

---

NOTAT


---

Holmejordet – Vannlinjeberegning og erosjonssikring  
Prosjektnummer 10224184



**Rapporteringsstatus:**

- Endelig  
 Oversendelse for kommentar  
 Utkast

<b>Utarbeidet av:</b> Kjetil Sandsbråten	<b>Sign.:</b> 
<b>Kontrollert av:</b> Eirik Vee Natvik	<b>Sign.:</b>
<b>Prosjektleder:</b> Eirik Vee Natvik	<b>Prosjekteier:</b> Karel Grotjans

**Revisjonshistorikk:**

0	02.06.2021	Kommentarutkast	NOKJSA	
1	26.01.2022	Justert for oppfylling nedstrøms Holmejordetveien og erosjonssikring	NOKJSA	NOEIRN
<b>Rev.</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet av</b>	<b>Kontrollert av</b>

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	4
2	Hydrologi.....	5
3	Vannstands- og kapasitetsberegninger.....	6
3.1	Gamle Stavernvei.....	6
3.2	Stavernveien.....	9
3.3	Holmejordetveien .....	11
3.4	Støperiveien.....	14
3.5	Vannhastigheter .....	16
4	Erosjonssikring.....	18
4.1.1	Befaring.....	19
4.1.2	Metodikk og grunnlagsdata .....	23
4.1.3	Resultat.....	25
4.1.4	Konklusjoner og anbefalinger .....	25
5	Referanser.....	26

# 1 Innledning

Larvik kommune har ønske om å utbedre overvanns- og grunnforhold i området Holmejordet og langs Holmejordetbekken. På grunn av forventninger om økt tilførsel av vann til Holmejordetbekken mellom Larviksveien/Stavernsveien og sjøen de kommende årene ønsker kommunen å se på mulighetene for utbedringer av flaskehalsene langs bekkeløpet. Det ble med bakgrunn i dette gjennomført et prosjekt av Sweco i 2020 som en første vurdering av dette.

Bekken går i dag delvis lukket i rør, delvis under bebyggelse og har stedvis kapasitetsutfordringer både for dagens flomsituasjon og fremtidige ekstreme flommer. Punktene i figuren under viser plassering av de viktigste sårbare punktene som ble identifisert og kvantifisert i arbeidet i 2020.

- Under Gamle Stavernsvei hadde kulverten en svært begrenset kapasitet, og området oppstrøms ble utsatt for flom ved store nedbørshendelser.
- Innløpet til kulverten under Stavernsveien er en flaskehals. Primært skyldes dette plassering og utformingen av inntaksløsningen.
- Eksisterende bekkeinntak oppstrøms Holmejordetveien hadde også begrenset kapasitet, men mulighet for større vannstandsstiging oppstrøms ga redusert skadepotensial. Drenering gjennom nedenforliggende veikropp og mulige utfordringer med dette er imidlertid foreløpig ikke nøye vurdert.
- Kulvert under Støperiveien har ikke tilstrekkelig kapasitet og det vil ved større flommer være risiko for overtopping og drenering ned langs veien mot boliger nedstrøms på sørsiden i Støperistranda.

I tillegg var det flere mindre klopper/kulverter i hager og innkjørsler på strekningen som var over eller nær maksimal kapasitet. Konsekvensene av dette vil imidlertid være mindre.

Etter oppdatering av notat i juni 2021 har det blitt påvist stabilitetsproblematikk i forbindelse med kvikkleire i skråningene på nordsiden av bekken nedstrøms Holmejordetveien. Dette har gitt behov for oppfylling av bekkedalen på en 150 meter lang strekning og etablering av nytt bekkeleie på toppen av denne.



Figur 1 Påviste problemområder langs Holmejordetbekken. Grønn sirkel marker område med stabilitetsproblematikk.

På bakgrunn av resultatene fra prosjektet ble følgende tiltak foreslått gjennomført og grovt kostnadsberegnet:

1. Oppdimensjonering av kulvert gjennom Gamle Stavernsvei
2. Bygging av nytt inntak med større kapasitet, og bedre sikring mot tilstopping oppstrøms Stavernsveien.
3. Oppdimensjonering av kulvert gjennom Støperiveien

I tillegg ble det foreslått noe mindre erosjonssikringsarbeid langs bekkeleiet noe oppstrøms Støperiveien.

Dette notatet beskriver kort de justeringer som er lagt inn som forutsetning i den hydrauliske modellen for å gi ønsket kapasiteter og virkning nedstrøms i Holmejordetbekken. I tillegg gis det en beskrivelse av utforming og virkninger av oppfylling og nytt bekkeleie i bekkedalen nedstrøms Holmejordetveien. Notatet omtaler også behov for erosjonssikring i bekken.

## 2 Hydrologi

Hydrologien i nedbørfeltet og vurderinger som ligger til grunn for flomstørrelser i Holmejordetbekken er beskrevet i Sweco 2020. Resultatene herfra benyttes videre og beskrives kun i korte drag nedenfor.

Det naturlige nedbørfeltet til Holmejordetbekken har en størrelse på 86,8 ha (0,868 km<sup>2</sup>) og er lokalisert sørvest for Larvik sentrum, ved Holmejordet. Nedbørfeltet er relativt flatt i den øverste delen, men faller forholdsvis bratt i den nedre tredjedelen og renner ut i hav.

I tillegg til det naturlige dreneringsfeltet er det tre mindre overvannsfelt på samlet 5,2 ha som også drenerer inn til Holmejordetbekken via overvannshåndteringen.

For vurderinger og inngangsdata til beregninger med den hydrauliske modellen har det vært behov for å dele nedbørfeltet inn i fem delfelt som i økende grad bidrar med vann nedover i bekken:

1. Ned til Gamle Stavernsvei (59,8 ha)
2. Mellom Gamle Stavernsvei og Larviksveien (8 ha)
3. Mellom Larviksveien og Holmejordetveien (2,9 ha)
4. Mellom Holmejordetveien og Støperiveien (15,6 ha)
5. Mellom Støperiveien og utløp i hav (0,5 ha)

Beregnete spesifikke kulminasjonsverdier og resultater er som vist under i Tabell 1 og Tabell 2 for de kumulative verdiene nedover i vassdraget med og uten 40 % klimapåslag.

*Tabell 1 Resultat for Holmejordetbekken uten klimapåslag. Kumulative verdier nedover bekken. Kursive verdier i m<sup>3</sup>/s.*

Gjentaksintervall	Q <sub>momentan</sub> [l/s km <sup>2</sup> ]	1	2	3	4	5
Areal		0,598 km <sup>2</sup>	0,080 km <sup>2</sup>	0,029 km <sup>2</sup>	0,156 km <sup>2</sup>	0,005 km <sup>2</sup>
Beregnet middelflom, QM	<b>575</b>	0.344	0.390	0.407	0.497	0.500
Q5	<b>700</b>	0.419	0.475	0.495	0.604	0.609
Q20	<b>1050</b>	0.628	0.712	0.742	0.906	0.914
Q200	<b>1550</b>	0.927	1.051	1.096	1.338	1.349

*Tabell 2 Resultat for Holmejordetbekken med klimapåslag. Kumulative verdier nedover bekken. Kursive verdier i m<sup>3</sup>/s.*

Gjentaksintervall	Q <sub>momentan</sub> [l/s km <sup>2</sup> ]	1	2	3	4	5
Areal		0,598 km <sup>2</sup>	0,080 km <sup>2</sup>	0,029 km <sup>2</sup>	0,156 km <sup>2</sup>	0,005 km <sup>2</sup>
Beregnet middelflom, QM klima	<b>805</b>	0.481	0.545	0.568	0.694	0.700
Q5 klima	<b>980</b>	0.586	0.664	0.692	0.845	0.853
Q20 klima	<b>1470</b>	0.879	0.997	1.040	1.269	1.279
Q200 klima	<b>2170</b>	1.298	1.472	1.535	1.874	1.888

I og med at vi ser på flomstørrelser med og uten klimapåslag vil det rukke litt om på den logiske rekkefølgen av vannføringsstørrelser som vist i Tabell 3.

