

# 3d- modellering og høydemåling ved Helvetesfossen/Tokkeåi

Sebastian F. Stranzl, Christoph Postler og Espen O. Espedal



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

## Bakgrunn og målsetting

Det er stor usikkerhet om historisk vannspeilforskjell ved Helvetesfossen. Tokke kommune forespurte 3d modell basert på droneflybilder for evaluering av dagens høydeforskjell av fossen. I et videre steg leveres forsøk av rekonstruksjon av vannspeil fra gamle bilder i samarbeid med Tokke kommune.

## Materiale og metoder

Flybildene ble tatt med DJI Phantom 3 drone. Tokke kommune supplerte med tilleggsbilder som ble tatt av Kjetil Rolseth.

Bildene ble prosessert med «structure from motion» programvare Agisoft Photoscan Pro som ble supplert med fastpunkter på land for å lage en 3d modell av Helvetesfossen og området. Fastpunktene er merket i Figur 4.

I tillegg ble det målt inn høydepunkter med differentiell GPS den 8.10.2017 kl. 10.00. Vannføring ved Dalen på tidspunktet var  $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

I neste steg ble høydemodellen brukt for i en forsøk å rekonstruere vannspeil fra gamle bilder som ble levert av Tokke kommune. En del bilder ble også brukt fra NVE notat «Revisjon av Tokke/Vinje-reguleringa – Justerte krav til kommunestyremøte i Tokke og Vinje 16. november 2017».

## Resultater

3 d modellen ble generert fra ovenfor Helvetesfossen til innløp i Bruhølen. 3d modellen ligger ved som \*.dae og \*.3ds fil. I tillegg leveres digital høydemodell (Figur 2) og ortofoto som rasterfil (Figur 3). I vanddekket areal stemmer ikke dybder på grunn av refleksjoner i vann og må ved behov suppleres med bathymetridata.

På oppmålingstidspunkt var vannspeil mellom Helveteshylen (kote 96.19) og toppen av fossen (kote 103.22) 7.03 m.

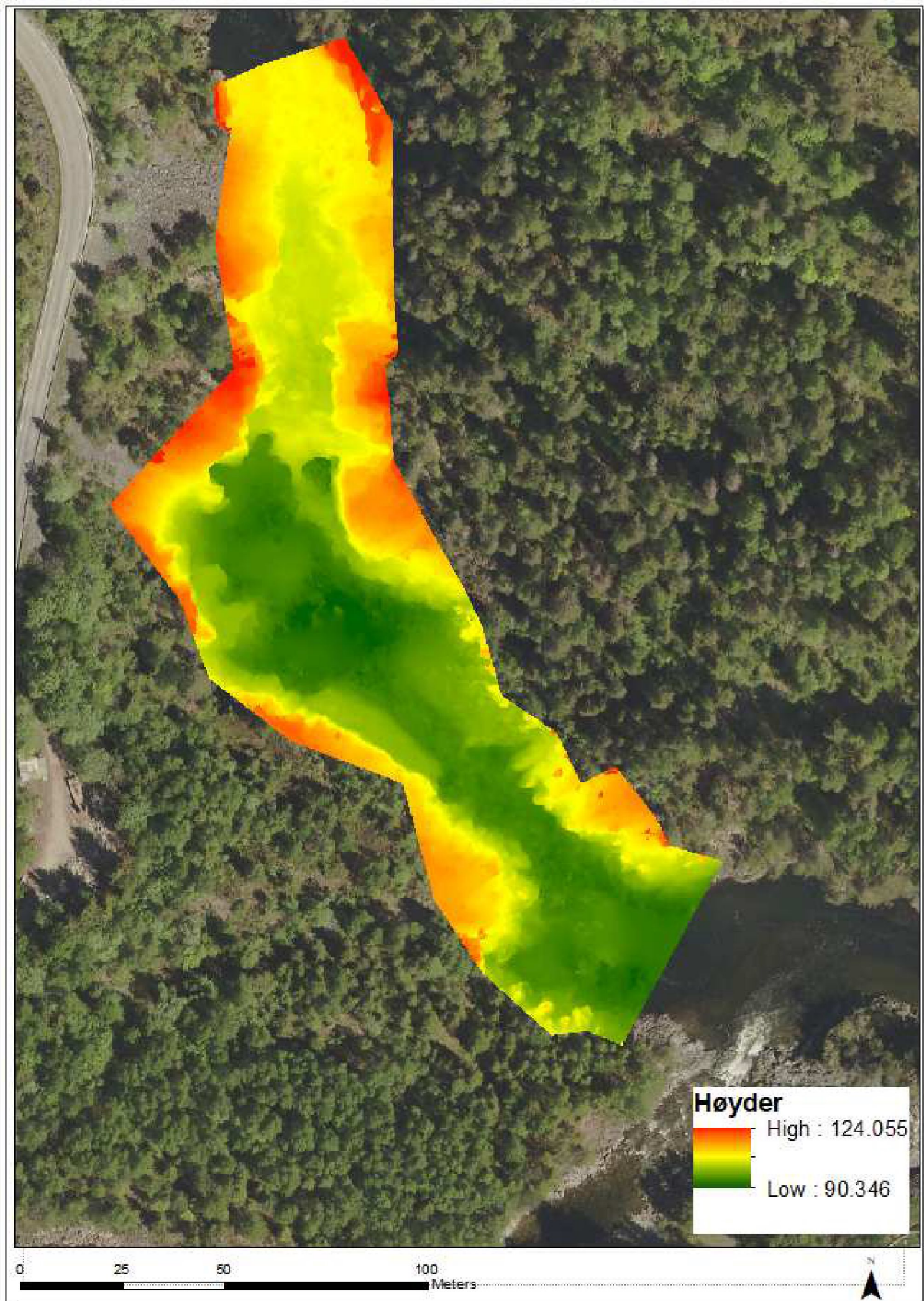
Det finnes en mellomkulp i fossen (Figur 3) som hadde på oppmålingstidspunkt kote 102.37, dvs. at vannspeilforskjell til Helveteshylen på oppmålingstidspunkt var 6.18 m. Vannspeilet i kulpen er veldig vannføringsavhengig, ved en tidligere oppmåling av kommunen var vannspeil i kulpen på kote 101.7 m (5.51 m vannspeilforskjell, ukjent vannføring). Klarer en fisk seg først inn i mellomkulpen kan den trolig bare svømme videre opp forbi fossen.

