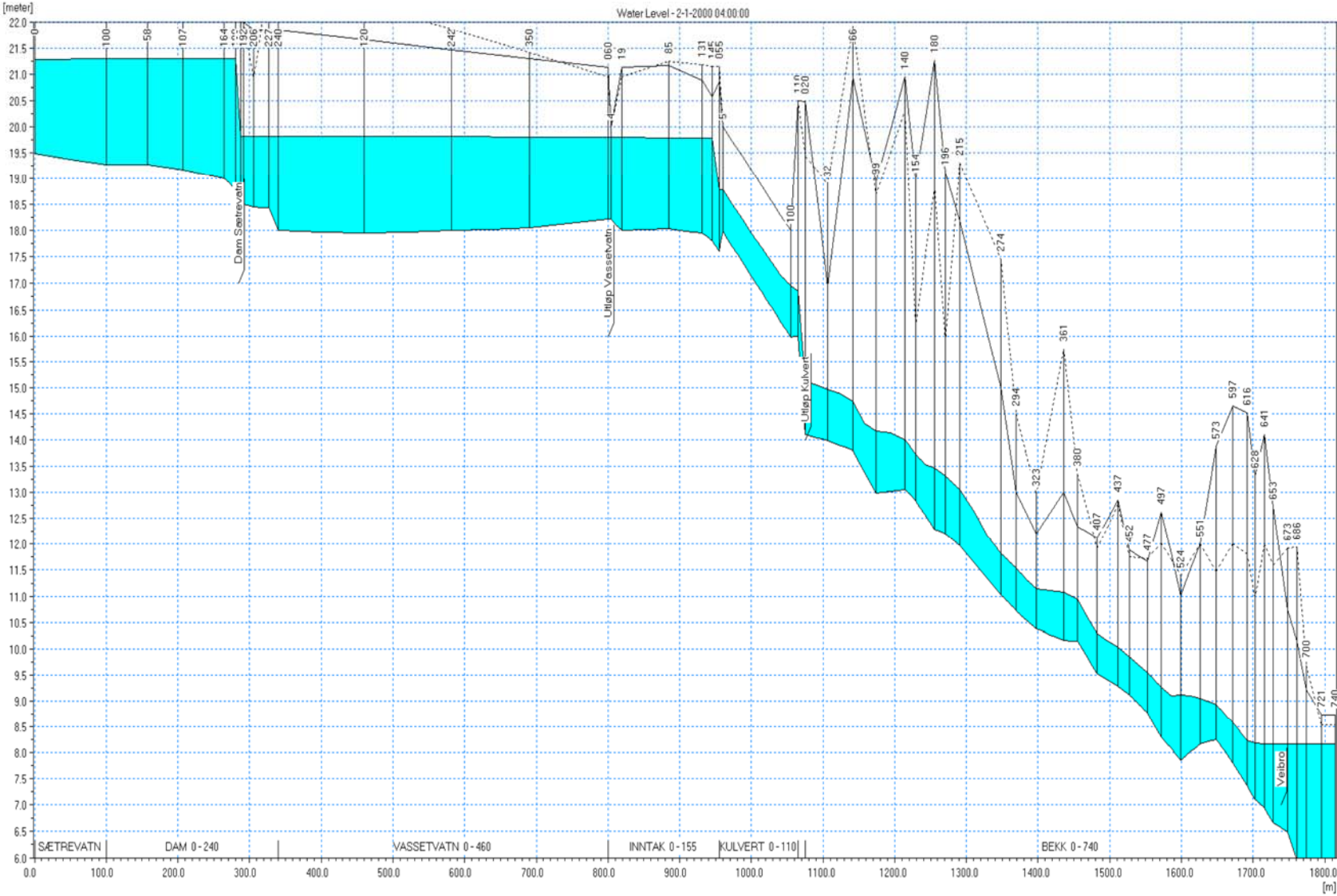


Vedlegg 1
Oversiktskart

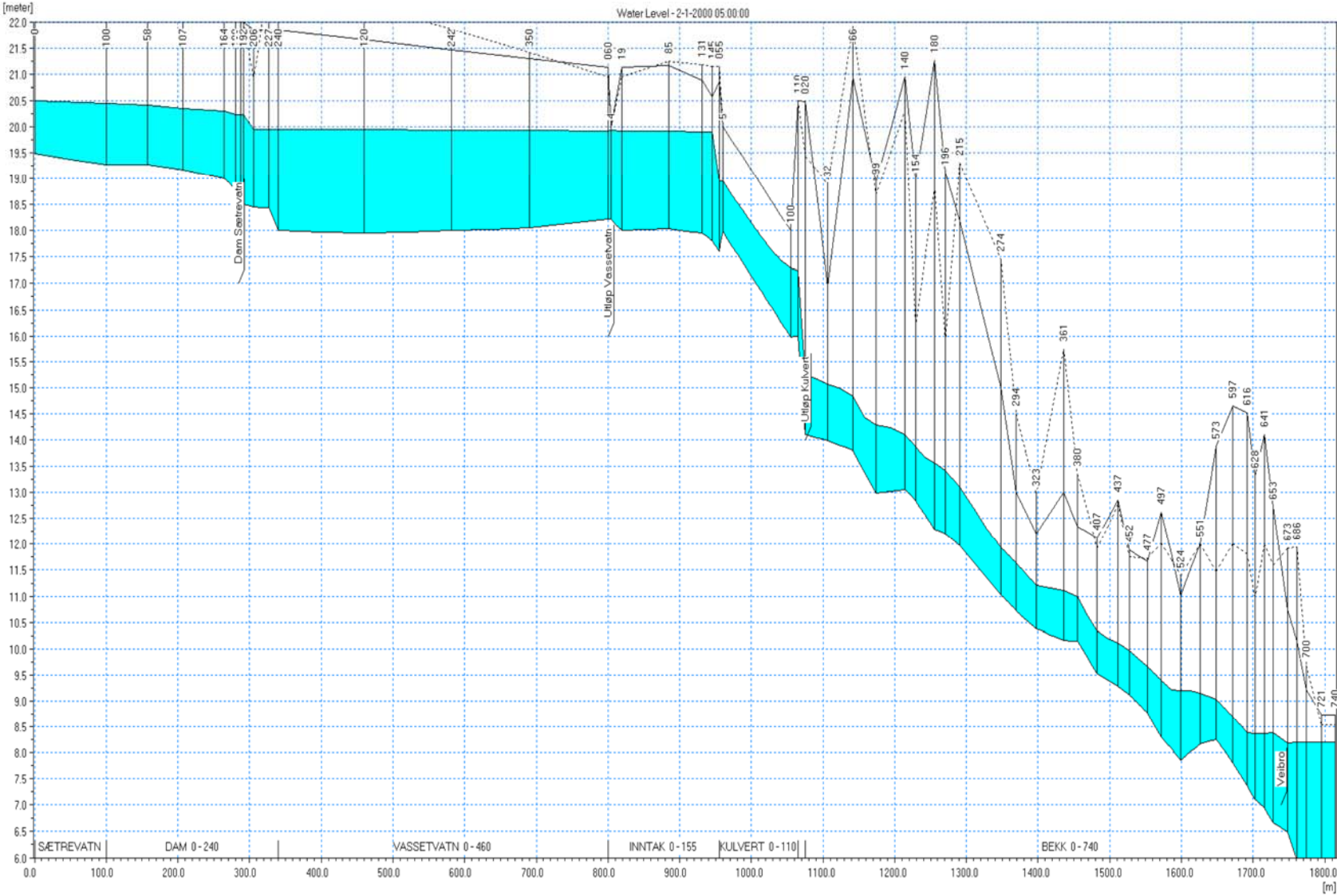
Målestokk: 1:10,000
Oppdrag: 124748-1 Sætrevatn
Tegnet: JPB
Kartgrunnlag: GeoCache
Dato: 20.12.2016