*Tabell 3 Total vannføring ved utløp i hav ved forskjellige returintervaller i m<sup>3</sup>/s.*

QM	Q5	QM klima	Q5 klima	Q20	Q20 klima	Q200	Q200 klima
0.500	0.609	0.700	0.853	0.914	1.279	1.349	1.888



### 3 Vannstands- og kapasitetsberegninger

Beregningen av vannstander ved ønskede vannføringer i området ble i studien i 2020 utført ved hjelp av den hydrauliske modellen HEC-RAS 5.0.7 (US Army Corps of Engineers). Denne modellen er nå oppdatert til programversjon 6.1 som kom høsten 2021.

Modellert strekning av Holmejordetbekken går fra om lag 500 meter oppstrøms Gamle Stavernsvei og til utløp i havet, en strekning på samlet 1,25 km. Laserdata NDH Larvik 5 pkt 2017 (LACH0001) er benyttet for området og i tillegg er det målt opp en rekke tverrprofiler og punkter i elvebunnen på strekningen samt alle broer og kulverter. Disse dataene gir samlet en meget nøyaktig beskrivelse og er grunnlaget for en terrengmodell med oppløsning på 0,25 x 0,25 meter. Høydemodell for dataene er NN2000.

Den modellerte strekningen av Holmejordetbekken er beskrevet med 581 tverrsnitt på strekningen. Dette gir en midlere avstand mellom hvert profil på 2 meter. Tverrprofilene er nummert fra nummer 1240 øverst til 5 nederst. Tverrprofilene er vist i Figur 2.



Figur 2 Tverrprofiler, broer og kulverter langs den modellerte strekningen av Holmejordetbekken.

I beregningsmodellen er elva og terrengets ruhet (strømningsmotstand) uttrykt ved Mannings koeffisient,  $n$ . Mannings  $n$  for elveleie og elvebunn er satt basert på empiriske verdier som referert i Chow 1959.

For flomslettene, på de oversvømte arealene av elvebredden over normalt flomnivå, er Manningstallet generelt satt til  $n = 0,075$ . Elveløpet har en  $n$  satt til 0,050.

Det er ikke foretatt direkte målinger av flomvannstand og flomvannføring i elven og modellen er derfor ikke kalibrert mot mange sammenhengende vannstander og vannføringer.

På den modellerte strekningen er det en rekke broer og kulverter. Plassering er vist i Figur 2 og nøyaktig beskrivelse og bilde av hver enkelt struktur er vist i arbeidet fra 2020.

#### 3.1 Gamle Stavernvei

Siden dette arbeidet ble utført er kulverten under gamle Stavernsvei byttet ut med et 1200 mm rør med vingemursinnløp. Her var det tidligere en steinsatt kulvert, 75 cm bred og 80 cm høy som vist i Figur 3. Bunnkote på innløp (40.20) og utløp (39.80) er som i opprinnelig løsning.

Konstruksjonen er vist med tegningsnummer VA111-H03 og VA112-H03 (utsnitt vist i Figur 4).

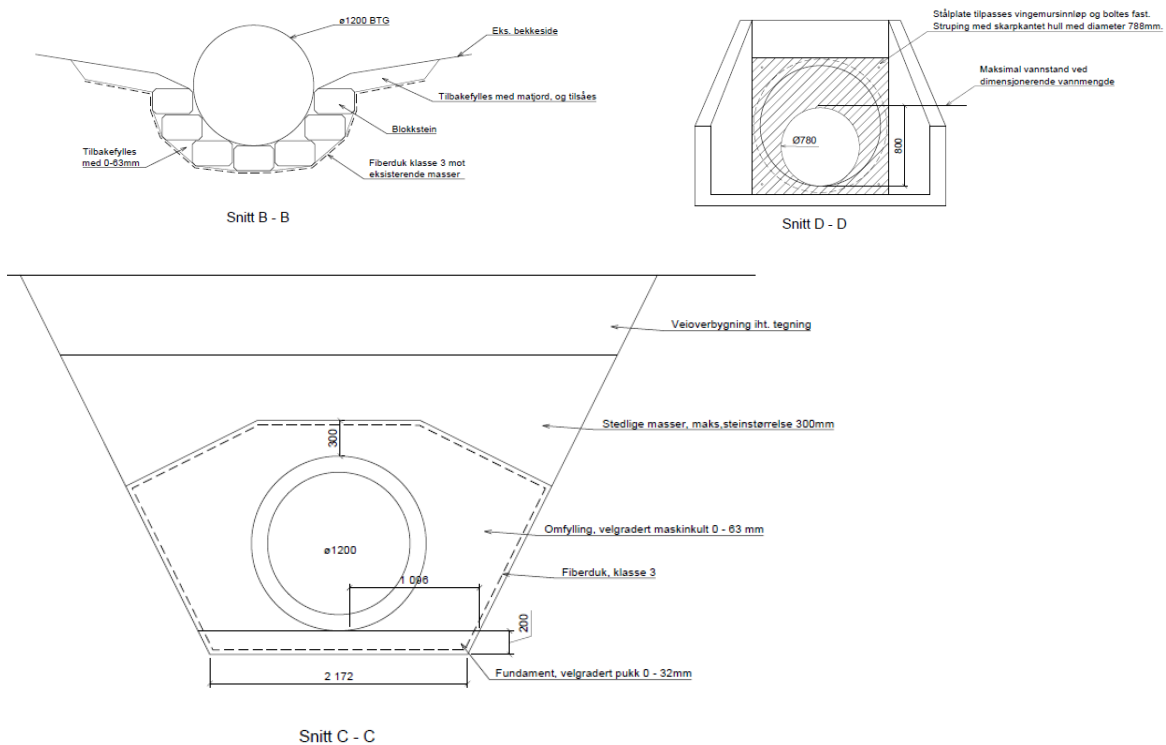
Nedstrøms utløpet er bekkeløpet plastret på sidene. For øyeblikket er røret blendet av med en stålplate med diameter 780 mm for å redusere vannføringen ned mot inntak under Stavernsvei. Denne «strupingen» er planlagt fjernet etter rehabilitering av inntaket under Stavernsveien.

Denne løsningen gir en marginal forverret situasjon fra opprinnelig løsning som vist i figuren under. Vannstanden under Q200klima vil øke til kote 41,66 fra 41,59 og Q5 vil øke til kote 40,76 fra 40,59.

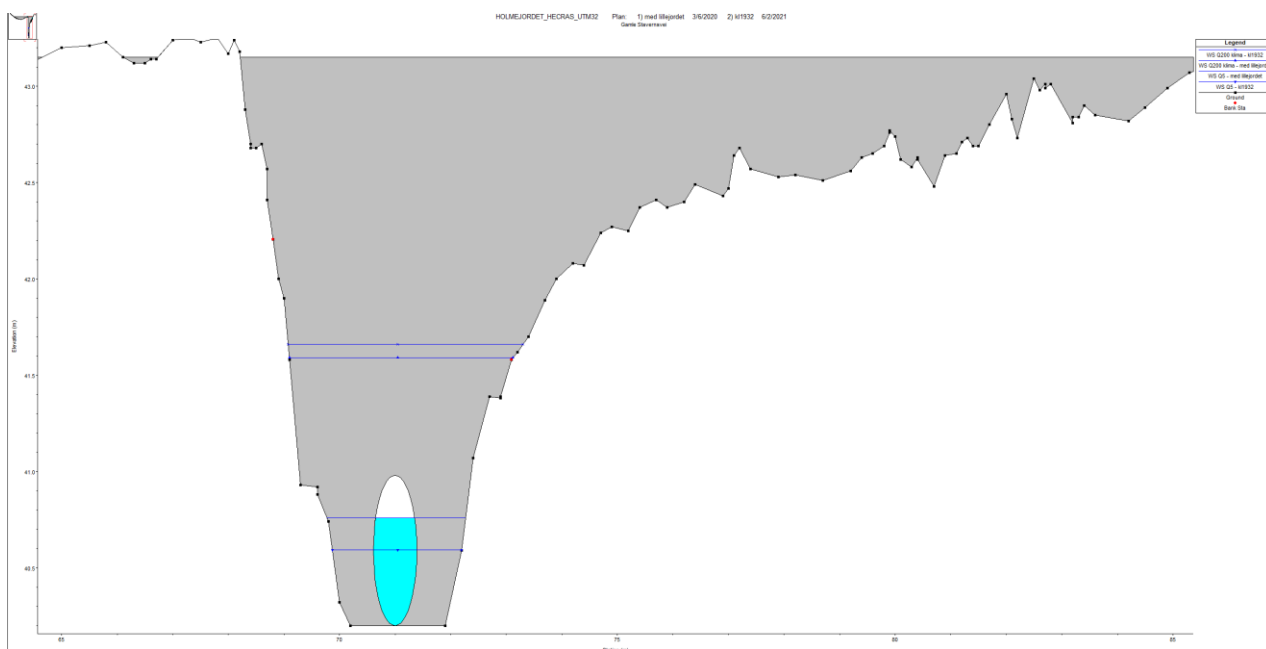
Uten avblending, med full 1200 mm rør, er kapasiteten tilstrekkelig, med vannstandsstigning for Q200klima til kote 40,82 som vist i Figur 6.