Toppen på sørsiden av kanten rundt jettegryten ligger på kote 99.7 m (Figur 3).

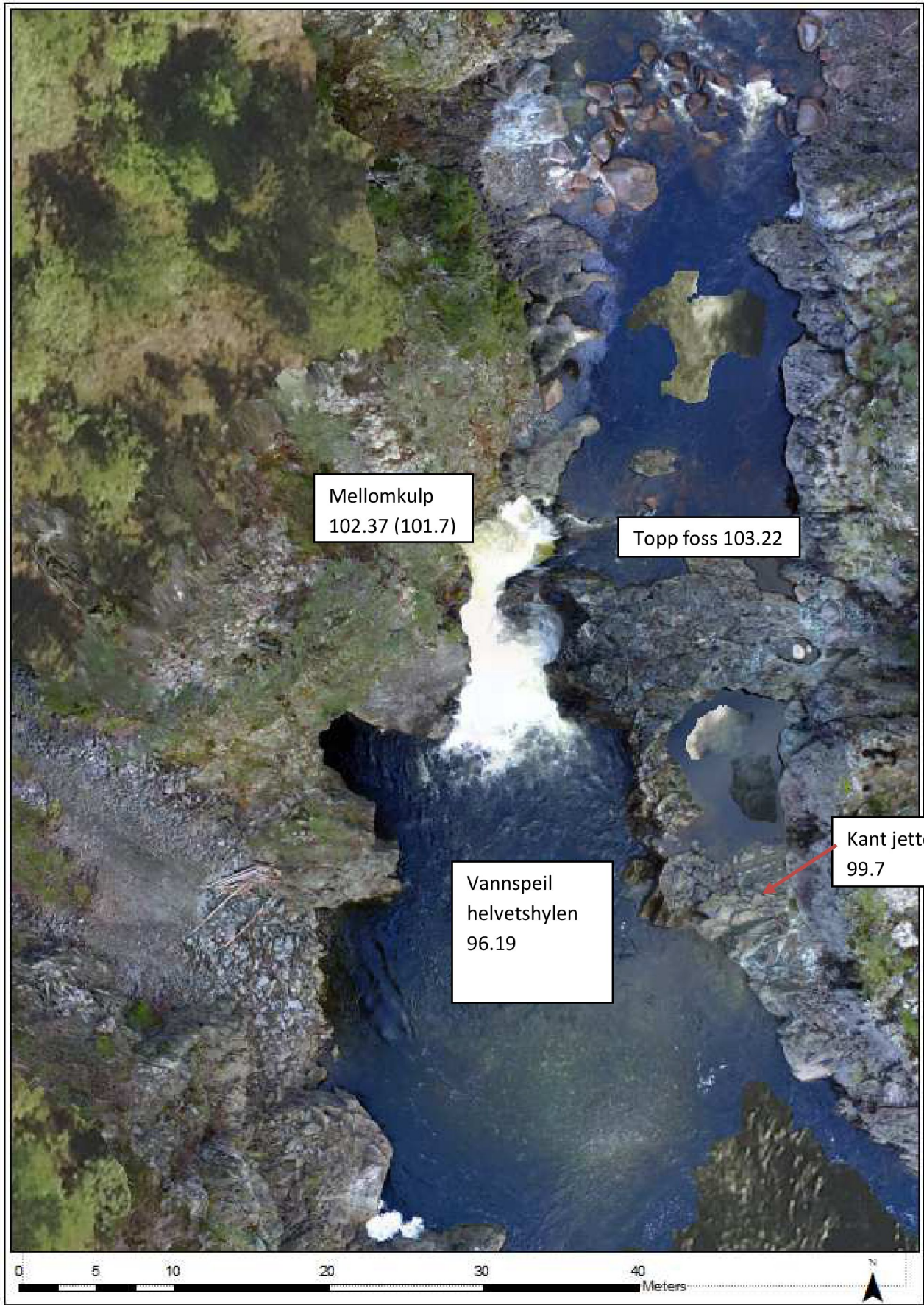
Oppmålingene viser at kanalen mellom øvre hylen (Helveteshylen) og Bruhylen (Åmotehylen) ble sprengt bredere enn det som ble prosjektert av Statkraft i 1967 (Figur 15, prosjektert: rektangelprofil, B= 6 m). Sprengt profil er en trapesprofil med en bredde på bunnen av 6 m (kote ca. 94.4), mens bredden på kote 96.19 (vannspeil på oppmåling) var 9.5 m.



Figur 1: Oversikt over området og flybilde. Hull på flybildet i vannflate oppstår på grunn av refleksjon.



