

## NOTAT

|                                                                                            |                                   |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| KUNDE / PROSJEKT<br>Langhussenteret 10 AS<br>EM03 Vurdering bekkeutvidelse og omløpstunnel | PROSJEKTLEDER<br>Janet Alupu Lier | DATO<br>17.01.2020      |
| PROSJEKTNUMMER<br>10204266-003                                                             | OPPRETTET AV<br>Janet Alupu Lier  | REV. DATO<br>24.02.2020 |
| <b>DISTRIBUSJON:</b>                                                                       | <b>FIRMA</b>                      | <b>NAVN</b>             |
| TIL:                                                                                       |                                   |                         |
| KOPI TIL:                                                                                  |                                   |                         |

## Utredning omløp ved Mølledammen

### Innledning

I forbindelse med utbygging på Arnestadjordet (BB2 og BB3 i områderegeringsplanen) har utbygger tidligere utført en nærmere utredning av et overløp fra idrettsplassen ved Stil Arena og ned til Tussetjern («57649001\_ Notat Overløpsledning Vevelstadbekken»). Løsningen viste seg å ha et prisoverslag på ca. 17 millioner kroner (grunnet langt større dybde og omfang av boring i fjell). Overslaget er en flerdobling av Swecos opprinnelige estimat på ca. 3,3 millioner kroner.

I et møte den 2.12.2019 gjennomgikk Veidekke og Ski kommune de fem forslag til flomsikring presentert i rapporten «Tiltak mot flom på Langhus og Vevelstad» (Sweco, 8.7.2016) og oppsummert i rapport «Overvannsplan som premissgivende forvaltningsverktøy» (Sweco 24.02.2017).

Det ble besluttet i møtet «å utrede forslag om å utvide innsnevringene fra samløp og fram til møllebekken, samt omløpstunnel i fjell øst for møllebekken, samt foretar nye vannlinjeberegninger for å se på hvilken effekt dette vil ha på flomvannstanden på Langhus.»

Konsekvensene med hensyn til gjennomføring av tiltakene må belyses nøye (adkomst, gjennomføring, bredder) og nye kostnadsestimat lages.

### Forslag til omløp ved Mølledammen

Tverrsnittet ved kulturminnet Mølledammen virker innsnevrende på vannføring i bekken. Det medfører oppstuvning oppstrøms Mølledammen ved større regnhendelser, og det er derfor foreslått omløp for å øke kapasitet for videreføring av vannet forbi Mølledammen. Et omløp ved Mølledammen skal ikke tørrlegge bekken, men være et overløp som trer i kraft ved store vannføringer og fungerer som en ekstra vannvei forbi Mølledammen.

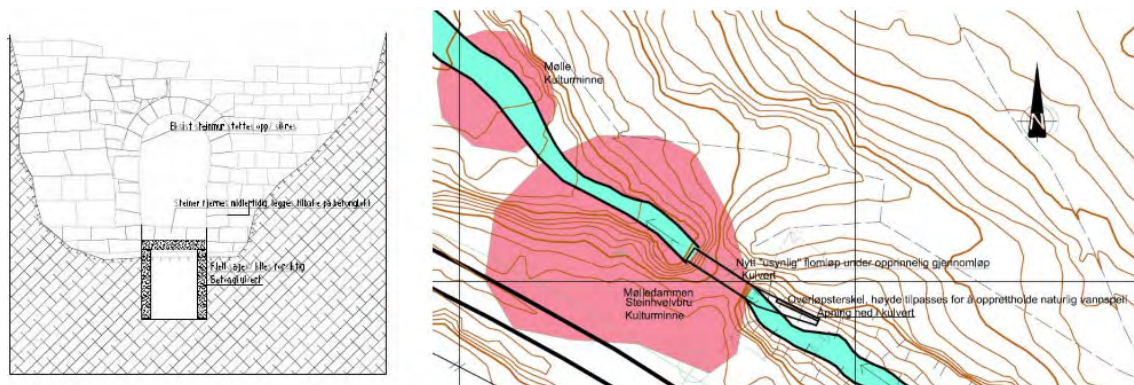
Det er foreslått to typer overløp:

1. *Senke terskel: Det lages et overløp ved foten av Mølledammen. Vannet føres under dagens terskel/bunnivå i Mølledammen, og kommer nedstrøms under fundament på kulturminnet.*

2. *Omløpstunnel: Overløpsrenne som leder vann til en sprengt/ boret omløpstunnel under terrenget ved siden av Mølledammen til bekken nedstrøms Mølledammen. Diameter på sirkulær tunnel vil bli i størrelsesorden minimum 2 m.*

## Senke terskel

Å senke terskel ved Mølledammen slik det er foreslått vil ikke senke normal vannstand og dermed opprettholde biologisk mangfold i bekken (Se vedlegg H21).



Figur 1: Senket terskel - plan og tverrsnitt (Se vedlegg H21)

Dette alternativet anses som mer krevende på grunn av usikre grunnforhold, nærhet til jernbanen, og inngrep ved fundamentet til den eksisterende Mølledammen.

Det kom frem i møtet mellom Veidekke og Ski kommune at det ikke er aktuelt/akseptabelt å fjerne Mølledammen av kulturminnehensyn.

Utførelsen av tiltaket vil kreve at den tørrmurte Mølledammen plukkes fra hverandre for boring under fundament før den gjenoppbygges. Det vil være en krevende prosess å gjenskape Mølledammen slik den står i dag.

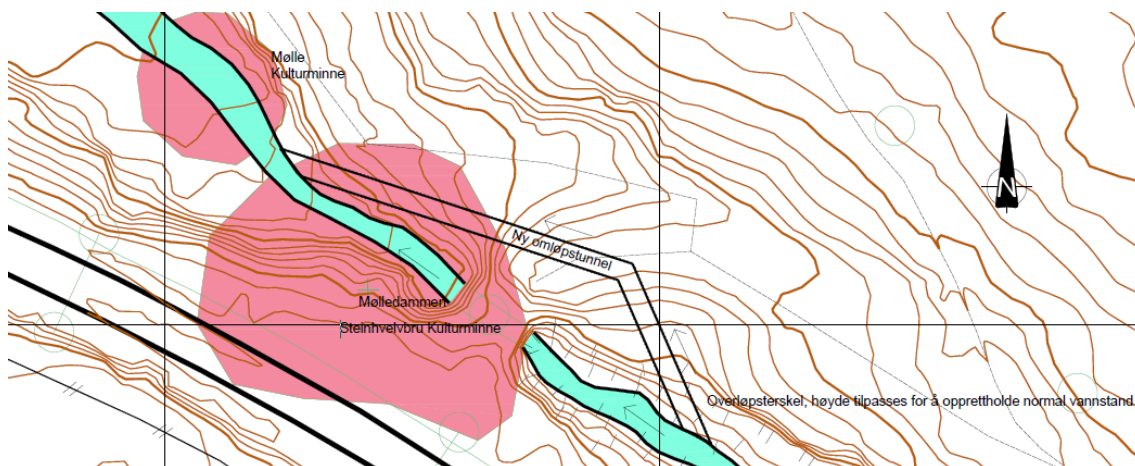
Det vil i tillegg være et behov for en alternativ vannvei for vannføringen under utførelsen av boring under Mølledammens fundament. Alternativ vannvei kan ikke oppføres sør for Mølledammen da det ikke er tilstrekkelig sikkerhetsavstand mellom dammen og jernbanen. Opprettes alternativ vannvei på nordsiden vil den berøre både Mølledammen og det gamle veifaret, et inngrep som er tilnærmet lik en omløpstunnel under det gamle veifaret.

Terrenget ved Mølledammen er bratt og ikke så lett tilgjengelig for utførelse av boring under Mølledammen. I tillegg er omfang og integritet av Mølledammens fundamentet usikkert. Det vil måtte kartlegges nærmere for å kunne fastslå hvilke konsekvenser boring vil medføre for Mølledammen.

Det er fjell i partiet mellom Mølledammen og jernbanen. Det tyder på at hverken en eventuell demontering av brua eller boring av fundament vil få konsekvenser for jernbanen.

