

Sandnes kommune

Flomforebyggende tiltak Frøylandsbekken



Bilde:Frøylandsvannet

Oppdragsnr.: 5182079 Dokumentnr.: 01 Versjon: 04
2020-02-10

Oppdragsgiver: Sandnes kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Hanne Grete Skien og Tron Ree
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Lisa Jørandli / Richard Samslått
Fagansvarlig: Henrik Opaker / David Moss
Andre nøkkelpersoner: Ole Kristian Langaker, Sivasubramaniam Kuganesan

04	2020-02-10	Revidert rapport iht. oppdragsgivers tilbakemeldinger	Lisa Jørandli og Richard Samslått	Henrik Opaker	Richard Samslått
03	2019-08-06	Revidert rapport til gjennomgang hos oppdragsgiver	Lisa Jørandli og Richard Samslått	Henrik Opaker	Richard Samslått
02	2018-12-04	Endret etter kommentarer fra oppdragsgiver	Lisa Jørandli	Henrik Opaker	Lisa Jørandli
01	2018-09-26	Til gjennomgang hos oppdragsgiver	Lisa Jørandli og Ole K. Langaker	Henrik Opaker	Lisa Jørandli
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

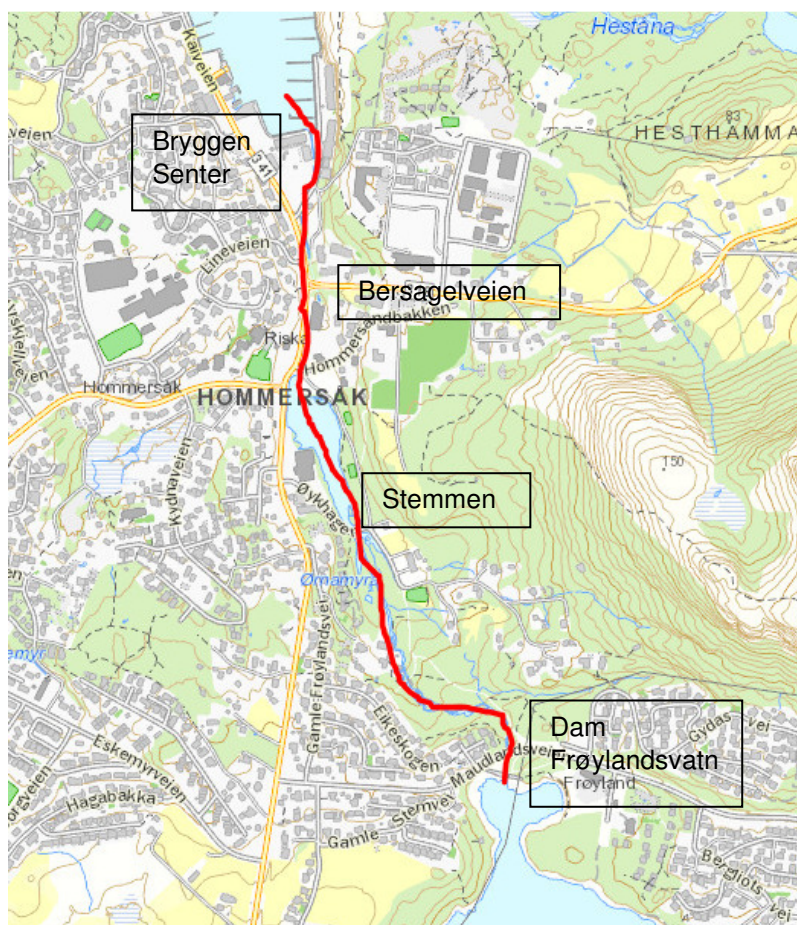
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult AS er gitt i oppdrag av Sandnes kommune å vurdere flomforebyggende tiltak langs Frøylandsbekken i Hommersåk i Sandnes kommune. Norconsult AS utførte i 2016 en flomvurdering av bekken [3], og arbeidet her bygger på denne rapporten.

Dammen i utløpet av Frøylandsvatn har til nå regulert flomvannføringen i bekken, men den er besluttet nedlagt. Flomvurderingen fra 2016 viste at bygninger og infrastruktur i Hommersåk sentrum er flomutsatt, og at det behøves tiltak for å sikre området mot flom.