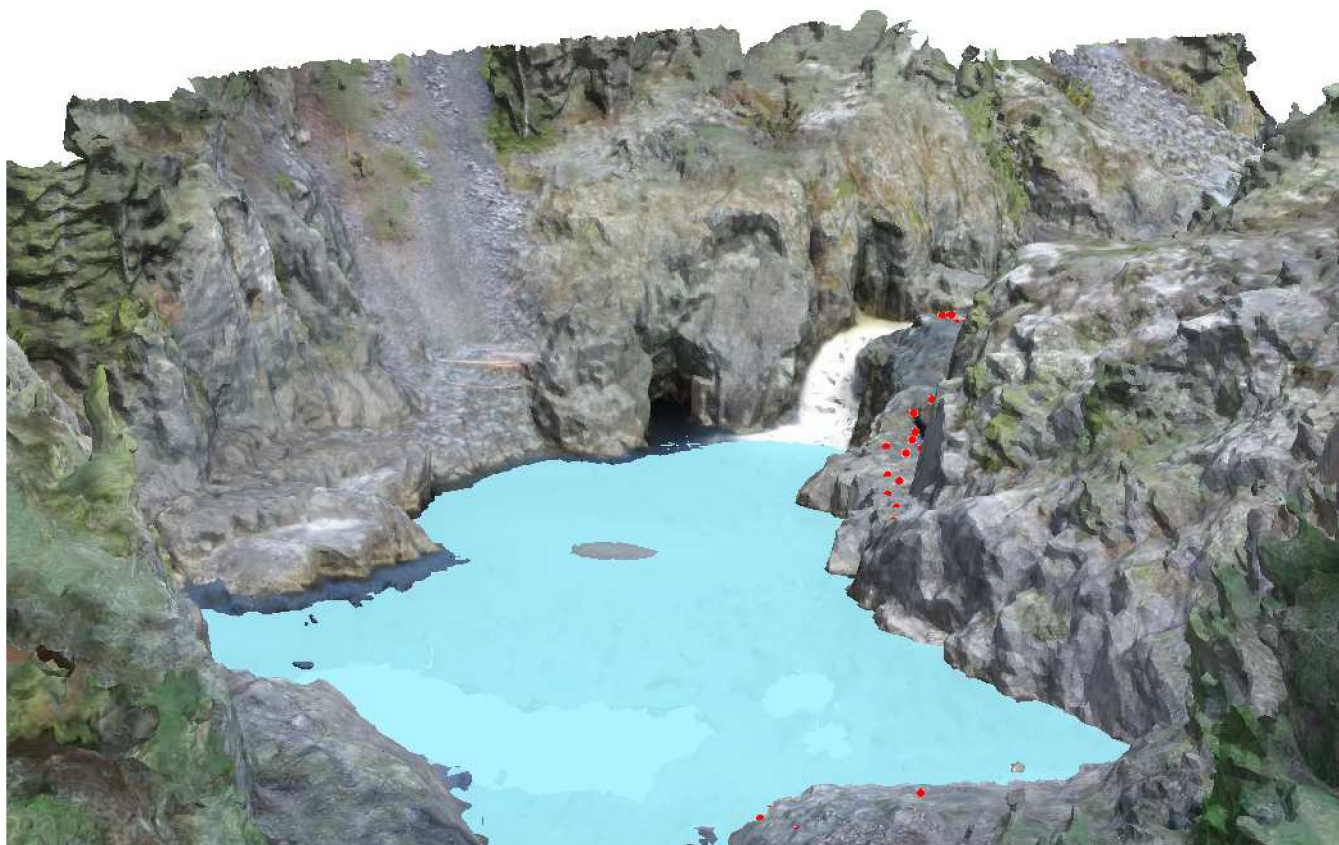
Figur 2: Høydemodell av området.



Figur 3: Oversikt over Helvetsfossen.



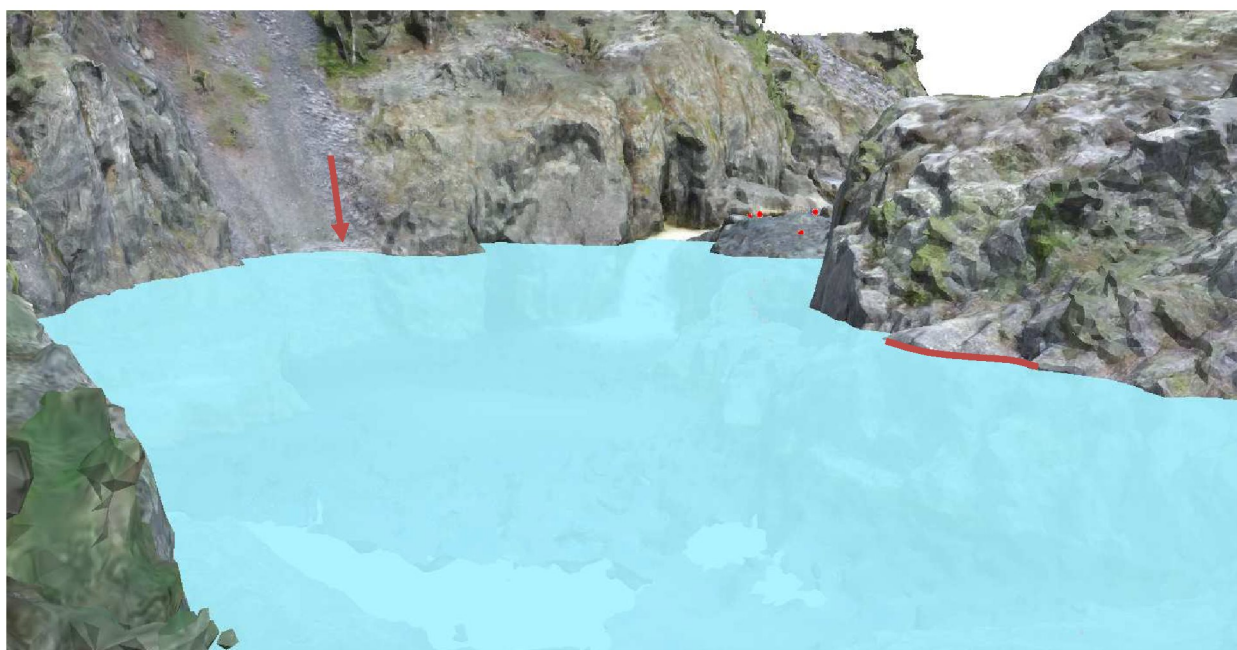
Figur 4: Oppmålingsdata fra 8.10.2017. Oppmålingene bekrefter at «ringen rundt jettegryten» som Tokke kommune ønsket vurdering om ligger på ca. kote 100 på foss-siden og på kote 99.7 på sørsiden.