Kunde:
Devold AS

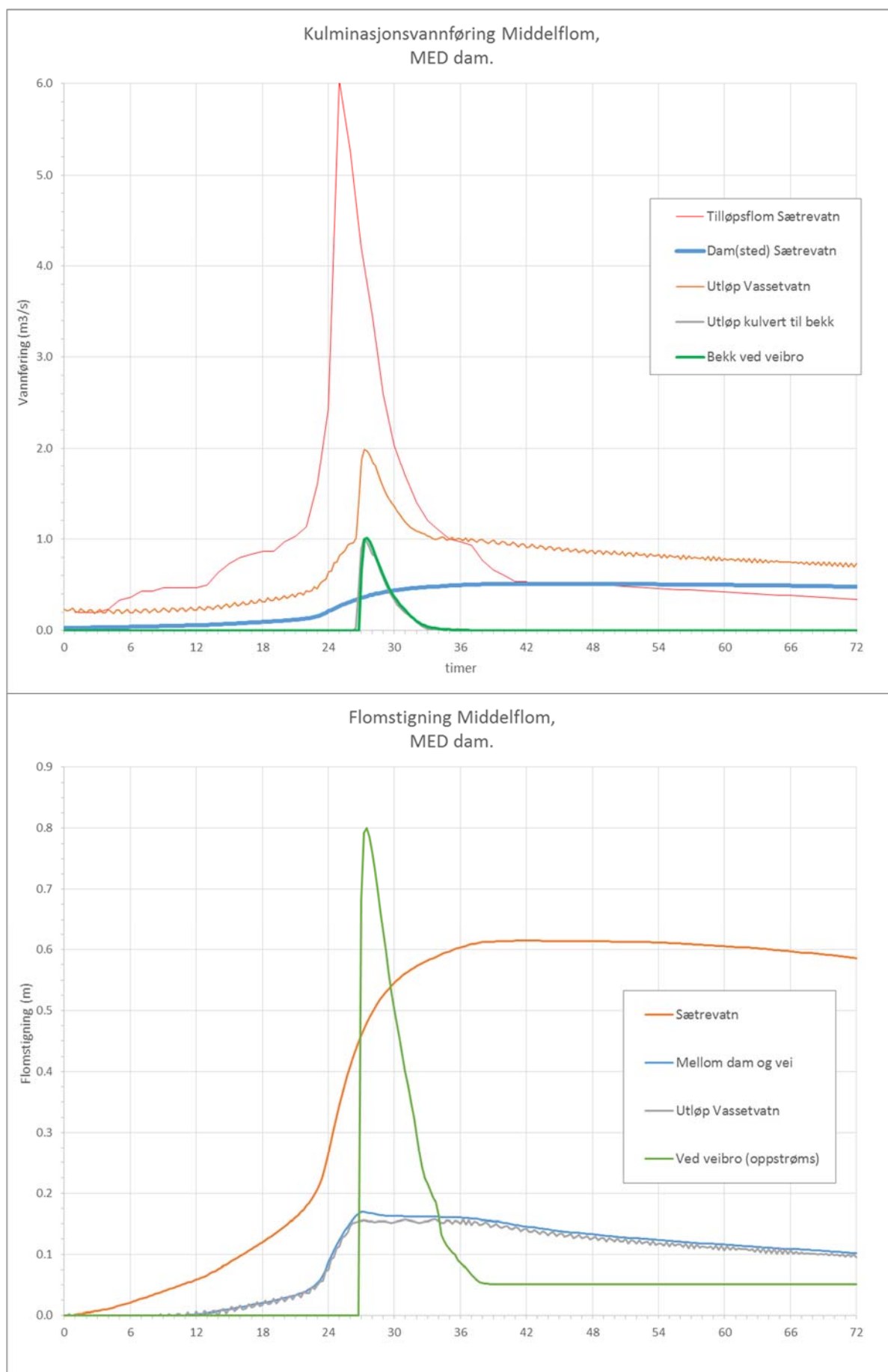
Utarbeidet av:
Multiconsult



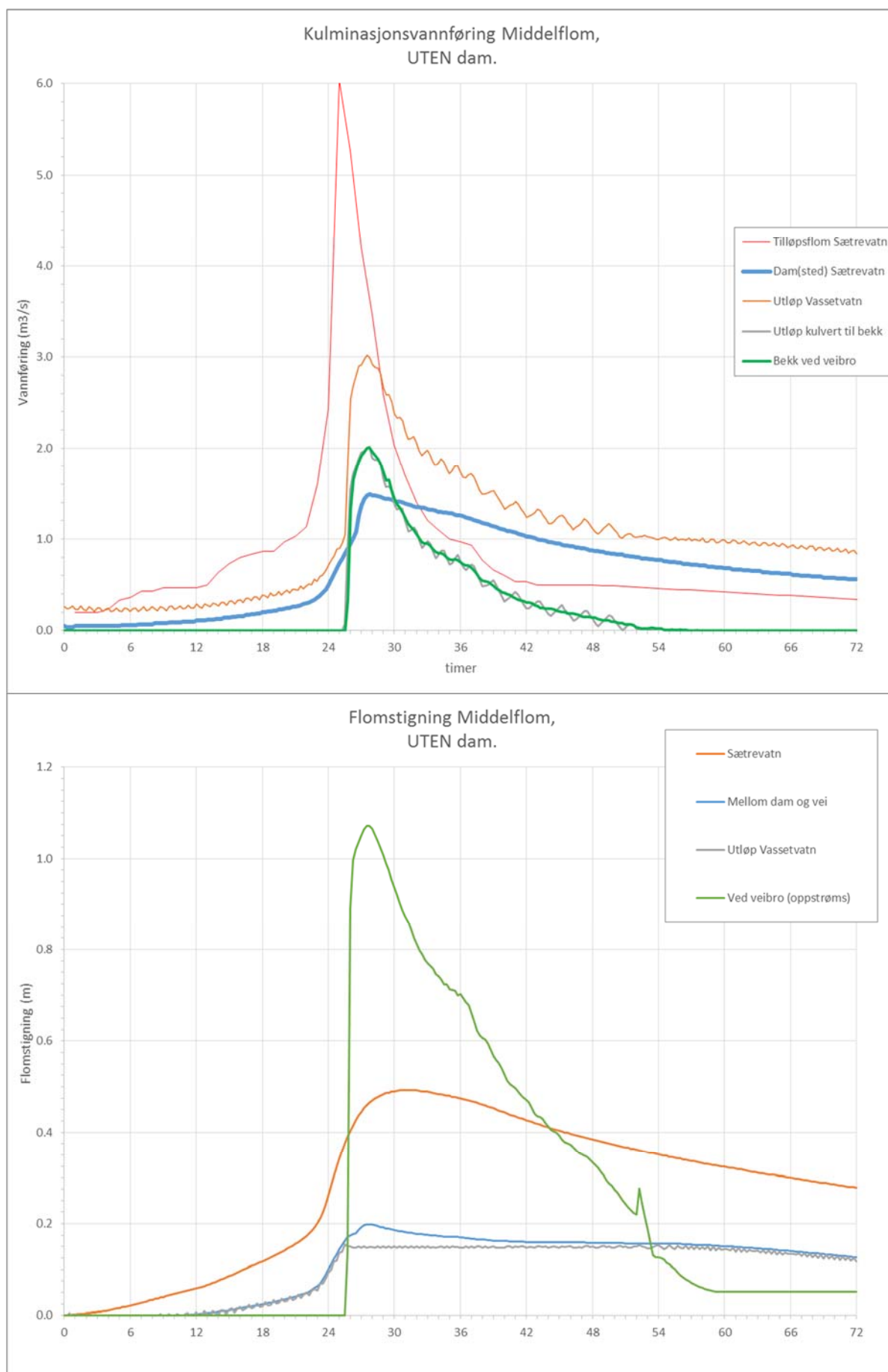
Figur 7 Lengdeprofil fra Sætrevatn til innløp til stikkrenne («Punkt 11»). Situasjon med dam, vannstand ved kulminasjon av Q₅₀.