## Omløpstunnel

En omløpstunnel vil fungere som en alternativ vannvei ved stor vannføring. Den trer i kraft når vannet overstiger et nivå slik at bekken ikke tørlegges av omløpet. Overløpsnivå er satt til 101,47, ca. 0,5 m over bunn bekk ved Møllebru. Det sørger for at det biologiske mangfoldet i bekken opprettholdes og at man fortsatt har noe høydeforskjell og gradient fra Fosstjern for videreføring av vannet.



Figur 2: Omløpstunnel - plan og tverrsnitt (Se vedlegg H31)

## Befaring

Det er gjennomført flere befaringer i etterkant av møtet med kommunen. 5.12.2019 utførte Veidekke en befaring med boreentreprenør for å fastslå gjennomførbarhet av boring med tanke på både adkomst for anleggsmaskiner og boring av ønsket tverrsnitt på tunnel.

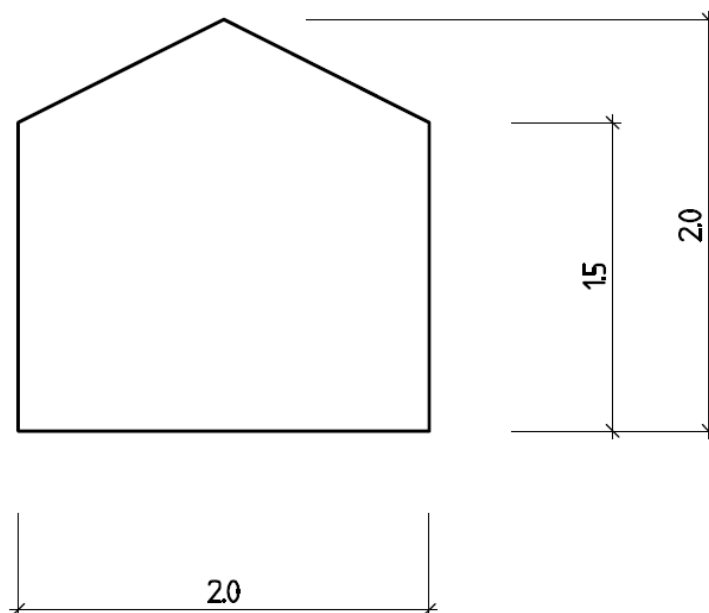
## Adkomst

Det er mulig å komme til området med en 14-tonnes gravemaskin. Dette inngrepet vil berøre vegetasjon fordi det må kappes noen trær for å lage veien litt bredere.

Det beste stedet å stå for boring er nordvest for Mølledammen. Herfra kan det bores østover mot oppstrøms ende av Mølledammen. Det er en fordel fordi man unngår å måtte lage en alternativ vannvei. I tillegg skal terskel på tunnelen være over normal vannstand. Utføres boring når vannstanden er ved normalen eller lavere vil man kunne unngå å lage alternativ vannvei.

## Utforming omløp

Det er tidligere foreslått en sirkulær tunnel med diameter i størrelsesorden minimum 2 m. Etter befaring med borefirma kom det frem at optimalt tverrsnitt (med tanke på hvilket utstyr kan fraktes til stedet) er som vist i figur som følger.



Figur 3: Tverrsnitt omløpstunnel (dimensjon i meter)

Tverrsnittareal =  $3,5 \text{ m}^2$ , noe som er større enn foreslått sirkulært tverrsnitt med diameter 2 m (areal =  $3,14 \text{ m}^2$ ), men mindre enn rektangulært tverrsnitt på  $2 \times 2 \text{ m}^2$ . Tverrsnittet har kapasitet i samme størrelsesorden som det som ble linjeberegnet tidligere. I tillegg blir en saget overflate svært jevn, med mindre friksjonstap enn en sprengt løsning. I praksis vil nok overløpet ha like stor eller større betydning for kapasiteten og dermed ha minst like stor effekt på å redusere flomnivå.