Figur 3 Tidligere kulvertinnløp under Gamle Stavernsvei

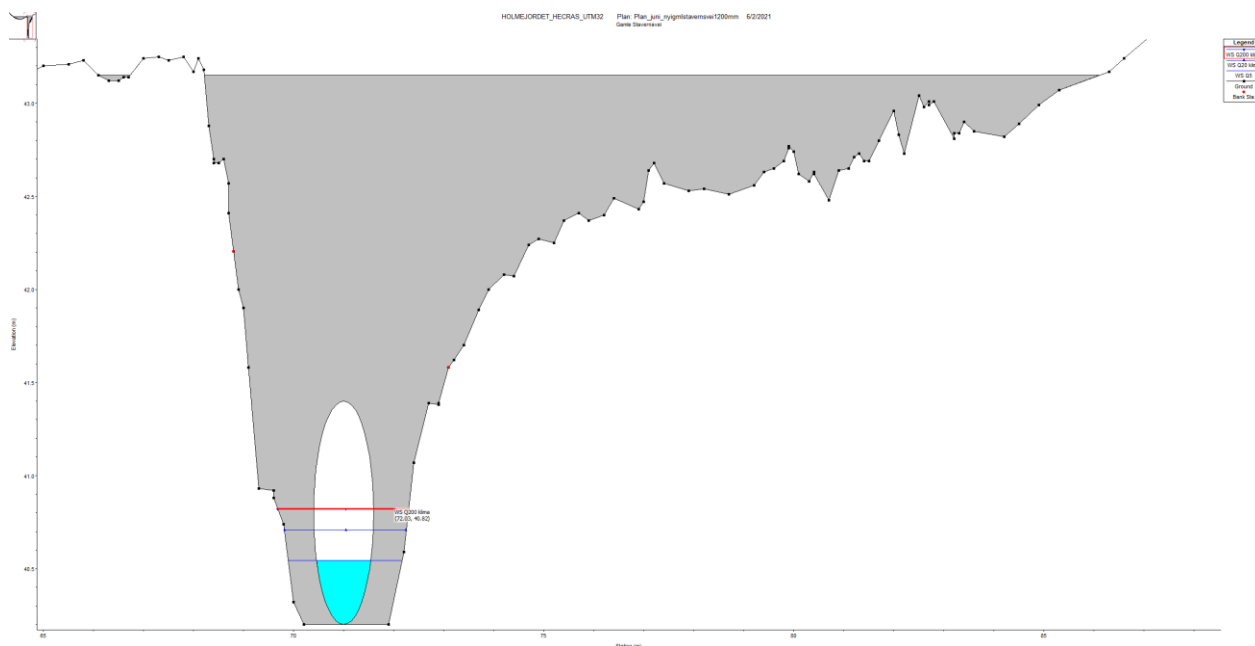


Figur 4 Utsnitt fra tegning VA112-H03



Figur 5 Profilplott for kulvert under Gamle Stavernsvei med beregnede vannstander for Q5 og Q200 klima før og etter bytte av kulvert, med avledning på 780 mm.





Figur 6 Profilplott for kulvert under Gamle Stavernsvei med beregnede vannstander for Q5, Q20 og Q200 klima etter bytte av kulvert, med 1200 mm rør.

## 3.2 Stavernveien

Under kryssingen av Stavernveien er det en rørkulvert, et betongrør med diameter på 800 mm øverst og lenger ned med en innvendig diameter på 1000 mm. Slik inntak og rist er utformet vil denne ofte utgjøre en begrensning på den totale kapasiteten i inntaket. Dagens inntak er vist i Figur 7. I dag er bunnkote innløp på 36,33 og utløpet 125 meter lenger nede i dalen på kote 30,34.

Kapasiteten av kulverten er innløpsstyrt. Dagens utforming og plassering er ikke optimal, og det er tidligere beregnet med en reduksjon av kapasiteten grunnet delvis tilstopping og utformingen av innløpet.