Figur 5: Vannspeil kote 96.19, som ved oppmåling 8.10.2017.

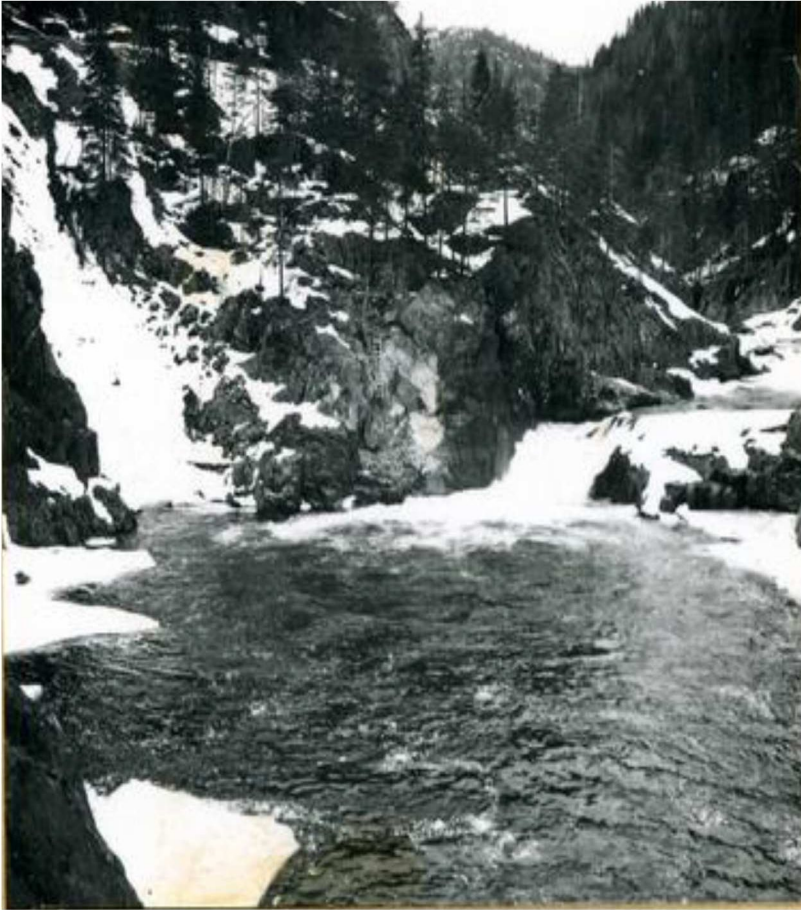


Figur 6: Fossen i 1899, bilde levert av Tokke Kommune, bildet ble trolig tatt ved høy vannføring.



Figur 7: Estimert vannspeil på Figur 6 var 102 moh, dagens flommerkene (pil) ligger opp til kote 102.5 (2017).