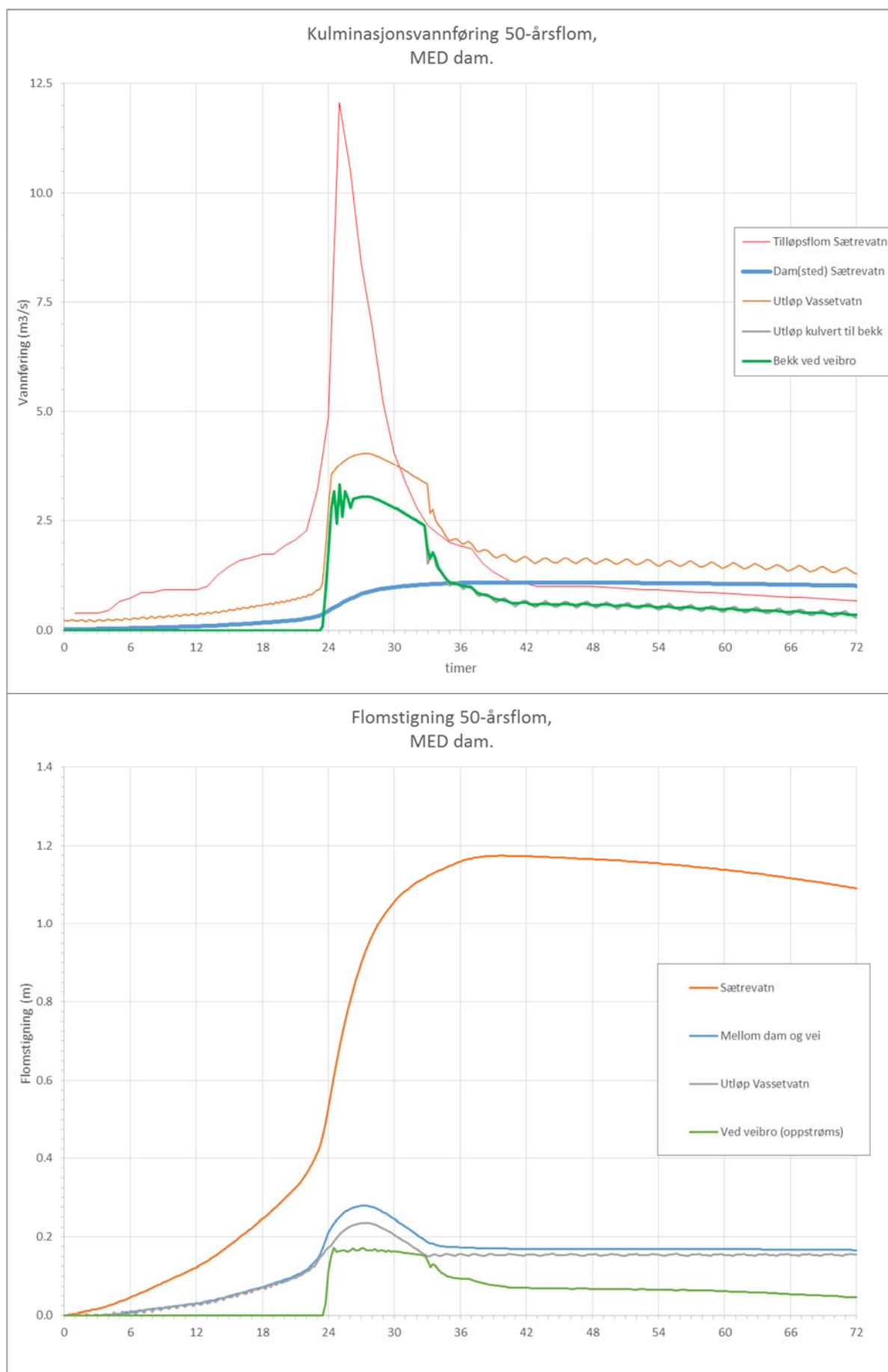
Figur 8 Lengdeprofil fra Sætrevatn til innløp til stikkrenne («Punkt 11»). Situasjon etter nedleggelse, vannstand ved kulminasjon av Q₅₀