Den hydrauliske modellen av vassdraget, som ble utviklet i forbindelse med flomvurderingen i 2016 er oppdatert ut fra dagens situasjon og brukt for å kartlegge flomutsatte områder. Modellen tar også høyde for at Frøylandsdammen skal legges ned, og gis en ny utforming, noe som påvirker avløpsflommen fra Frøylandsvatnet. Nødvendige flomsikringstiltak videre nedover i vassdraget er basert på resultatene fra den oppdaterte modellen. Det er lagt til grunn at de flomforebyggende tiltakene skal holde unna en 200-årsflom med 20 % klimapåslag, i tråd med NVE sine anbefalinger for Rogaland [6].



Figur 1: Oversiktskart over flomvurdert område (NVE-atlas)

Arbeidet med denne rapporten har foregått i to faser, først en utrednings- og kartleggingsfase som ble gjort i 2018, og som fokuserte på området fra Stemmen og ned til havet. I 2019 ble kartleggingen, etter initiativ fra kommunens representanter, utvidet til å også omfatte dammen i utløpet av Frøylandsvatnet.

Arbeidene som ble gjort i 2018, bygde på at dammen skulle legges ned, og gis en utforming som gav en avløpsflom på 10,3 m³/s fra Frøylandsvatnet. Konklusjonen fra disse arbeidene, var at flere kulverter på strekningen fra Stemmen til havet hadde for liten kapasitet for å ta unna denne flomstørrelsen. Tre ulike alternativer, kalt 2018 – A til C har blitt utredet. Estimerte kostnader for å flomsikre Hommersåk med disse alternativene i størrelsesorden 16 - 18,5 mill.kr, avhengig av hvilken løsning som eventuelt velges.

I 2019 har arbeidene fokusert på å optimalisere utformingen av dammen, slik at avløpsflommen ut fra Frøylandsvatnet begrenses etter at dammen er nedlagt. Med en justert utforming av den nedlagte dammen, vil avløpsflommen fra Frøylandsvannet (ved dammen) bli 5,4 m³/s. Dette medfører at en kan unngå flere av tiltakene med kulverter som ble foreslått i 2018. Estimerte kostnader for å flomsikre Hommersåk sentrum med alternativene 2019 – A eller B, er på 6,1 til 11,9 mill.kr

Det anbefales å arbeide videre ut fra alternativ 2019-A eller 2019 - B:

- Dammen legges ned med en utforming etter alternativ 2019 – A, som beskrevet i kapittel 3.1.2
- Det gjennomføres sikringstiltak ved Stemmen, med mur og voll, alternativt etablering av bekk ut av Stemmen

Under er det gitt en oppsummering av de ulike alternative flomsikringstiltakene, og hva de innebærer av fysiske tiltak.

Tabell 1: Oversikt over alternative flomsikringsløsninger for Hommersåk sentrum

	2019 - A	2019 - B	2018 - A	2018 - B	2018 - C
Total kostnad flomsikringstiltak	<u>6,1 mill. kr</u>	<u>11,9 mill. kr</u>	<u>16,3 mill.kr</u>	<u>16,2/18,2 mill.kr</u>	<u>18,5 mill.kr</u>
<u>Senking av Stemmen</u>			<u>X</u>	<u>X</u>	
<u>Sikring med mur og voll rundt Stemmen</u>	<u>X</u>		<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
<u>Etablere bekk ut av Stemmen</u>		<u>X</u>			<u>X</u>
<u>Nye kulverter Kaiveien og Bergsagelveien</u>		<u>X</u>	<u>X (kun Kaiveien)</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
<u>Lukket kulvert i østre del av Kaiveien</u>			<u>X</u>		
<u>Kaiveien som alternativ flomvei</u>					
<u>Mur ved Bryggen senter</u>		<u>X</u>			<u>X</u>
<u>Nedlegging av dam Frøylandsvatn, gammel utforming</u>			<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
<u>Nedlegging av dam Frøylandsvatn, justert utforming</u>	<u>X</u>	<u>X</u>			