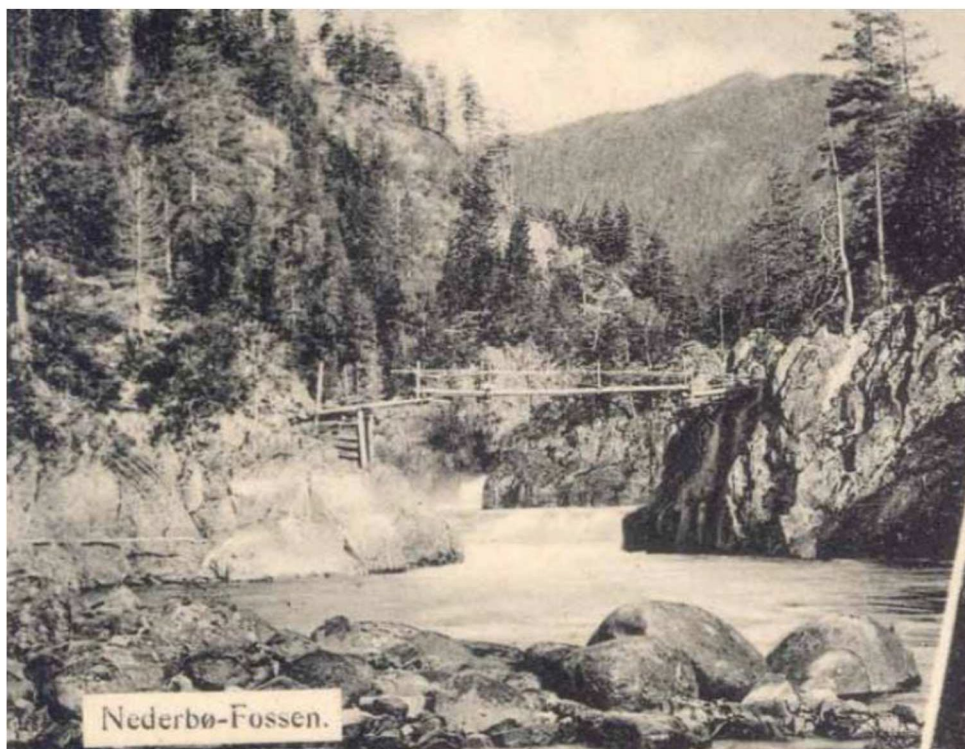




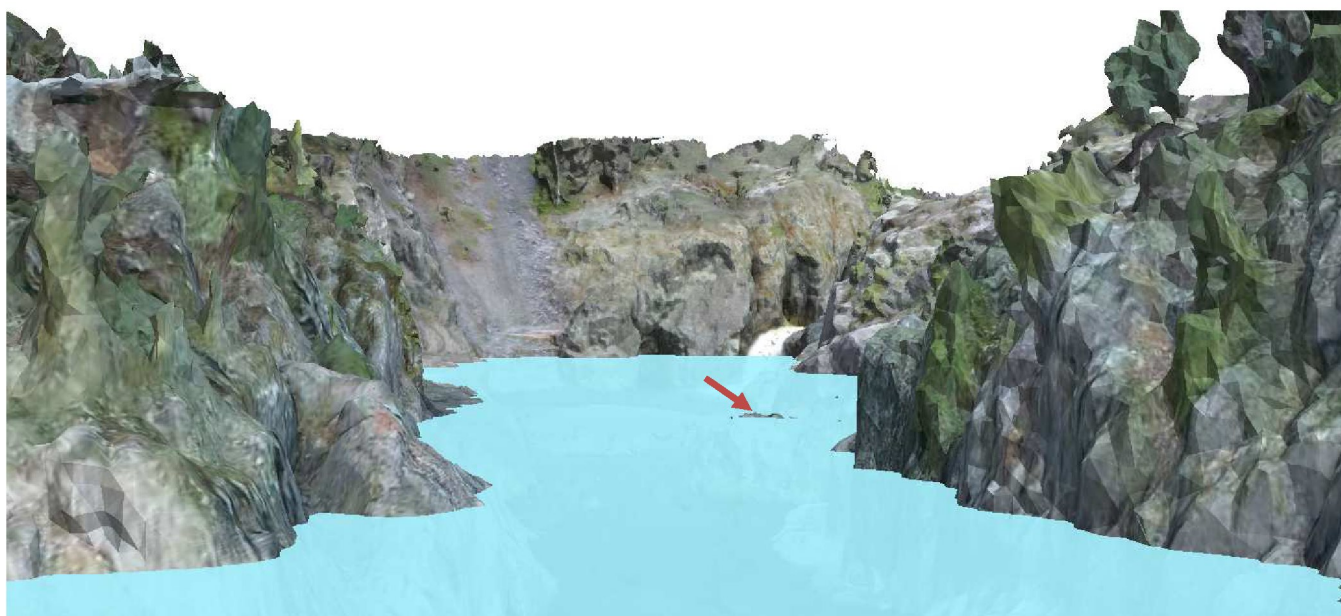
Figur 8: Bildet ble trolig tatt ved lav vannføring, siden det er bare overfall i den lave delen av fossen. (Bilde levert av Tokke kommune).



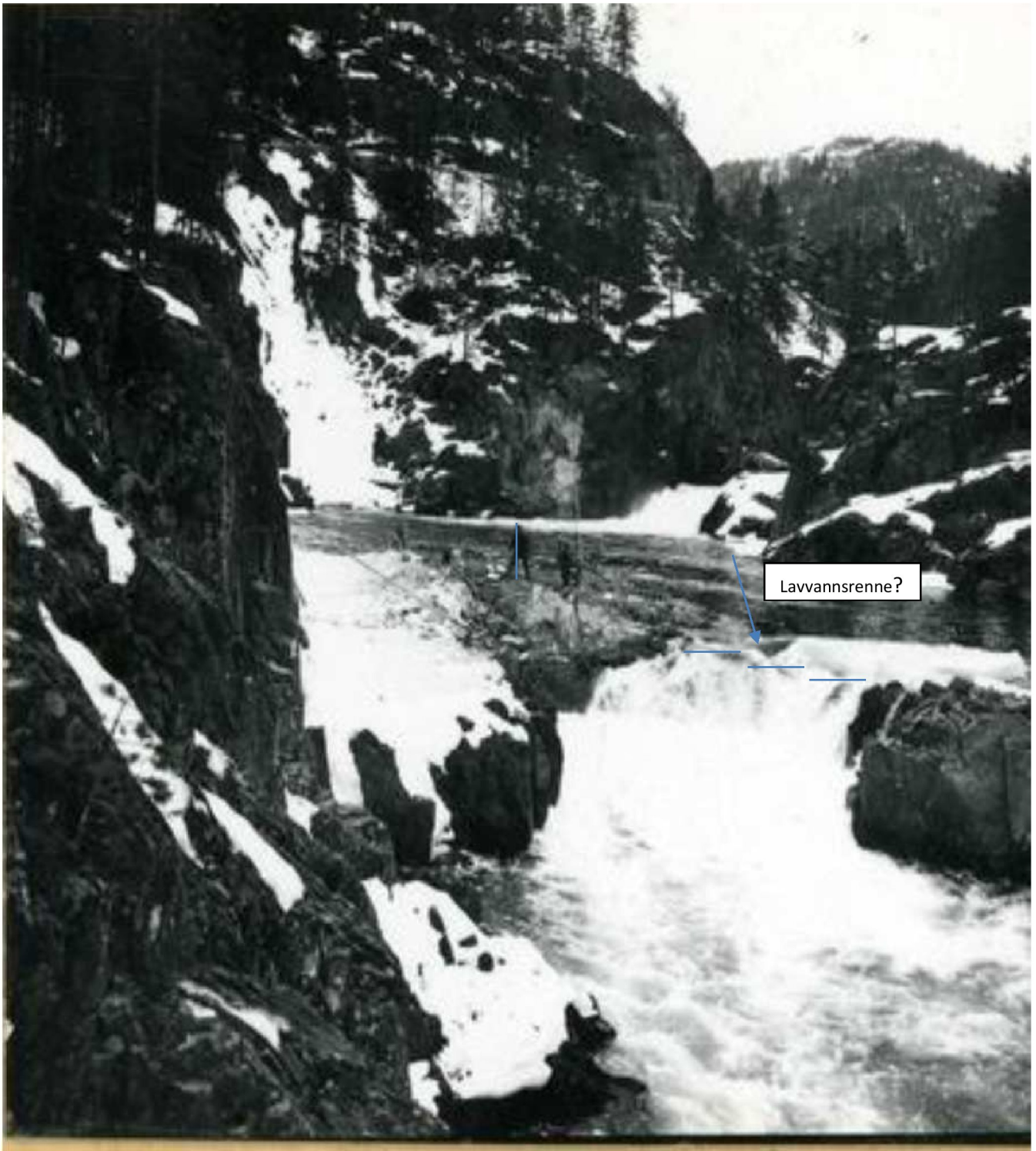
Figur 9: Estimert vannspeil på Figur 8 ved kote 99.7.