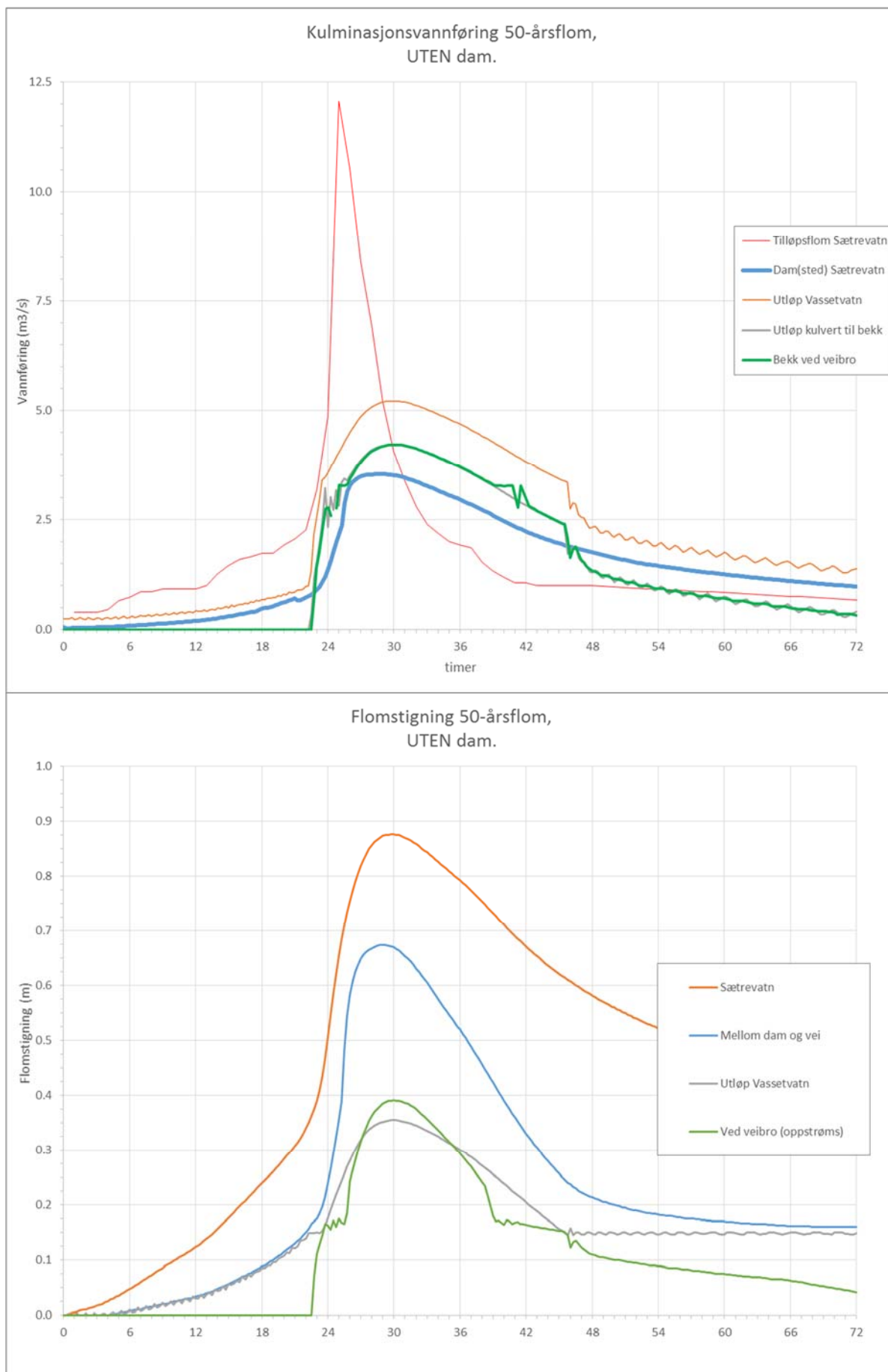
Figur 9 Rutning middelflom MED dam.