Innhold

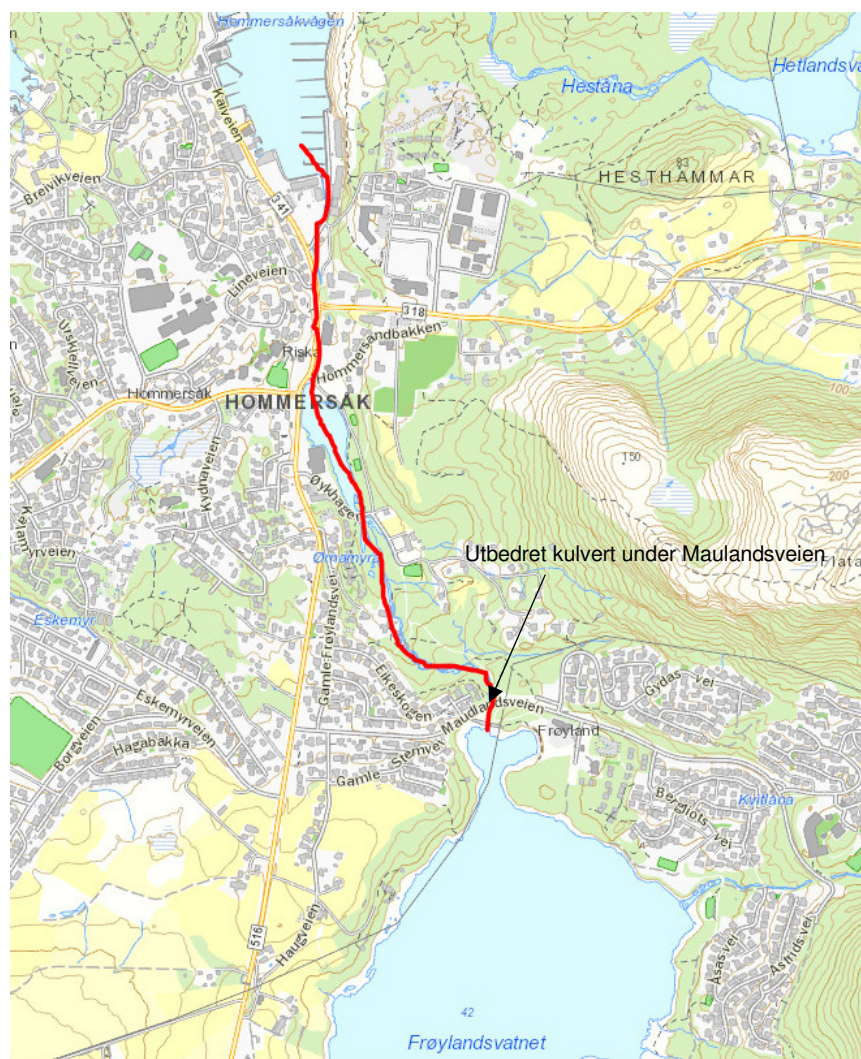
1	Innledning	6
2	Hydrauliske beregninger	8
3	Teknisk vurdering av alternative tiltak	12
3.1	2019- A og B - Tiltak ved Frøylandsdammen	12
3.1.1	Avløpsflom	12
3.1.2	Justert utforming av nedlagt dam	13
3.1.3	Nedstrøms konsekvenser	13
3.2	2018 – B - Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen (avløpsflom 10,32 m ³ /s fra Frøylandvatnet)	16
3.3	2018 – C - Etablering av bekk i grøntområdet øst for Stemmen (avløpsflom 10,32 m ³ /s fra Frøylandvatnet)	21
3.4	2018 – A - Lukket kulvert i østre del av Kaiveien (avløpsflom 10,32 m ³ /s fra Frøylandvatnet)	22
3.5	Tiltak fra Bersagelveien og ned til fjorden	24
4	Prisoverslag	28
4.1	Tiltak ved Frøylandsdammen	28
4.2	Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen	28
4.3	Etablering av bekk i grøntområdet øst for Stemmen	29
4.4	Lukket kulvert i østre del av Kaiveien	29
4.5	Tiltak fra Bersagelveien og ned til fjorden	30
5	Prioritering av foreslåtte tiltak	31
6	Oppsummering og videre arbeid	35
6.1	Offentlige tillatelser	35
6.1.1	Vannressursloven	35
6.1.2	Saksbehandling etter PBL	35
6.1.3	Klassifisering etter damsikkerhetsforskriften	35
6.2	Detaljprosjektering	36
7	Referanser	37
8	Vedlegg	38
1.	Standard profil grøft ved utløp på østsiden av Stemmen.	38
2.	Nomogram	39
3.	Detaljert prisoverslag	42
4.	Lavvannskart	50