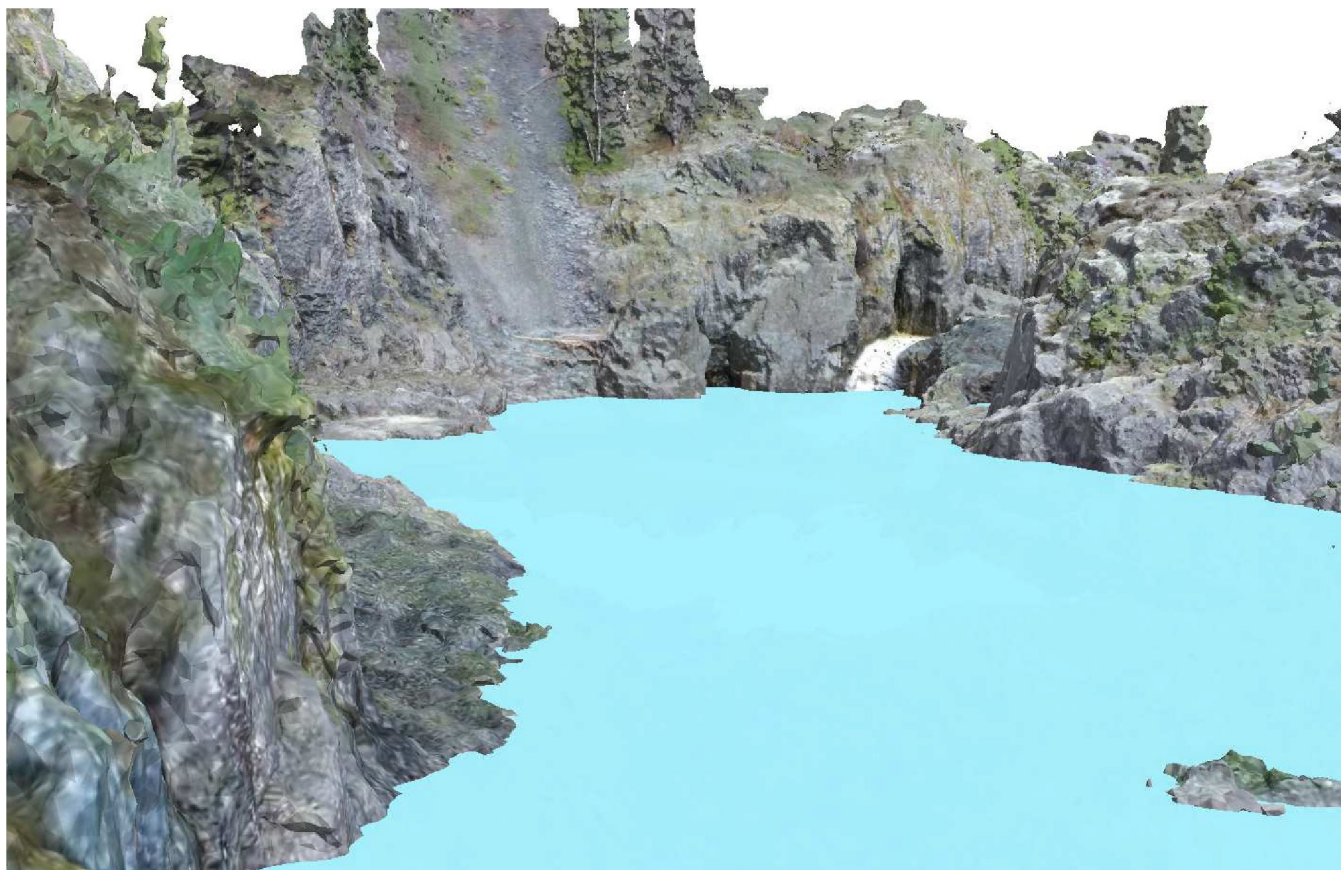
Figur 10: Overfall over hele bredde av «brufossen» (der kanalen er sprengt). Steiner i forgrunn og rolig vannflate i hølen kan indikere at bildet ikke ble tatt ved flom. (Kilde: NVE notat 16. nov. 2017)



Figur 11: Ved kote 99.7 peker resten av den historiske brufossen (merket med pil) ut av vannspeil. I figur 10 ser det ut som det var overfall over det som er merket med pilen.