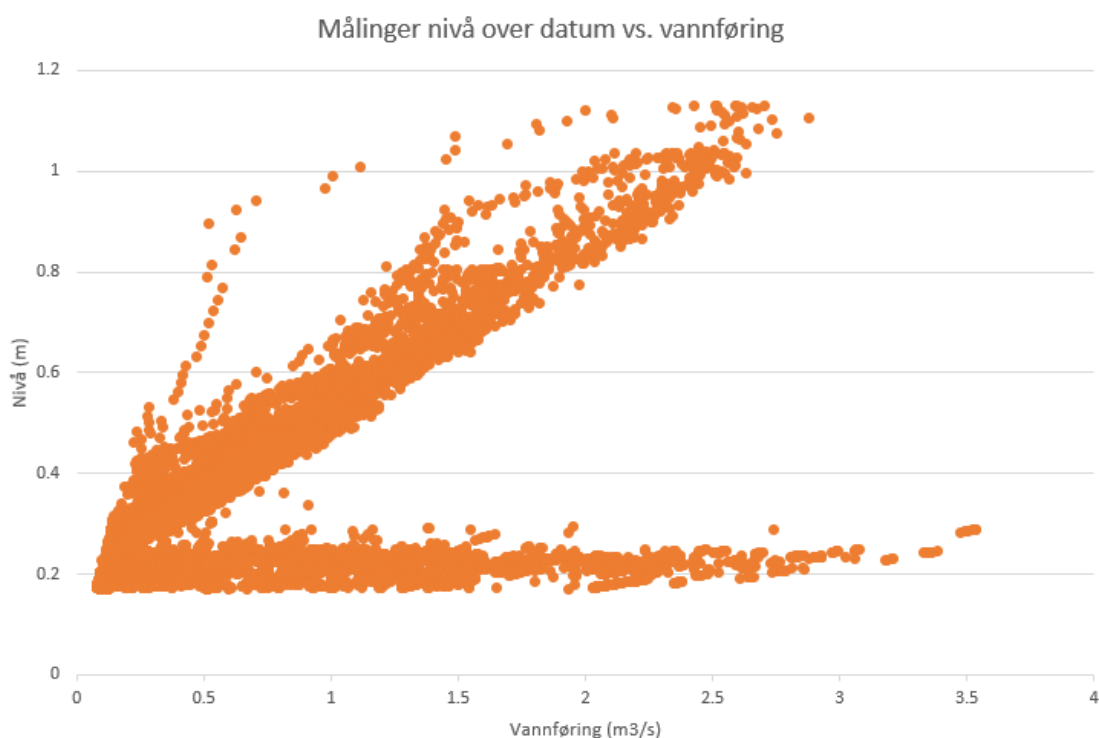
Vi ser ikke behov for å foreta en ny linjeberegning av tunnelomløp ettersom forutsetningene er nærmest like.

## Målinger ved brua:

Det er utført lasermålinger på blant annet vannføring, hastighet og nivå over en gitt datum ved Møllebru. Lasermåler er installert under brua, og måleserien av alle parametere er fra okt. 2015 til okt. 2016<sup>1</sup>. Parametere er målt både hvert 5. og 15. minutt. Fra okt. 2016 til mars. 2017 er det kun vannføring som er målt hvert 5. eller 15. min, og nivå er kun målt én gang i døgnet. Nivå er oppgitt i meter over siltnivå (datum).

## Vannivå

Kun data hvor alle parametere er målt er benyttet i beregningene. Nullverdier og minusverdier er utelatt.

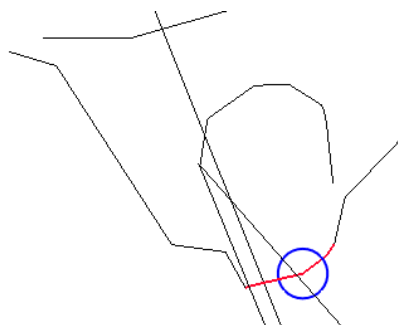


Figur 4: Målinger nivå vs vannføring ved Møllebru

Ved overløpsnivå (101,47) er vannet ca. 0,5 – 0,6 m over lavest punkt i innmålt tverrsnittet ved Møllebru – 100.904 m.o.h. Bekken vil gå i overløp allerede når vannføring er på ca. 1 m<sup>3</sup>/s da overløp er ca. 0.5-0,6 m over datum (Figur 5).