1 Innledning

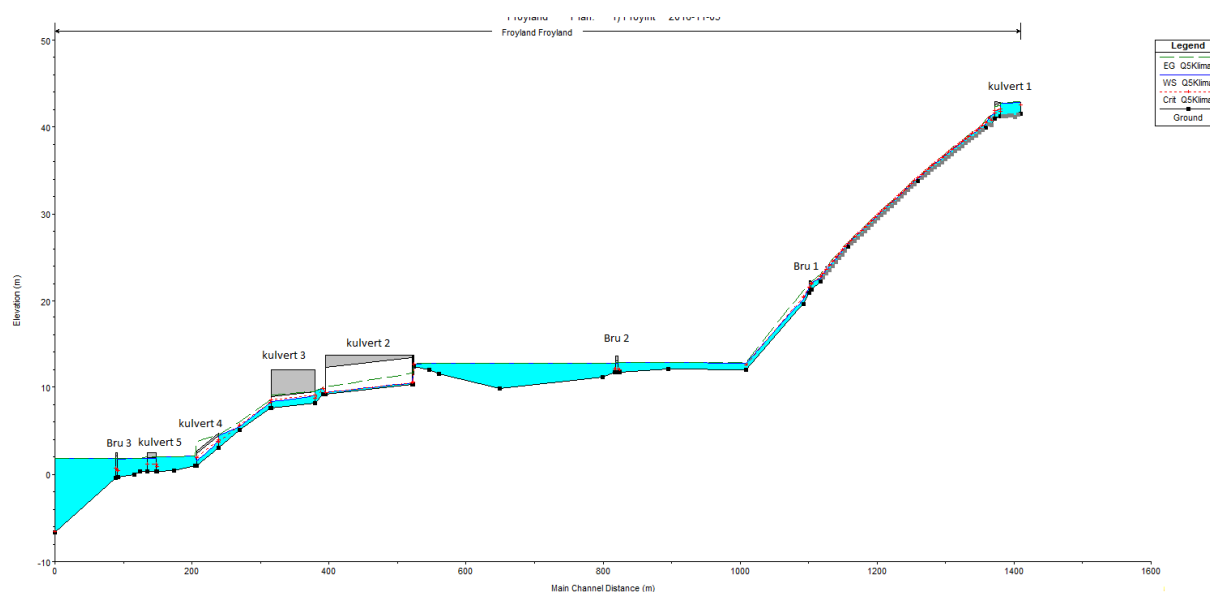
Norconsult AS er gitt i oppdrag av Sandnes kommune å vurdere flomforebyggende tiltak langs Frøylandsbekken i Hommersåk i Sandnes kommune. Norconsult AS utførte i 2016 en flomvurdering av bekken, og arbeidet her bygger på denne rapporten. Flomvurderingen ble utført i forbindelse med at NVE har vedtatt at dammen ved Frøylandsvannet skal legges ned. Dammen har til nå regulert flomvannføringen i bekken. I denne rapporten er avløpsforholdene etter nedleggelse av dammen lagt til grunn [3]. Det er i denne rapporten også sett på en alternativ ombygging av dammen som gir redusert avløpsflom nedstrøms (kapittel 3.1).

Etter at flomvurderingen ble utført er den øverste kulverten under Maulandsveien blitt utbedret. Modellen utviklet i forbindelse med flomvurderingen er derfor oppdatert med ny kapasitet på den øverste kulverten og tiltak videre nedover i vassdraget er basert på resultatene fra den oppdaterte modellen.

I områder hvor det forventes mer nedbør og økte flomstørrelser i fremtiden anbefaler NVE at man legger til klimapåslag når man skal dimensjonere infrastruktur og flomsikringstiltak. Iht. NVEs rapport «Klimaendringer og framtidige flommer i Norge» [6] anbefales det et klimapåslag på minst 20 % for alle nedbørfelt i Rogaland. Når man utfører flomberegninger og fremstiller flomsonekart bør man regne med 20 % økning i vannføringen. De flomforebyggende tiltakene er dermed dimensjonert for 200-årsflom med 20 % klimapåslag. I Figur 1-1 er vassdraget det skal vurderes flomforebyggende tiltak for vist. I Figur 1-2 er et lengdesnitt av vassdraget vist (hentet fra [1]).



Figur 1-1 Strekningen hvor det skal vurderes flomforebyggende tiltak (fra NVE-Atlas).



Figur 1-2 Lengdesnitt Frøylandsbekken (hentet fra [1])

2 Hydrauliske beregninger

Modellen utviklet i forbindelse med flomvurderingen er benyttet som grunnlag for vurdering av tiltak langs Frøylandsbekken. Etter at flomvurderingen ble utført er den øverste kulverten under Maulandsveien blitt utbedret. Modellen er derfor oppdatert med den nye kulvertkapasiteten under Maulandsveien. Kulvertens dimensjoner, kapasitet og strømningsforhold er beskrevet i Tabell 2-3.