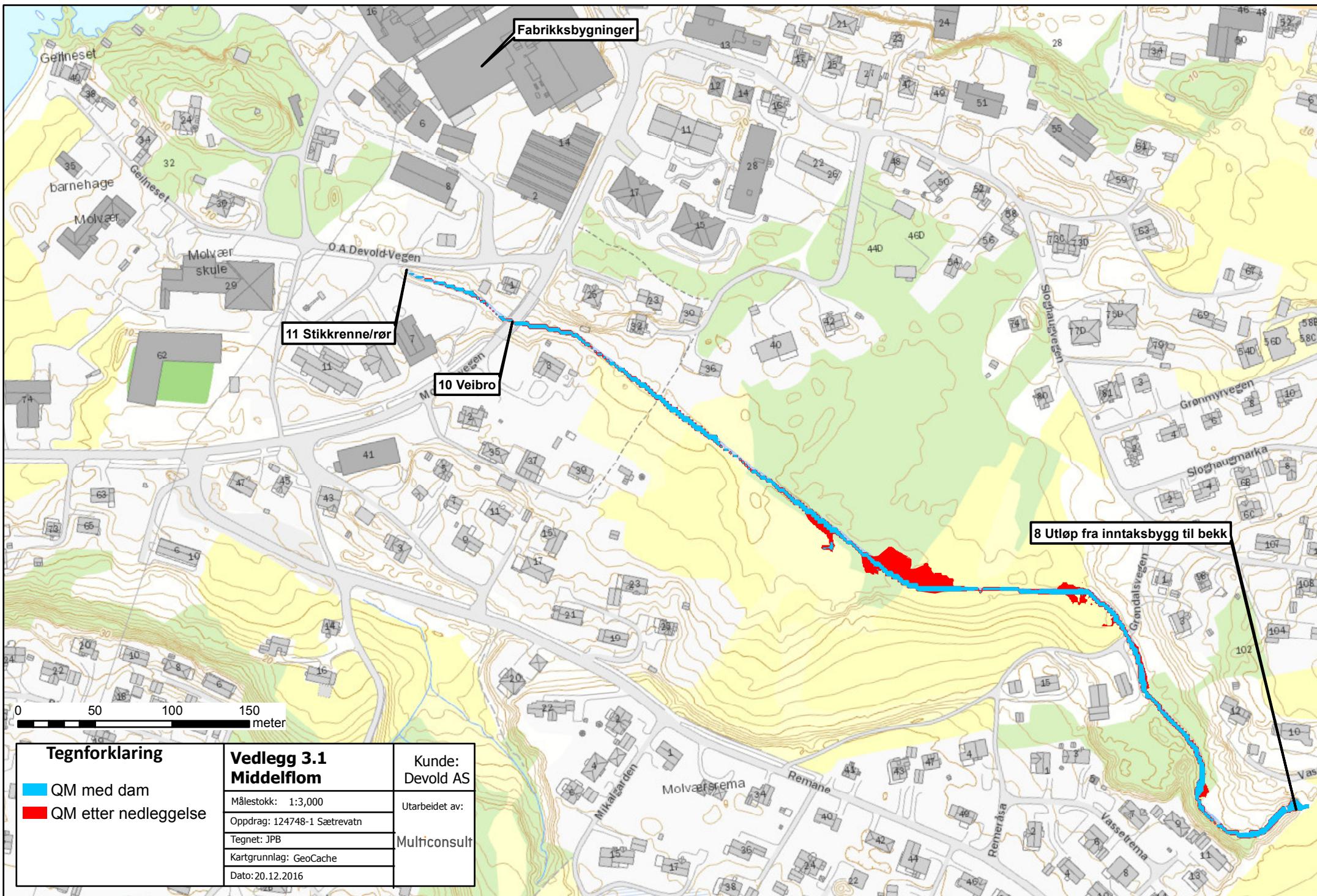
Figur 10 Rutning middelflom UTEN dam



Figur 11 Ruting Q50 MED dam



Figur 12 Rutning Q50 UTEN dam



Tegnforklaring

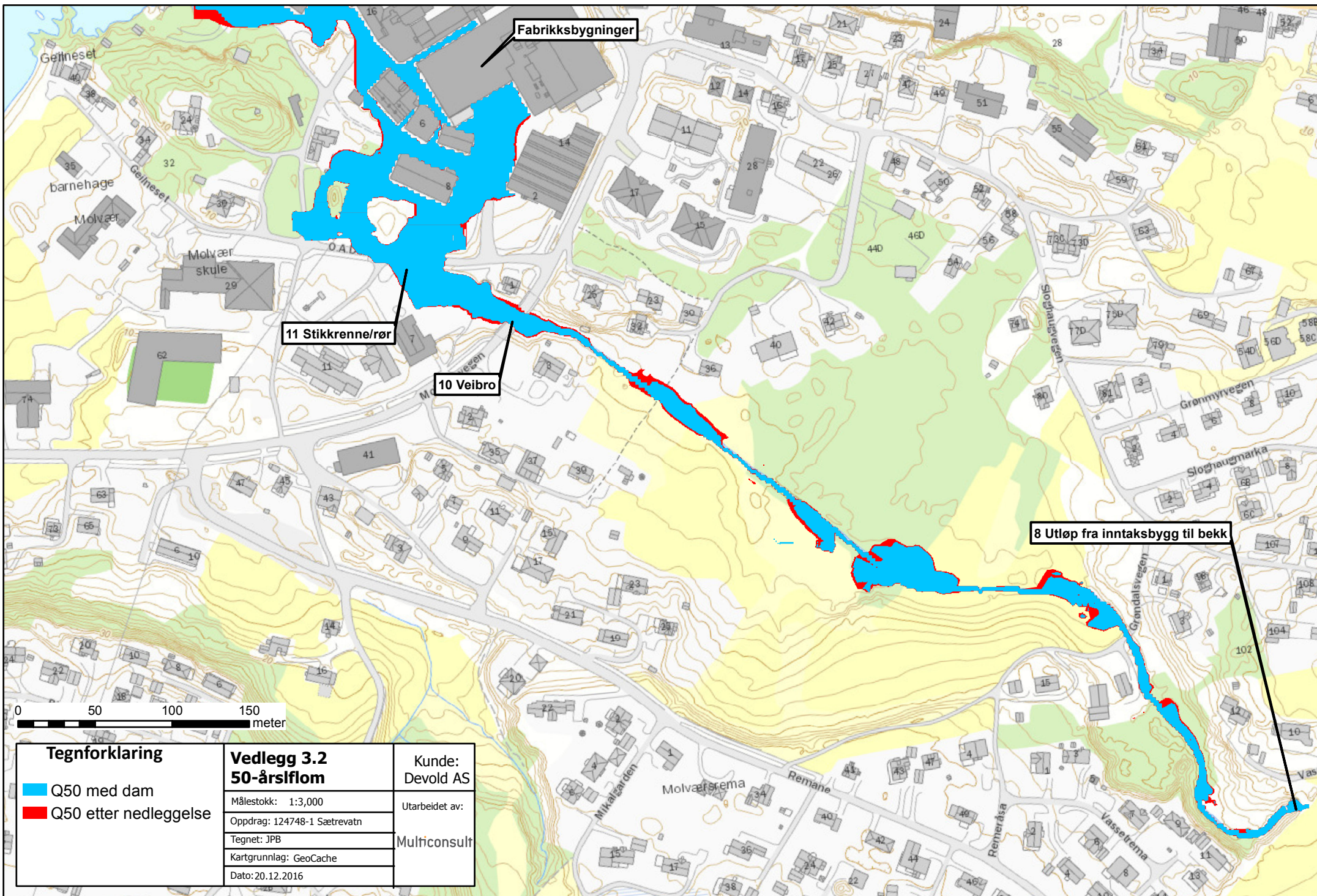
- QM med dam
- QM etter nedleggelse

Vedlegg 3.1 Middelflom

Målestokk: 1:3,000
Oppdrag: 124748-1 Sætrevatn
Tegnet: JPB
Kartgrunnlag: GeoCache
Dato: 20.12.2016

Kunde:
Devold AS

Utarbeidet av:
Multiconsult



Tegnforklaring

- Q50 med dam
- Q50 etter nedleggelse

Vedlegg 3.2 50-årsflom

Målestokk: 1:3,000
Oppdrag: 124748-1 Sætrevatn
Tegnet: JPB
Kartgrunnlag: GeoCache
Dato: 20.12.2016

Kunde:
Devold AS

Utarbeidet av:

Multiconsult

VEDLEGG 4 Dimensjoner på viktige strukturer. Supplement til tabell i Avsnitt 2.1

Punkt	Beskrivelse	Bredde	Høyde
2	Dam Sætrevatn. I en flomsituasjonen er det kun tappeluken som er aktivt flomavledningsorgan, ettersom flomstigningen ikke når opp til overløpsterskelen. Tappeluken er målt inn i 2016.	0,6	0,7
3	Stikkrenne gjennom vei, rett nedstrøms dam. Ved nedleggelse av dammen er det denne stikkrennen som vil bli bestemmende for flomavledningen. Innmålt 2016.	1,2	1,8
6	Innløp til kulvert, varegrind.	5	2
7	115 m lang kulvert som fører ned til inntaksbygg.	2	2
8	Inntaksbygg der vann føres til kraftstasjon. Kraftstasjonens kapasitet = 1 m ³ /s. I tilfelle flom vil to luker automatisk åpnes og flomvann vil strømme ut i bekken.	0,6	1,2
10	Høy veibro, men landkar kan gi oppstuvning ved flom.	16	4
11	Bekken går inn i en stikkrenne.	Ø 1,3	