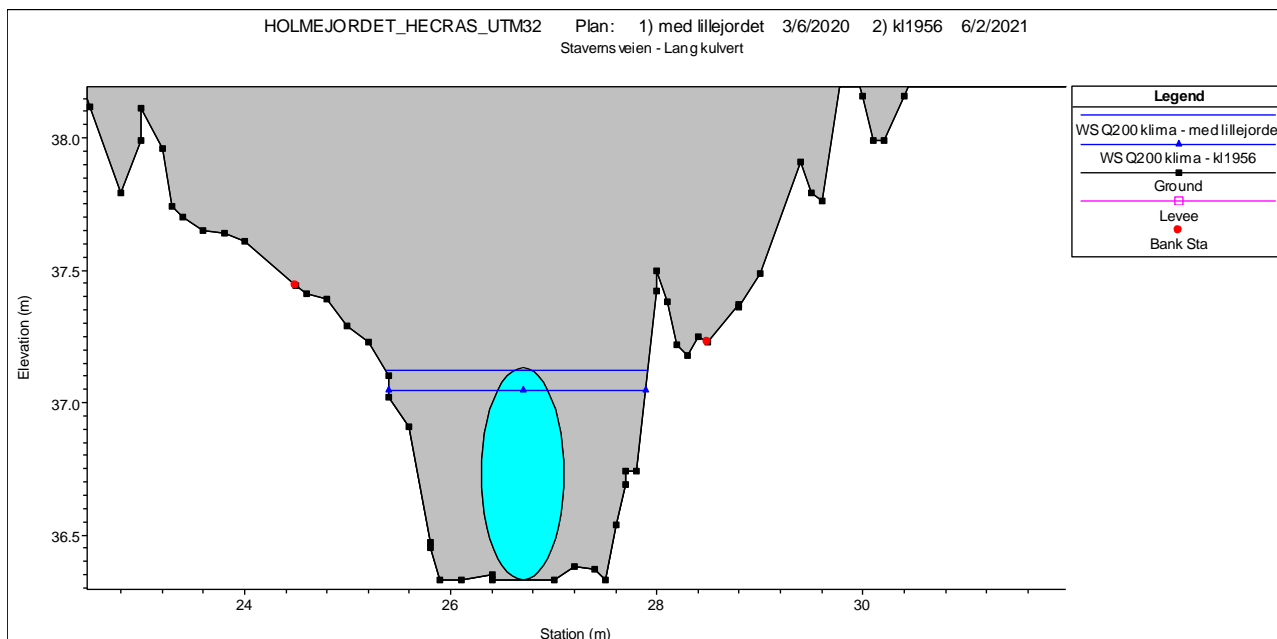


Figur 7 Dagens inntak under Stavernsveien

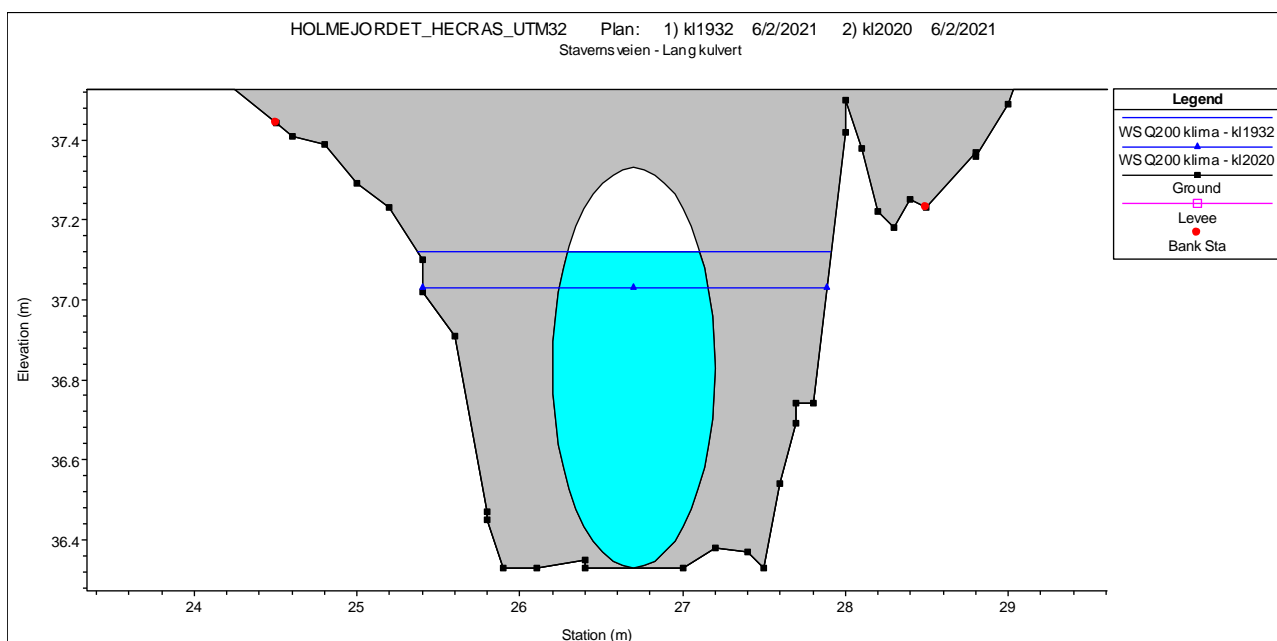
Gjøres inntaksutformingen bedre tilpasset og dermed reduserer risikoen for tilstopping vil man kunne senke flomvannstanden ved Q200 klima med om lag 7 cm som vist i Figur 8.

Kan man anta full utnyttelse av rørdiameteren ved å bytte ut det øverste strekket med en 1000mm og overkritisk strømning videre nedover røret kan man senke vannstanden ytterligere 10 cm ved inntaket som vist i Figur 9.

Denne øvre delen er nå foreslått byttet ut til 1000 mm og med en mer optimalt utformet inntaksløsning. Med bunnkote på innløpet på 36,33 er beregnet vannstand ved Q200 klima da beregnet til kote 37,03 og kulverten har tilstrekkelig kapasitet.



Figur 8 800 mm kulvert under Stavensvei med og uten tilstopping. Vannføring er Q200klima



Figur 9 Kulvert under Stavensvei med vannføring Q200klima. Høyeste vannstand er uten tilstopping og med optimal innløpsutforming på eksisterende 800 mm rør. Laveste vannstand er antagelse om bytte av øvre del og full utnyttelse av rørdiameter (1000 mm) og optimal utforming av kulverten i hele dens lengde.

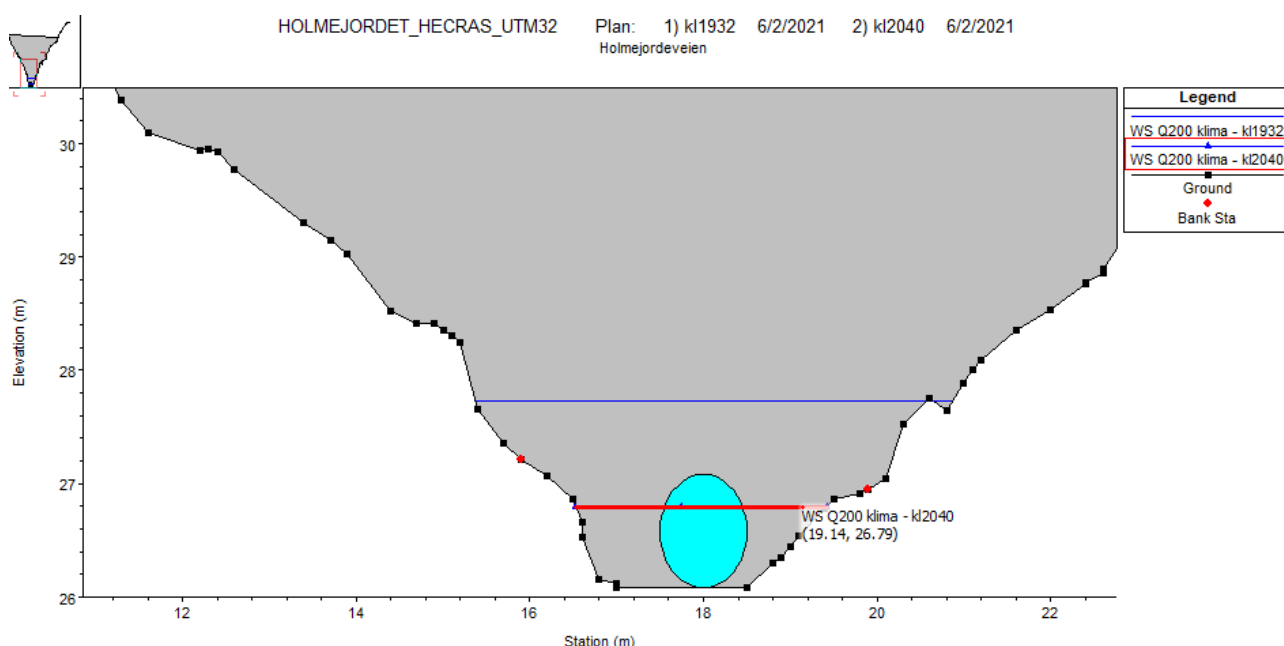
### 3.3 Holmejordetveien

Kulverten under Holmejordetveien er en rørkulvert, et betongrør med diameter på 1000 mm med inntaksrist. På toppen av dette er det i tillegg et inntak rett inn på kulverttrøret med en kuppelrist. Dette gir økt kapasitet som kan fungere ved tilstopping av det andre inntaket. Bunnkote på innløpet er på 26,08 og bunn utløp i dag på kote 24,40.





Figur 10 Inntak til kulvert under Holmejordetveien



Figur 11 Kulvert under Holmejordetveien, Q200klima, med og uten tilstopping

Modellering med antatt tilstopping og en vannføring tilsvarende Q200klima gir en vannstand på kote 27,72 som overstiger høyden på inntaket. Oppfyllingen av dalsøkket rett oppstrøms er lite problematisk. Det som kan være mer bekymringsfullt er vannsig gjennom veifyllingen nedstrøms og mulig erosjon og «piping».

Foreløpige undersøkelser viser en miks av sand, grus og enkelte stener som fortsatt kan gi forhold for utvasking av finstoff i fyllmassene. Overtopping av veibane og fyllinger kan gi særdeles sårbare og farlige situasjon hvor vannet kan begynne å erodere og vaske ut på nedstrøms side.

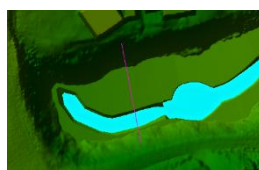
Modellering uten tilstopping gir en vannstand på nesten 1 meter lavere på 26.79 som vist i Figur 11.