Figur 12: Bilde av brufossen ved lav vannføring, klargjøring for sprengning (Kilde: NVE notat 2017). Tar man høyder av mennesker som målestokk er overfall over fossen ca. «3 - 4 mennesker» bred. Det kan se ut som det var en lavvannsrenne som er markert med pil.



Figur 13: Estimert vannspeil i øvre hylen tilsvarende Fig. 12 ved kote 99.3. Det ser ut som fjellet mannen står på i Fig. 12 ble sprengt og i dag er en del av kanalen.

## Diskusjon

Bildene vi fikk sett fra før sprengning tyder på at vannspeil ved lave og normale vannføringer kan ha vært mellom kote 99 og 100. Dette bekreftes også i lengdesnittet i Figur 17. Det er stor usikkerhet til historisk vannspeil ved flom, men dagens flommer indikerer et vannspeil av ca. kote 102.5 ved store flommer. Man kan gå ut fra at flomvannspeil før senkning av fossen var høyere enn dette.

Det er ikke sikkert hvordan fossen mellom øvre hyl og Bruhyl var utformet, i Figur 12 ser det ut som det er ganske tynt overfall som er ca. «3 – 4 mennesker bredt», det kan se ut som fossen hadde en smal lavvannsrenne. For bedre kunnskap om utformingen av fossen hadde det hjulpet å få tak i tverrprofilene som er merket i Figur 17.

Bunnivå av fossen varierer mellom de tilgjengelige lengdeprofiler mellom ca. 97.3 og 97.6 (Figur 15- Figur 17). Det er stor usikkerhet om dette var konstant kote over hele fossen eller om dette var laveste punkt. Lavvannsrennen og fjellknaus på Fig. 12 indikerer at det var en variabel kote over kanten av fossen. Det kan utelukkes at høyeste punkt av fossen ble tegnet inn i lengdesnittet fordi dagens rester av fossen ligger på kote 99.7 og på Figur 12 står en mann på en enda høyere fjellknaus i området der kanalen som ble sprengt.

Senkning av terskelen i Bruhylen kan ha senket vannspeilet i øvre hylen ytterligere siden oppstuvningseffekter ble redusert. I følge lengdesnittet (Figur 15) var bunnivå i Bruhylen før senkning ca. på kote 97 mens skravuren på Figur 17 tyder på at selve vannspeilet var på ca. kote 97.

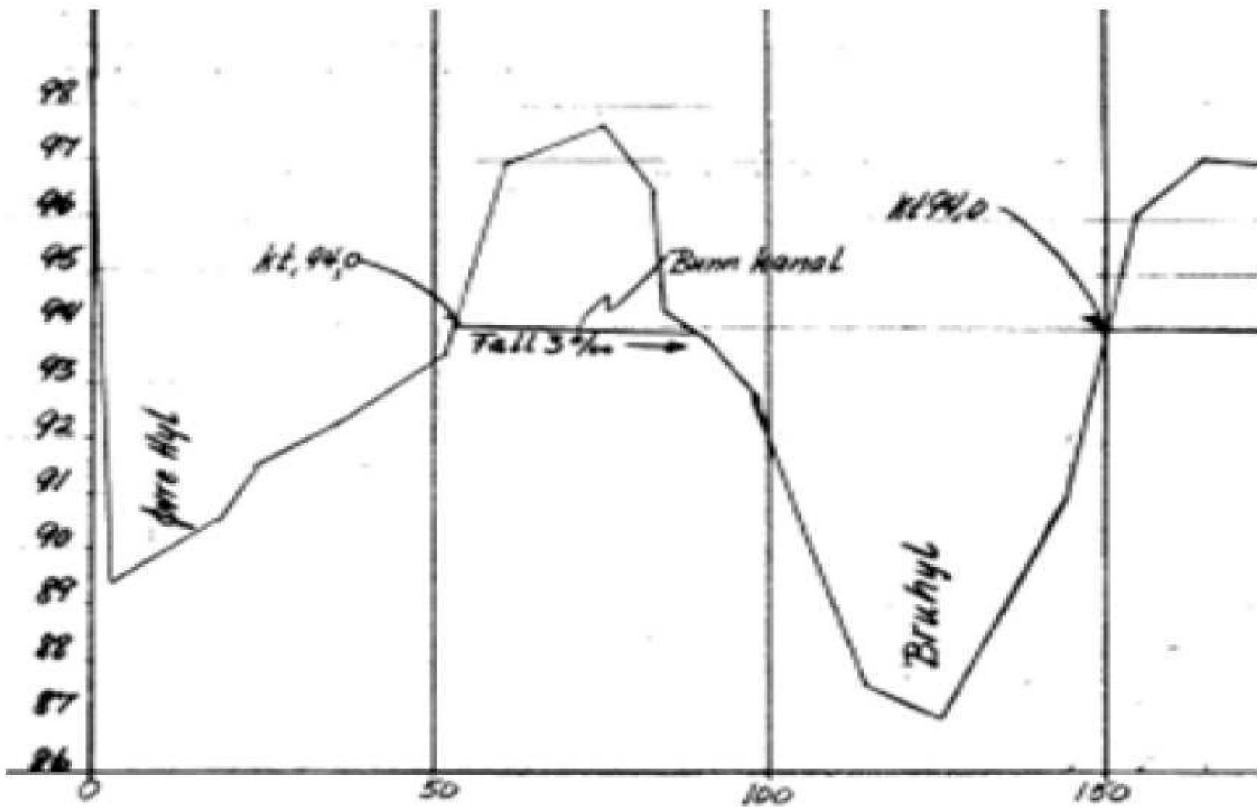
En mulig vandringsvei for fisk ved mellomstore vannføringer er skissert i Figur 14. Hvis vannspeil virkelig var på kote 99-100 historisk var det et hopp på 1.5 - 2.5 m opp til merket flomløp og 3 - 4 m samlet høydeforskjell til toppen av fossen.