I Figur 2-1 er utbredelsen av 200-årsflom + 20% klimapåslag fra [3] vist etter at kulvertdimensjonene er oppdatert. I Figur 2-2 er den tilsvarende utbredelsen med justert utforming av Frøylandsdammen vist. Det kan observeres at utbredelsen oppstrøms Stemmen er relativt lik for de to avløpsflommene. Dette skyldes at kulverten ved utløpet til Stemmen er begrensende for avløpet ut av Stemmen. Vannstanden vil være tilnærmet lik for de to avløpsflommene, fordi vannet lagres i Stemmen ved begge tilfellene. Ved den største avløpsflommen vil vannet renne over veien og nedover Kaiveien, mens den minste avløpsflommen kun vil lagres i Stemmen. Utbredelsen nedstrøms Stemmen reduseres altså ved å justere damutformingen.

Gransebetingelsene benyttet i den hydrauliske modellen som ligger til grunn for vurderingene i denne rapporten er listet i Tabell 2-1. For mer informasjon om den hydrauliske modellen benyttet i beregningene vises det til [1].

Sidetilsiget fra lokalfeltet mellom utløpet av Frøylandvannet og Stemmen er lagt til ved utløpet til Stemmen. Dette feltet er regnet som et naturlig felt, og flomstørrelsen er beregnet fra det spesifikke tilsiget beregnet i flomberegningen for Frøylandsvannet. Flomstørrelsen er oppgitt i Tabell 2-2.

Det er også lagt til et sidetilsig ved kulverten under Bersagelvegen, da det etter opplysninger fra oppdragsgiver kommer til overvann fra et industriområde etc. her, gjennom et overvannsrør med diameter Ø800. Siden dette er et urbant felt, vil resultatet av å legge til flomvannet fra denne være konservativt. Dette skyldes at et urbant felt vil reagere momentant ved flom, og flomtoppen fra det urbane feltet vil være passert i det flomtoppen fra hovedfeltet kommer hit. Sidetilsiget er beregnet på samme måte som for det naturlige feltet beskrevet over, men flomstørrelsen er doblet for å ta hensyn til at dette er et urbant felt. Resultatet er vist i Tabell 2-2.

For å beregne tilstrekkelig kapasitet på kulverten under Kaiveien, er sidetilsigene lagt til i den hydrauliske modellen fra [1]. For å beregne kapasiteten til de andre kulvertene er det benyttet nomogram, hvor sidetilsiget er lagt sammen med avløpsflommen fra Frøylandsvannet, for å være sikker på at kapasiteten er god nok.

I Figur 2-1 er det også lagt inn utbredelsen etter at området er hevet sør-øst for Stemmen. Det henvises til notatet «Konsekvens av områdeheving Frøyland» for mer informasjon om dette [2].

Tabell 2-1 Grensebetingelsene benyttet i den hydrauliske modellen

Flom	Avløpsflom (m ³ /s)	Vannstand (NN2000)
Q ₂₀₀ + 20 % klimapåslag (kap. 3.1.1)	5,40	1,44 m (1-års stormflo)
Q ₂₀₀ + 20 % klimapåslag [3]	10,32	1,44 m (1-års stormflo)