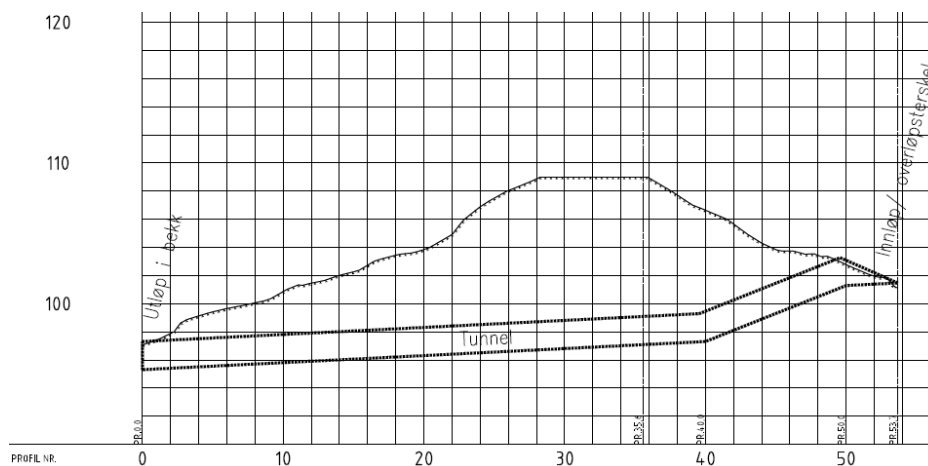
<sup>1</sup> Dataserien er målt over kun ett år. Det tas forbehold på hvor representativt målinger er for normal vannføring i bekken.

|   | Profil | X          | Y           | Z       | Lengde, 2D | Lengde, 3D | Stigning  |
|---|--------|------------|-------------|---------|------------|------------|-----------|
| 1 | 0      | 603037.601 | 6625998.477 | 101.171 |            |            |           |
| 2 | 0.151  | 603037.499 | 6625998.365 | 100.990 | 0.151      | 0.236      | -119.48 % |
| 3 | 0.606  | 603037.300 | 6625997.956 | 100.904 | 0.455      | 0.463      | -18.91 %  |
| 4 | 1.463  | 603036.741 | 6625997.307 | 101.025 | 0.857      | 0.865      | 14.13 %   |
| 5 | 1.588  | 603036.774 | 6625997.186 | 101.110 | 0.125      | 0.152      | 67.77 %   |



Figur 5: Målinger ved Møllebru

## Terskel på overløp



Figur 6: Lengdeprofil tunnelomløp (Se tegn. H31)

Terskel ved innløp på tunnel er foreslått på nivå 101,47 m, et nivå som er ca. 0,9 m lavere enn vannstand i Fosstjern (ca. 102,4). Ved det nivået vil vanndybde i bekk være ca. 50 cm ved Møllebrua. Innløp omløpstunnel kan eventuelt utformes justerbar slik at det er mulighet for å heve overløpskant.

Det sørger for at det er kapasitet i bekk til å ta imot og føre trygt videre vannføring fra nye regnhendelser. I tillegg minsker det risiko for oppstuvning oppstrøms Møllebru.

Tunnel utformes med stort fall like etter innløp for å kunne raskt få full utnyttelse av hele tunnelomløpets tverrsnitt og kapasitet. Det er et gjennomsnittsfall på ca. 115 ‰ på tunnelomløp og dermed god kapasitet for videreføring av flomvann.

## Kapasitet

Manningsformel (jf. VA-Miljøblad 101) er benyttet i beregning av tunnelkapasitet:

$$v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$v$  = vannhastighet (m/s) =  $Q/A$

$M$  = Mannings tall

$R$  = hydraulisk radius (m)

$I$  = bunnens fall (m/m)

$Q$  = vannmengde (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = vått areal (m<sup>2</sup>)

Det antas en Manningstall = 40 (erosjonssikring med steinmateriale)

Tabell 1: Parametere tunnel

| Dybde (m) | Bunnbredde (m) | Våtareal (m <sup>2</sup> ) | Våtomkrets P (m) | Hydraulisk radius, R (m) | $R^{2/3}$ |
|-----------|----------------|----------------------------|------------------|--------------------------|-----------|
| 1.4       | 2.0            | 2.8                        | 4.8              | 0.58                     | 0.70      |

Kapasitet beregnes for det rektangulære tverrsnittet. En vanddybde på 1,4 m tilsvarer 80 % fylling av tverrsnittet.