Figur 14: En alternativ mulig vandringsvei (ved en litt høyere vannføring enn på bildet) er skissert på bildet (kilde: NVE notat 16. nov. 2017). Spranghøyden fra kanten av jettegryten til flomløpet er under 2 m, deretter kan løpet bare svømmes opp.



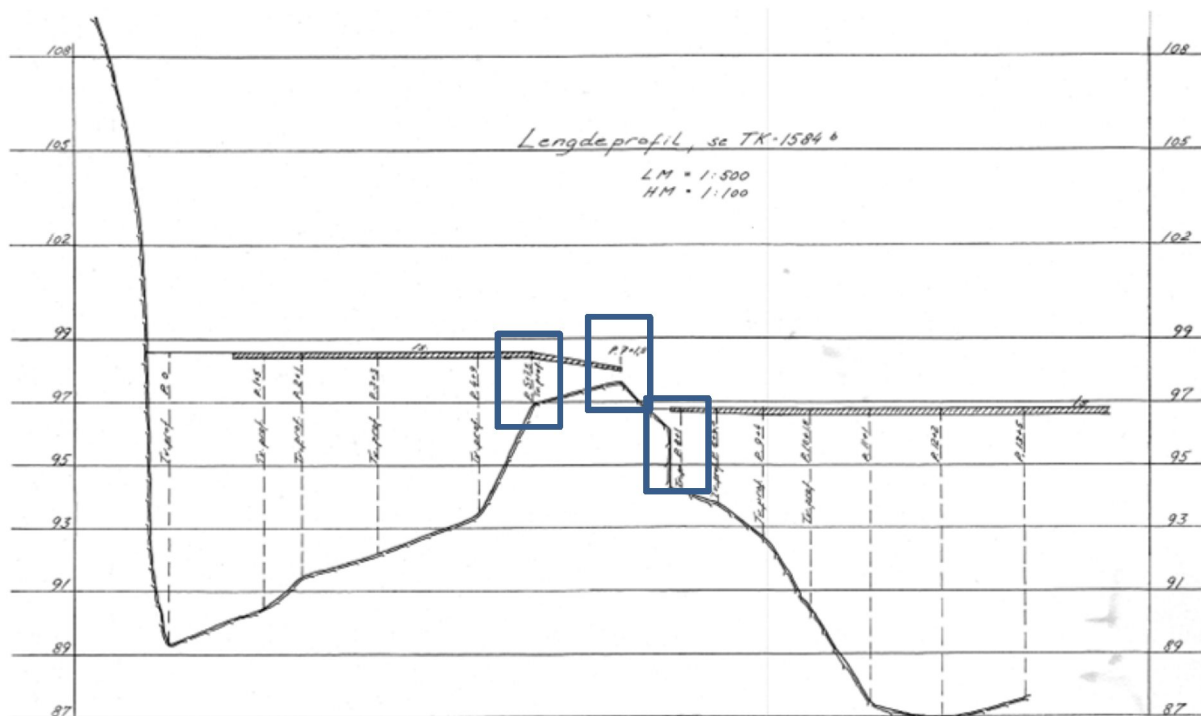
SNITT GJENNOM UTÅP U-TUNNEL MED BJELKESTENGSEL M:1:200



Rev. 00 Kanalprofil nedenfor Gjøashtyl. 4.18.67 W4

TONNE & KYRRETONLEGG.	Størrelse	Top. 11/200 SR
KANALISERING AV UNDERBÅNET.	1/1000	Top.
UTÅP AV U-TUNNEL MED BJELKESTENGSEL.	1/1000	St.
	1/100	
	1/10	

Figur 16: Også dette lengdesnittet indikerer et bunnivå av brufossen på ca. kote 97.6 (Kilde: Hansen og Kristiansen 2017)



Figur 17: Lengdeprofil av øvre hylene og Bruhylen. Her ser det ut som bunnivå ligger på ca. kote 97.3. Skravuren kan indikere et vannspeil på litt under kote 99 i øvre hylene og litt under 97 i Bruhylen. Markerte tverrprofilene (blå rektangel) hadde vært interessant for å få en idé om utforming av selve fossen (Kilde: Hansen og Kristiansen 2017).

## Litteratur

NVE notat «Revisjon av Tokke/Vinje-reguleringa – Justerte krav til kommunestyremøte i Tokke og Vinje 16. november 2017»

Tommy Hansen, Jostein Kristiansen, 2017.: Tokke kommune og Statkraft: Oppmåling av Helvetesfossen i Tokkeåi 5.12.2017