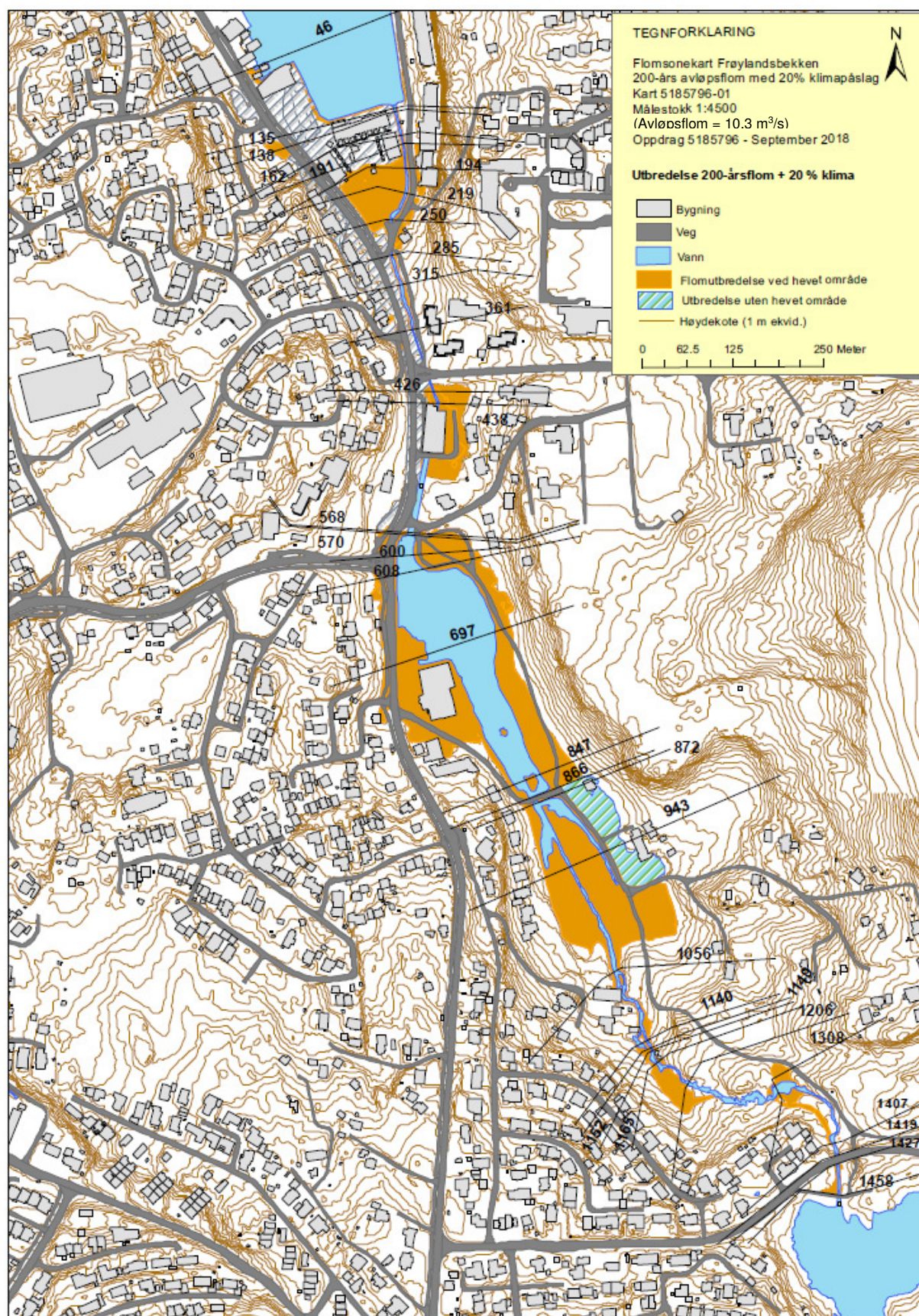
Tabell 2-2 Sidetilsig fra felt nedstrøms Frøylandsvann

Sted	Areal lokalfelt (km ²)	Sidetilsig u/klima (m ³ /s)	Sidetilsig m/klima 20 % (m ³ /s)	Type område
Utløp Stemmen	0,7	0,9	1,08	Naturlig felt
Ved overvannsrør	0,6	1,8	2,16	Urbant felt