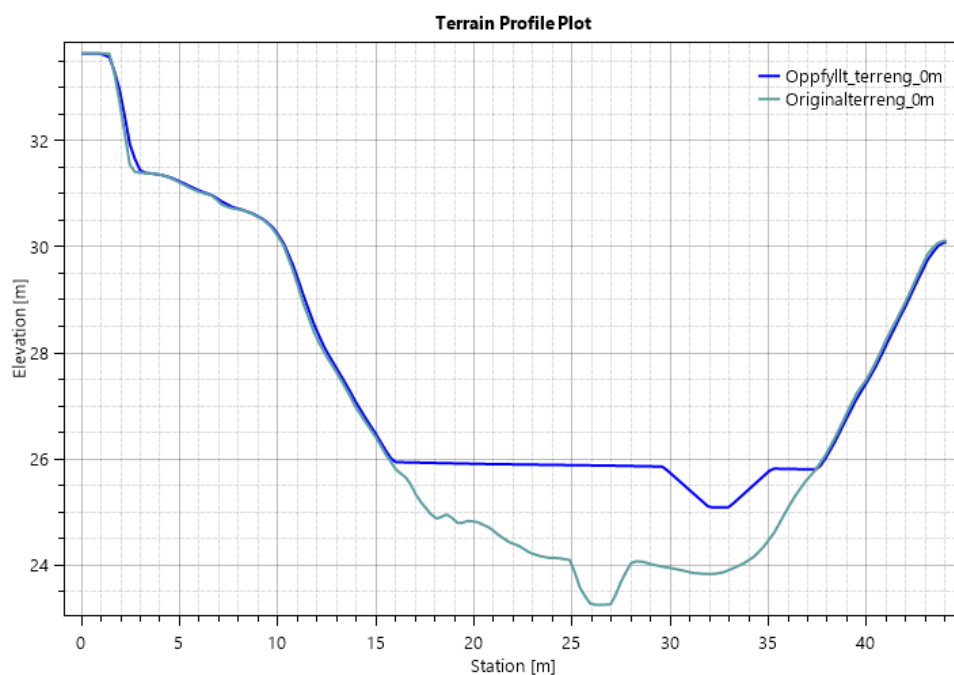
Nedstrøms Holmejordetveien er det avdekket stabilitetsutfordringer i skråningen på nordsiden av bekken. Dette gir behov for oppfylling i bekkedalen som motstøtte for å redusere risikoen for utglidning av masser. En oppfylling og etablering av nytt bekkeleie på toppen av denne er skissert og modellert i den hydrauliske modellen. Tiltaket er vist i Figur 12 under. I Figur 13 viser tverrsnitt hvordan bekkedalen fylles opp med mer enn 2,5 meter masse på det tykkeste og hvor et nytt bekkeleie etableres. Bekkeleiet har i snitt en 1 meters bredde i bunn, sydhellinger på 1:3 og en totaldybde på 0,7 - 1 m. Det er også foreslått en større utposning/kulp i bekken med noe større dybde for å tilrettelegge for fiskevandring. Enkelte partier med større dybde langs bekkestrekningen er også planlagt for å sikre vanddekket areal under tørke.



Figur 12 Oppfylling og nytt terreng med foreslått utforming av nytt bekkeleie. Vanddekket areal ved Q200klima er vist.

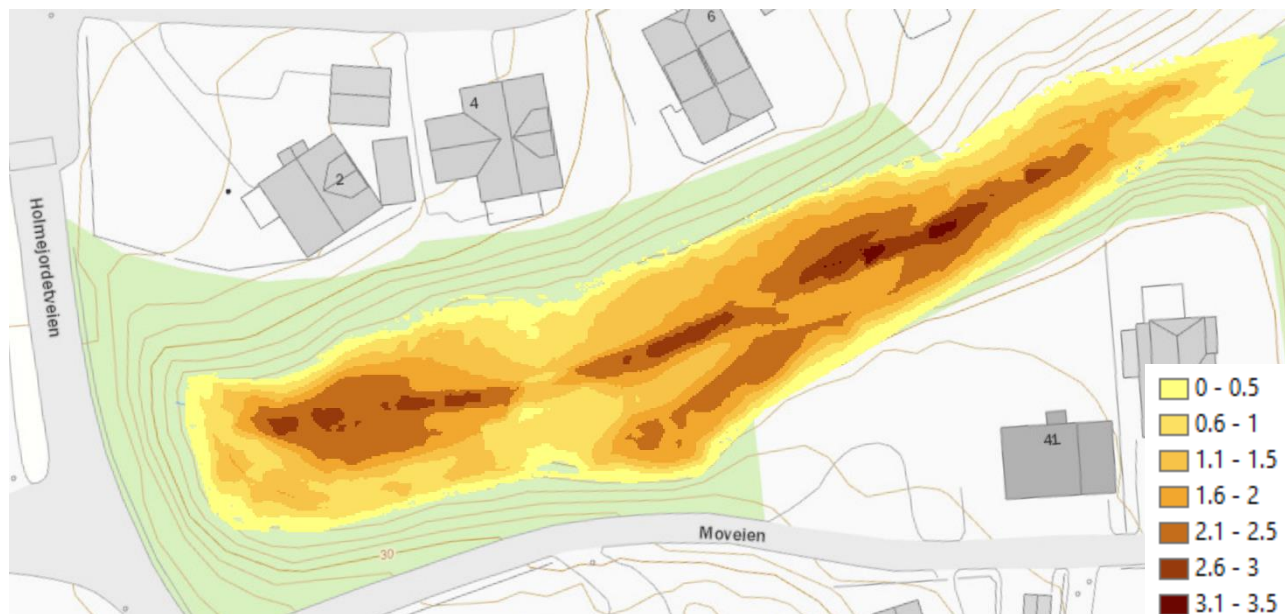


Figur 13 Illustrasjon av tverrsnitt fra oppfylt terreng og snitt av nytt bekkeleie.



Tiltaket forutsetter en heving av utløpet av kulverten under Holmejordetveien til kote 26,0. I dag er dette på 24.40. Oppstrøms kan inntaket heves noe for å sikre ønskelig fall og inntaksristen kan med hell fjernes for å unngå uønsket tilstopping og påfølgende oppstuvning oppstrøms.

Tykkelsen på de oppfylte masser er vist nedenfor i Figur 14.



Figur 14 Tykkelse på oppfylling

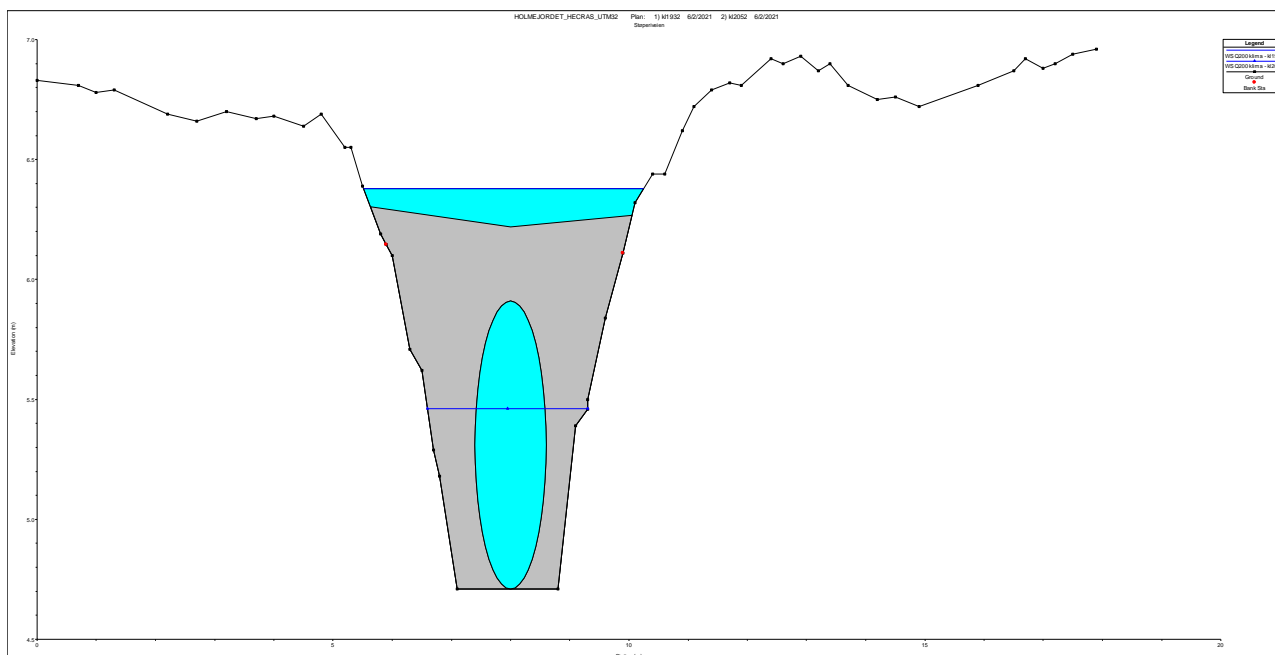
### 3.4 Støperiveien

Under kryssingen av Støperiveien går det en rørkulvert, et betongrør på 1000 mm på innløpssiden. På utløpssiden er det i tillegg et 400 mm rør som bidrar med overløpsvann fra et område rett sør for nedbørfeltet til Holmejordetbekken. Bunnkote på innløpssiden er 4,71 og kote 4,14 nedstrøms.