Tabell 2: Fall og kapasitet i tunnel

| Strekning                 | Innløps-høyde, $h_1$ (m) | Utløps-høyde, $h_2$ (m) | Lengde L (m) | Fallet på kanalen, $I$ (m/m) | Vannhastighet, $v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ (m/s) | Kapasitet, $Q$ m <sup>3</sup> /s |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Gjennomsnitt, hele lengde | 101,47                   | 95,31                   | 53,7         | 0,1147                       | 9,46                                                     | 26,5                             |
| Innløpsparti              | 101,47                   | 191,29                  | 3,7          | 0,0486                       | 6,24                                                     | 17,2                             |

\*For hele nedbørsfelt til Slorabekken er beregnet kulminasjonsverdi til 200 års flom 14,8 m<sup>3</sup>/s, kulminasjonsverdien til 200 årsflom med 50 % klimapåslag er beregnet til 22,2 m<sup>3</sup>/s.<sup>2</sup>

Kapasitet ved innløp tunnel er beregnet til 17,2 m<sup>3</sup>/s. Tunnelomløp i tillegg til Møllebrua har tilstrekkelig kapasitet for å fungere som flomvei for 200 årsflom med 50 % klimapåslag.

## Gjennomføring

Tunnelen (ca. 55 m) utføres ved boring/wiresaging på nordsiden av Mølledammen. Området som skal bearbeides skal på forhånd være ryddet, samt rengjort med trykkluft, eller spylt. Tilstøtende arealer skal være planert og tilrettelagt for plassering av bor og sageutstyr. Noe

<sup>2</sup> Hentet fra rapport «Flom- og vannlinjeberegning for bydel Langhus, Ski kommune (mai 2016)

kantvegetasjon vil måtte ryddes i forbindelse med rigging, klargjøring, drift og nedrigging av byggeplass for utførelse av tunnelen.

Tunneltverrsnitt settes ut i henhold til lengdeprofiltegninger. Det bores i tre steg – først bores en pilot kjernebor i hvert hjørne av tunneltverrsnittet. Deretter benyttes tilpasset kjernebormaskin for å bore hullene for å trekke wiren - det bores først et horisontalhull, så vertikale hull som treffer ligger. Deretter tres wire gjennom de etablerte hull for å utforme tverrsnittet ved wiresaging.

Overgangen mellom tunnelutløp og bekk må detaljeres nærmere og tilpasses landskapet i området. Det er observert fjell og store steinblokker i bekkefare nedstrøms Møledammen. Det tyder på at det ikke vil være stor risiko for erosjon med økt vannføring, men det bør vurderes energidependetiltak ved tunnelutløp. Fallet langs tunnelen kan optimaliseres for å minske sannsynlighet for erosjon.

### **Anbefalinger**

Omfang av kulturminnene bør kartlegges for å kunne fastslå i hvilken grad de blir berørt av tiltaket ved Møledammen, og for å kunne i tillegg sørge for at konsekvenser av tiltaket på kulturminnene holdes til et minimum. Dette er spesielt viktig for lokalisering av tunnelutløp i tilfelle med tanke på fare for erosjon.

Utforming av innløp og utløp detaljeres nærmere når traseen er spikret.

Det må lages en plan for forsvarlig håndtering av massene slik at det ikke påvirker miljøet eller kulturminnene negativt.

Bekketverrsnittet ut av Fosstjern er kritisk for å unngå tilstopping på grunn av flytetorv. Rydding av vegetasjon i bekkefare og utretting av smale tverrsnitt vil bidra til gunstigere videreføring av vannet og øke kapasitet i bekken.

Det bør foretas videre målinger av vannstanden i bekken over en lengre periode for å fastslå normalvannstand og sikre at nivå på innløp tunnelomløp ikke fører til en senkning av normalvannstand i bekken.

### **Vedlegg:**

Referat møte mellom Ski kommune og Veidekke

Tegning H31

Tegning H21