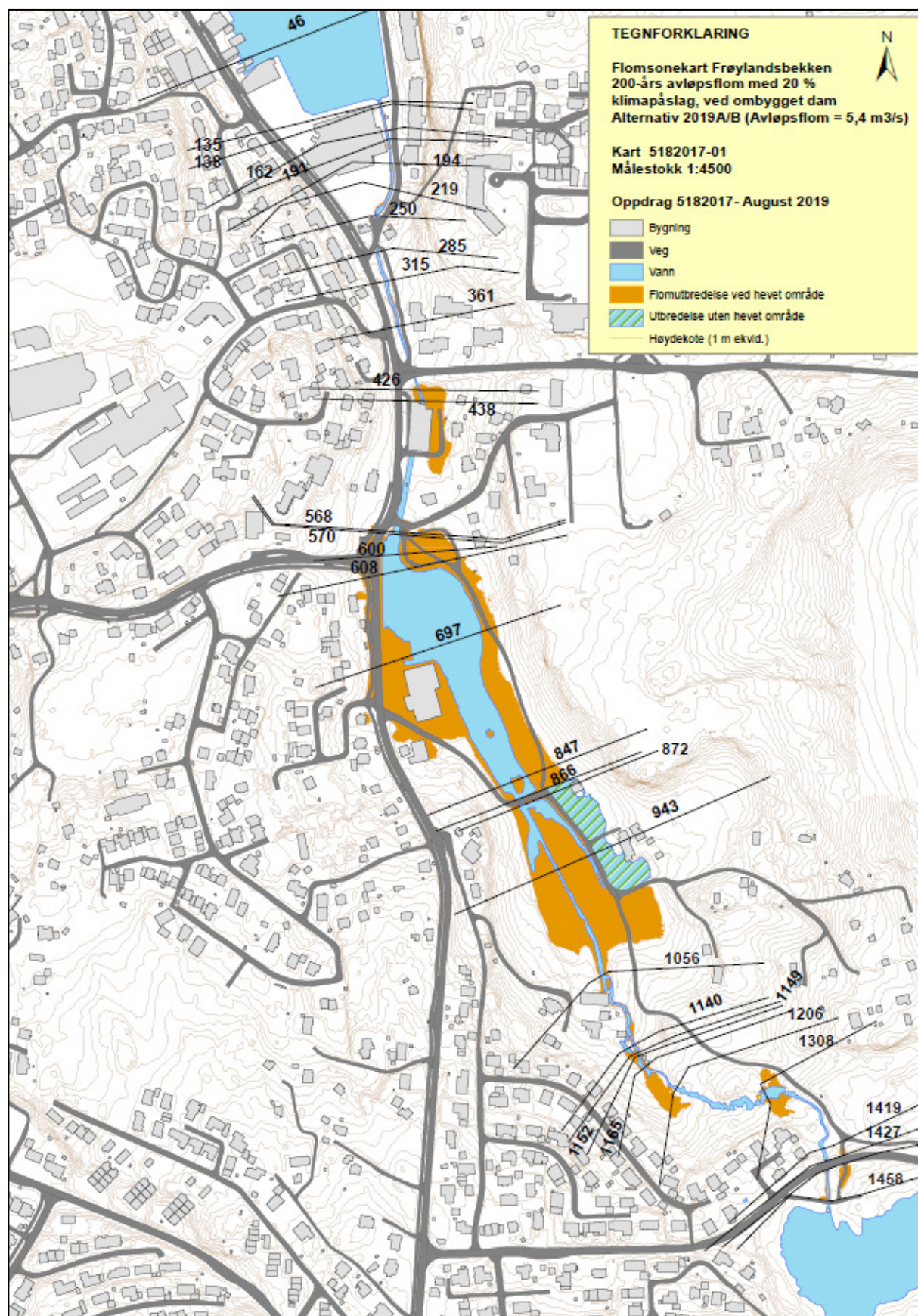
Tabell 2-3 Gamle og nye kulvertdimensjoner under Maulandsveien

Kulvert	Dimensjon	Grensevannføring Frispeilstrømning/dykket (m ³ /s)	Vannføring der veifylling overtoppes (m ³ /s)	Inn- eller utløpskontrollert
Gammel -under Maulandsveien	1,51 (diameter)	3,5	4,0	Ut
Ny – under Maulandsveien	2,0 x 1,5 (BxH)	17 ¹	30 ¹	Ut

¹ Med 4 % fall på kulverten. Oppgitt av oppdragsgiver.



Figur 2-1 Flomutbredelse i Frøylandsvassdraget ved avløp = 10,3 m³/s [3]. Det er også markert flomutbredelsen før og etter heving av området sørøst for Stemmen.



Figur 2-2 Flomutbredelse i Frøylandsvassdraget ved justert utforming av dammen (Avløp = 5,4 m³/s). Det er også markert flomutbredelsen før og etter heving av området sørøst for Stemmen.

3 Teknisk vurdering av alternative tiltak

Følgende alternative tiltak er vurdert:

- ❖ Alternativ ombygging av dammen, slik at avløpsflommen nedstrøms reduseres.
- ❖ Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen (se Figur 3-2). Utbedringen går på å øke innløpskapasiteten. Innløpskapasiteten til denne kulverten er bestemmende for flomvannstanden langt tilbake i vassdraget (ref. [1].), og vannet denne kulverten ikke tar unna vil renne langs Kaiveien ned til fjorden.
- ❖ Det er også undersøkt om det kan anlegges en bekk fra Stemmens østside, som kan hjelpe til å ta vannet unna ved flom.
- ❖ Kaiveien som alternativ flomvei. Denne vegen er den naturlige flomavledningsveien for vannet som renner ut av elven ved Stemmen (ref. [1] og **Error! Reference source not found.**). Det er derfor sett om veien kan være en trygg flomvei, eventuelt om det bør anlegges en grøft langs veien.
- ❖ Ny kulvert fra Stemmen som går øst for Kaiveien. Utløp nedstrøms Bersagelveien.
- ❖ For å sikre området fra profil 285 og ned til fjorden (ref. Figur 2-1) er det gjort vurderinger av å senke bunnivået på bekken eller å bygge flomvoller/mur langs bekken. Det er også undersøkt om kapasitetene til kulvert 3, 4 og 5 (ref. Figur 1-2) bør økes for å ta unna flomvannføringen.