Dagens innløp er ikke optimalt utformet og utsatt for tilstopping. Bedre utformet innløp og utvidelse til 1200 mm rør gir betraktelig bedre kapasitet og reduserer risikoen for overtopping av veien. Dette tiltaket reduserer vannstanden ved Q200klima fra kote 6,38 til 5,46 som vist i Figur 15.



Figur 15 Kulvertinnløp under Støperiveien



Figur 16 Kulvert under Støperiveien, Q200klima før og etter utbygging til 1200 mm rør.

Dette senker vannstanden såpass at overtopping ikke skjer og det er dermed ingen risiko for drenering ned mot husene nedstrøms.



### 3.5 Vannhastigheter

Profilplott av strekningen (lengdeplott) med Q200klima vannføring og de foreslåtte tiltak er vist i Figur 18. Denne viser at de foreslåtte tiltak er tilstrekkelig for å unngå flomproblemer, forutsatt at det ikke foregår tilstopping i inntakene. Det bør være gode rutiner på plass knyttet til generelt vedlikehold og ikke minst tilsyn i forkant og under flomepisoder.

Figuren viser også at de mindre kulvertene/broene i området mellom Gamle Stavernsvei og Stavernsveien ikke er tilstrekkelig, men disse har ingen betydning for offentlig vei.

Når det gjelder vannhastigheter og risiko for erosjon er det jevnt over slik at økende vannføring gir økende vannhastigheter hvis vannet ellers har fri ferdsel nedstrøms. Oppstrøms kapasitetsreduksjoner som innsnevring i bekkeløp, innløp til kulverter, helningsreduksjon og lignende, vil hastigheten avta og vannet stuves opp ovenfor.

Retten nedenfor kulvertutløpene vil imidlertid hastigheten øke hele tiden i den grad ikke neste kapasitetsreduksjon har virkning helt opp til utløpet av den oppstrøms.

Generelt er vannhastighetene oppstrøms Holmejordetveien forholdsvis moderate. På de strekninger som ikke påvirkes av oppstuvning er maksimalhastighetene opp mot 4 m/s. Yttersvinger og korte strekninger med økt fall vil ha størst risiko for eventuell graving og erosjon i elvebankene.

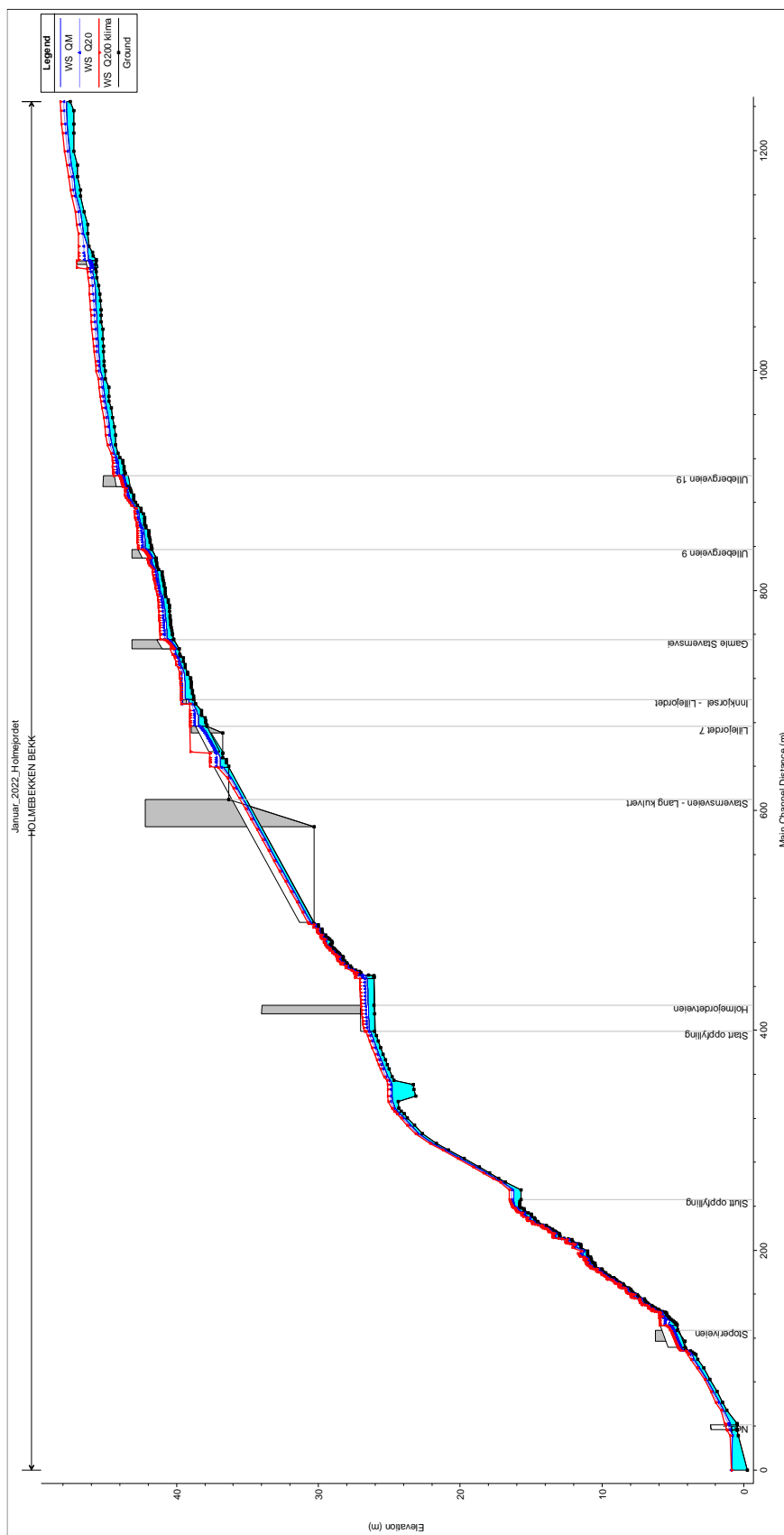
Nedstrøms Holmejordetveien, på strekningen ned mot Støperiveien, har bekken større fall og hastighetene er større ved store vannføringer. I området markert med rød sirkel i Figur 17 er hastighetene opp mot 4 m/s og det vil være utsatt for erosjon i yttersvingen her.

Retten nedstrøms utløpet av kulverten under Støperiveien er det også høye hastigheter, opp mot 3.7 m/s, men forholdsvis tett vegetasjon ser ut til å ha redusert risikoen for erosjon der.



Figur 17 Vannhastigheter på strekningen mellom Holmejordetveien og Støperiveien.





Figur 18 Profilplott etter anbefalte tiltak

## 4 Oversikt over foreslåtte tiltak

De foreslåtte tiltak som er modellert inn i den hydrauliske modellen er følgende:

- Oppstrøms Gamle Stavernsveien er ny kulvert blendet av med en stålplate. Denne «strupingen» er planlagt fjernet etter rehabilitering av inntaket under Stavernsveien.
- Oppstrøms Stavernveien er det foreslått bygging av nytt, hydraulisk optimalt utformet inntak og bytte av den første delen av kulverten fra en 800 mm til en 1000 mm rørkulvert.
- Gjennom Holmejordetveien må kulverten flyttes slik at utløpet heves til kote 26.0. det kan også være ønskelig å heve inntaket noe samt fjerne inntaksrist.
- Nedstrøms Holmejordetveien må terrenget heves på en 150 meter lang strekning for å bedre stabiliteten i skråningene. Oppå denne fyllingen må nytt bekkeleie utformes og bygges.
- Kulverten under Støperivegen må byttes ut til en 1200 mm og en mer hydraulisk velformet inntaksløsning etableres.

## 5 Erosjonssikring

Basert på resultatene fra den hydrauliske modell er det klart at det trengs tiltak for erosjonssikring av bekken. Tiltakene beskrevet her vil i hovedsak omhandle områder der det skal utføres arbeid, men andre punkt langs strekningen som kan vurderes sikret blir også beskrevet.

Dette kapittelet beskriver beregning av nødvendige tiltak. Oppbygging og utstrekning av erosjonssikringstiltakene er vist på relevante VA-tegninger.

### 5.1.1 Befaring

Sweco ved Eirik Vee Natvik var på befaring i området 26.08.21. Denne befaringa bekreftet inntrykket av en bratt bekk med synlige erosjonsskader flere steder. De identifiserte områdene som bør sikres er listet opp under fra nedstrøms til oppstrøms.

Ved utløpet fra kulvertene under Støperiveien er det synlige erosjonsskader. Skråningen er bratt, og sannsynligvis bør det stables mur.



Figur 19 Utløp kulvert under Støperiveien. Tydelig undergraving av skråning.

Oppstrøms denne kulverten ligger et VA-rør i dagen. Rundt dette røret har det vært betydelig erosjon i løsmassene. Dersom røret skal bli liggende må det sikres rundt røret, og trolig må bekken sideforskyves noe om det skal kunne gjøres på en god måte. En rausa fylling som pakkes godt over røret vil trolig være et godt alternativ.





Figur 20 Erosjon rundt VA-rør oppstrøms Støperiveien.

Yttersvingen oppstrøms Støperiveien er identifisert som et kritisk punkt i den hydrauliske modellen. Her kunne det se ut til at den minste stabile steinen i bekken i dag var rundt 30 cm.



Figur 21 Typisk stabil stein ved yttersving oppstrøms Støperiveien.

Ved utløpet nedstrøms Stavernveien var det også synlige erosjonsskader i fyllinga på den ene sida. Her bør trolig fyllinga renskes og sikres.





Figur 22 Utløp kulvert under Stavernveien.

Oppstrøms Stavernveien er det et lite parti i en trang kanal mellom to kulverter. Det er god vegetasjon i vegfyllinga som sikrer en del, men dersom tiltak uansett skal gjøres i dette området bør det vurderes å sette opp mur.



Figur 23 Parti mellom kulverter oppstrøms Stavernveien.

Innløpet til kulverten som har utløp i dette partiet er delvis blokkert med stein som har velta. Dette bør ryddes opp for å ikke redusere kapasiteten til kulverten.





Figur 24 Innløp kulvert i hage oppstrøms Stavernveien. Innløpet er delvis tetta med velta stein og bør ryddes opp.

Plassering av bildene over på kart er vist i Figur 25.



Figur 25 Plassering av bilder som vist over i notatet (Skjermdump: Norgeskart).

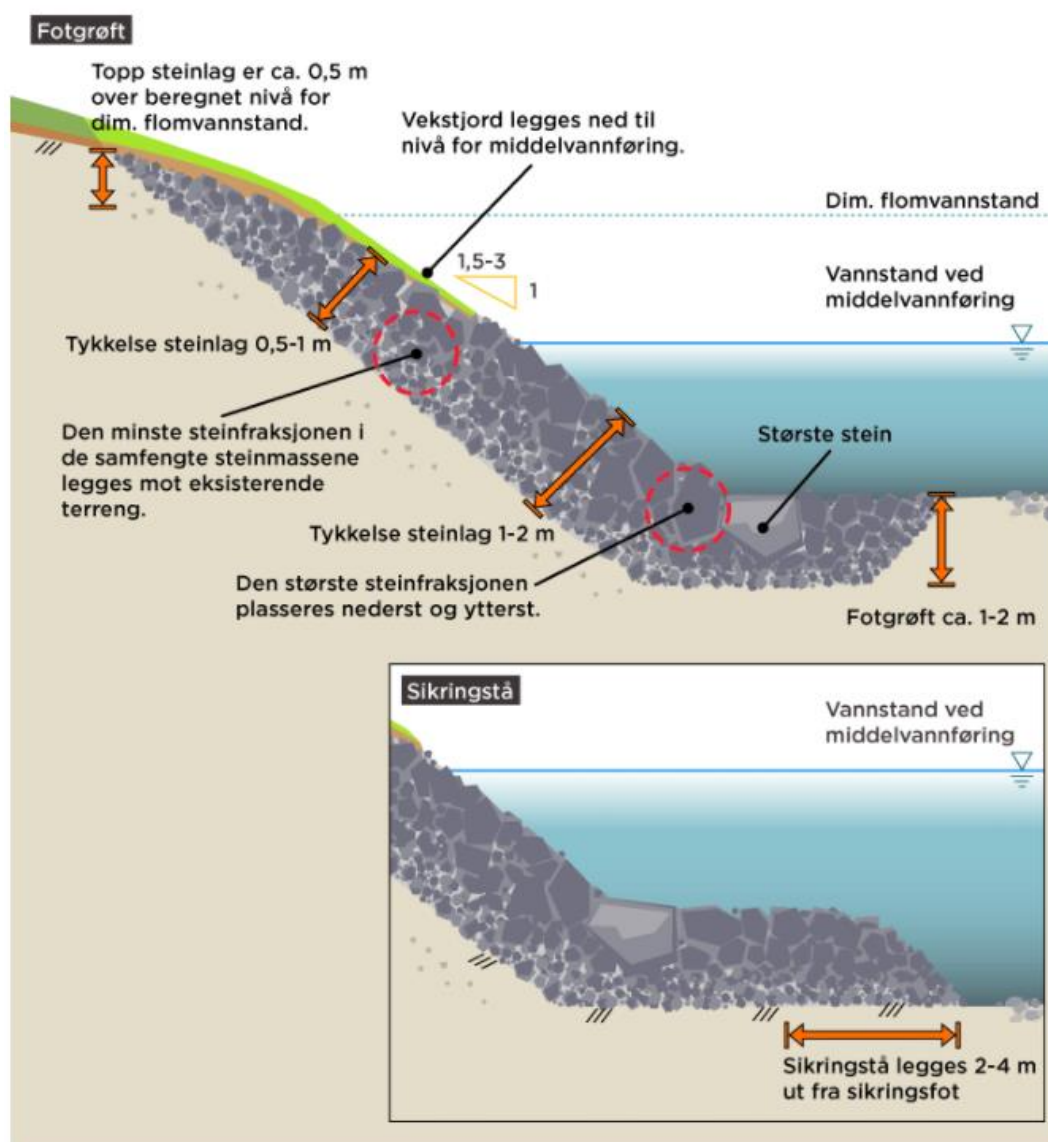
I tillegg nevnes også at sikring av kulvertutløpet ved Holmejordetveien bør utføres som følge av foreslåtte tiltak i dette området.

### 5.1.2 Metodikk og grunnlagsdata

Statens vegvesen (2018a) gir karakteristiske verdier for kritisk vannhastighet som kan føre til erosjon for steinsatte bekker og elver på 3 til 5 m/s. Sikringshåndboka (NVE, 2021) klassifiserer vannhastigheter på 1-3 m/s samt liten til moderat belastning fra is/drivgods som belastningsnivå 2, og vasshastigheter på 3-5 m/s og stor belastning fra is/drivgods som belastningsnivå 3.

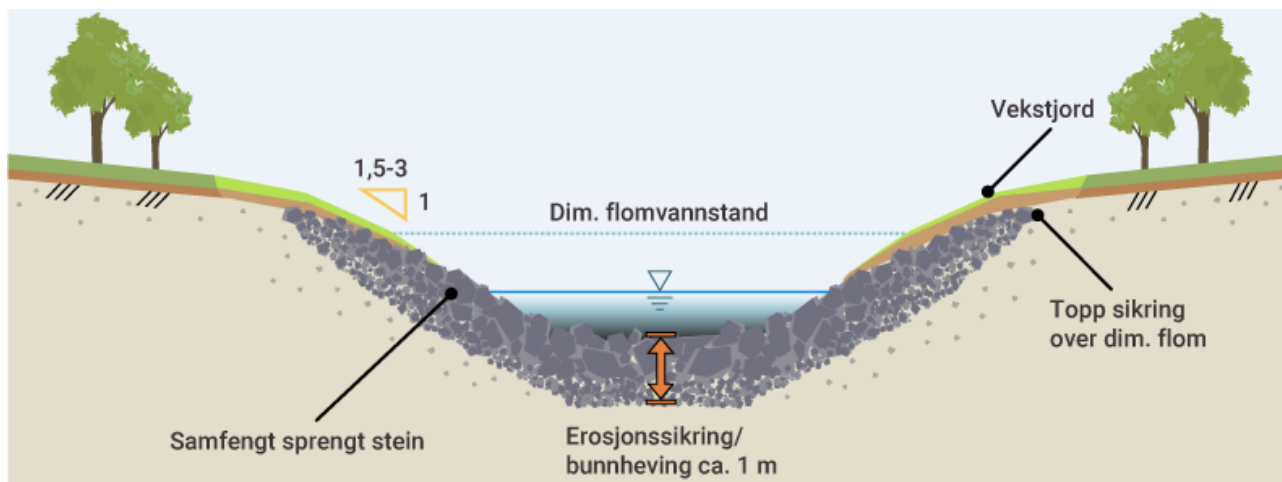
Vannhastigheter i størrelsesorden 1-2 m/s virker å være representativt for den aktuelle strekningen. I tillegg blir det antatt det liten til moderat belastning fra is/drivgods. Det meste av strekninga trenger derfor ikke sikringstiltak. I yttersvingen like oppstrøms Støperiveien er det beregnet ut hastigheter på 3-4 m/s, og dette området blir derfor viktig å sikre. Utløpshastighetene fra kulvertene vil også være høyere enn modellen viser, og sammen med observasjonene fra befaring bør disse områdene også sikres.

Ordna steinlag blir anbefalt som generell sikringsmetode basert på belastningsnivået, men der skråningene er for bratte bør plastring eller tørrmur benyttes. Figur 27 og Figur 28 viser prinsippskisser for henholdsvis side- og fullprofilsikring med ordna steinlag.



Figur 26 Ordna steinlag, sidesikring (NVE, 2021).





Figur 27 Ordna steinlag, fullprofilsikring (NVE, 2021).

Tabell 611.5 Valg av spesifikasjonsprofil for hydrauliske egenskaper

Kornfordeling av masser oppstrøms fiberduken	Permeabilitet av løsmasser oppstrøms fiberduken (m/s)			
	Høy permeabilitet $10^{-2} \geq k_s \geq 10^{-4}$ (Grus og grov sand)	Middels permeabilitet $10^{-4} \geq k_s \geq 10^{-5}$ (Sand)	Lav permeabilitet $10^{-5} \geq k_s \geq 10^{-6}$ (Fin sand og grov silt)	Meget lav permeabilitet $10^{-6} \geq k_s \geq 10^{-13}$ (Silt og leire)
Ensgradert sand og grus	F6	-	-	-
Ensgradert silt og leire	-	-	F4	F3
Velgraderte jordarter $C_u \geq 5$	-	F4	F4	F5
Ensgraderte jordarter $C_u < 5$	-	F4	F1	F2
Velgraderte siltige materialer med mye finstoff og konkav kornfordelingskurve	-	-	F7	F7

Tabell 611.6 Valg av spesifikasjonsprofil for robusthet for drengroft

Fasthet undergrunn	Maksimal steinstørrelse mot fiberduken			
	$D_{Maks} \leq 100$ mm		$D_{Maks} > 100$ mm	
	Naturlige masser	Knuste masser	Naturlige masser	Knuste masser
Silt, leire, $c_u < 25$ kPa	EI 3	EI 4	EI 4	EI 5
Silt, leire, $25 \text{ kPa} \leq c_u < 50$ kPa	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5
Silt, leire, sand og grus, $c_u \geq 50$ kPa	EI 2	EI 3	EI 3	EI 4

Figur 28 Spesifikasjonsprofil på fiberduk (SVV, 2018b).

Holmejordetbekken er bratt, rundt 10 % i enkelte parti, og Robinsons formel blir derfor brukt til å regne ut stabil steinstørrelse (NVE, 2009). For kulvertutløpene er det benyttet formel for plastring ved utløp (NVE, 2009). Data fra den hydrauliske modellen er brukt som grunnlagsdata for å regne ut stabile steinstørrelser i bekken.

Statens vegvesens håndbok N200 beskriver spesifikasjonsprofil på fiberduk, som er tenkt brukt som filter mellom erosjonssikring og eksisterende masser (SVV, 2018b). Geotekniske vurderinger av massene i området sammen med prosjektert stabil steinstørrelse er brukt som grunnlagsdata for å velge riktige egenskaper på fiberduken.

Frå befaring og hvordan det ser ut fra totalsonderingene så vurderer geotekniker at det er ein del grovere masser i det øverste laget, men at de stedlige massene i området er siltig leire. Vurderinga blir derfor silt og leire med fasthet < 25 kPa og «Meget lav permeabilitet».

### 5.1.3 Resultat

Tabell 4 viser stabil steinstørrelse beregnet med Robinsons formel.

Tabell 4 Stabil steinstørrelse med Robinsons formel.

D50	390 mm
Dmaks	780 mm
Tykkelse, t	780 mm
D15	280 mm
D85	520 mm

Her er det forutsatt maks skråningshelling 1:2. I brattere skråninger enn dette bør plastring eller tørrmur vurderes.

Fiberduk må brukes som filter mellom stedlige masser og sikringsmassene, og fiberduken bør ha følgende egenskaper: F3 og EI 4 (Naturlige masser) eller EI 5 (Knuste masser).

Oppbygging og utstrekning av erosjonssikringstiltakene er vist på relevante VA-tegninger.

### 5.1.4 Konklusjoner og anbefalinger

Dei beregnede steinstørrelsene stemmer ganske bra med de observerte steinene i bekken under befaring. Resultatene virker derfor fornuftige.

Beregning av nødvendig steinstørrelse for kulvertutløpene gir noe mindre stein enn Robinsons formel, men resultatene er i praksis så like at det er anbefalt å bruke resultatene fra Robinsons formel i alle områdene som skal sikres.

Kulvertutløpa blir anbefalt sikra over en avstand lik 6 x kulvertdiameter + 1 m nedstrøms utløpet.

Erosjonssikringen bør utføres opp til modellert flomvannstand + 0,5 m.

Eksisterende masse bør i utgangspunktet skiftes ut med sikringsmassene for å ikke redusere flomtværnsnittet til bekken, men dersom dette ikke er mulig å gjennomføre kan sikringsmassene plasseres oppå. Det er spesielt viktig at kulvertinnløp og -utløp ikke blir tettet igjen som følge av erosjonssikringen.

Etter første større flom blir det også anbefalt å gå en runde i bekken for å se om sikringa har holdt bra og om strekninger som ikke er blitt sikra i dette arbeidet ser ok ut. Ved utskifting av kulverter slik det blir foreslått her vil strømningsmønsteret i bekken endre seg noe, og selv om de identifiserte kritiske punkta blir utbedret er det fornuftig med en visuell sjekk på resten av området for å verifisere at dette ser ok ut.

## 6 Referanser

Chow, V.T., 1959. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.

NVE, 2009. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein.

NVE, 2021. Sikringshåndboka.

SVV, 2018a. Lærebok drenering og håndtering av overvann. Rapport Nr. 681.

SVV, 2018b. Håndbok N200 Vegbygging.

Sweco, 2020. Holmejordet, Larvik – Utredning bekkeløp. Rapport 10214669.