3.1 2019- A og B - Tiltak ved Frøylandsdammen

For tiltakene beskrevet i videre kapitler er det forutsatt at Frøylandsdammen legges ned, dvs. at reguleringsmuligheter fjernes. Det vises til [3] for utformingen av overløpet som med opprinnelig plan for nedlegging gir en avløpsflom $Q_{200} + 20\%$ klimapåslag på 10,32 m³/s.

I dette kapittelet er det undersøkt muligheten for å legge ned dammen med en annen utforming av overløpet, slik at avløpsflommen reduseres. Ved å redusere avløpsflommen vil man kunne redusere konsekvensene nedstrøms. Med mindre konsekvenser nedstrøms vil behovet for tiltakene beskrevet i kapitlene nedenfor delvis falle bort.

3.1.1 Avløpsflom

I 2003 [5] ble det beregnet 1000-års avløpsflommer ved ulike overløpslengder for Frøylandsvannet. Med en overløpslengde på 1 m ble det beregnet en vannstandsstigning på **2,24 m** og en avløpsflom på **5,4 m³/s**. I 2016 ble det utført en ny flomberegning [3]. Denne viste at tilløpsflommen til Frøylandsvannet ved Q_{1000} kun er økt med 0,9 m³/s siden 2003, fra 34,5 til 35,4 m³/s.

Fra flomberegningen i 2016 kan vi se at forholdstallet Q_{200}/Q_{1000} er 0,8. Hvis vi benytter dette forholdstallet, og legger på 20 % klimapåslag får vi en $Q_{200} + \text{klima}$ tilløpsflom på 34 m³/s, som altså er 0,5 m³/s lavere enn Q_{1000} tilløpsflommen beregnet i 2003. Vi mener derfor at vi kan benytte resultatet fra 2003 for å vurdere konsekvensene nedstrøms.

Avløpsflommen på 5,4 m³/s ble opprinnelig beregnet basert på en kote på overløpet på 43,2 moh. Etter samtaler med Fylkesmannen våren 2019 er det kommet frem til at koten på overløpet med fordel kan legges til kotenivå 42,9 moh. Vannføringen ut av dammen vil ikke endres selv om overløpet legges på et lavere nivå, siden beregnet vannstand ved flom da vil reduseres tilsvarende. Det vil si at

200-års avløpsflom med 20 % klimapåslag blir ca. 5,4 m³/s med ombygget overløp på kote 42,9. I kapittel 3.1.2 er forslaget til ny utforming av overløpet beskrevet mer detaljert.

3.1.2 Justert utforming av nedlagt dam

Den gamle dammen er blitt en naturlig del av landskapet ved utløpet av Frøylandsvannet. Den parkmessige behandlingen av terrenget mellom Maudlandsveien og dammen med gangveier etc. er knyttet opp mot dammen. Dammens nedstrøms side består av en pen tørrmur som bør bevares.

Dammens oppstrøms side består av en betongvegg med et høyt nettinggjærde på toppen. Denne siden av anlegget er mindre pen og ved en nedlegging er det ønskelig å få til en bedre og mer naturlig formgivning.

Den justerte utformingen for dammen kan være:

- Midtre del av dammen med nåværende tappekulvert og lukearrangement med lukehus rives.
- Kanaliseringen for senkningsmagasinet fjernes ved at kanalen gjenstøpes/gjenfylles.
- Det støpes nye støttemurer gjennom dammen, samt et definert bunnprofil for å danne et overløp med 1 meters bredde på kote 42,9
- Mot betongfronten på høyre og venstre side legges det opp gravemasser delvis fra fjerningen av midtpartiet i dammen, og delvis fra tilførte masser, slik at betongen i sin helhet blir skjult.
- Den gamle damkronen og overflaten av de tilførte masser planeres og tilføres vekstjord for etablering av gresskråning mot vannet.
- I det som blir fremtidig strandsone legges ut sand og grus

Restene av den gamle dammen som ikke fjernes er dermed omgjort til en naturlig landskapsform hvor kun den gamle tørrmuren på nedstrøms side gir assosiasjoner om den gamle damkonstruksjonen.

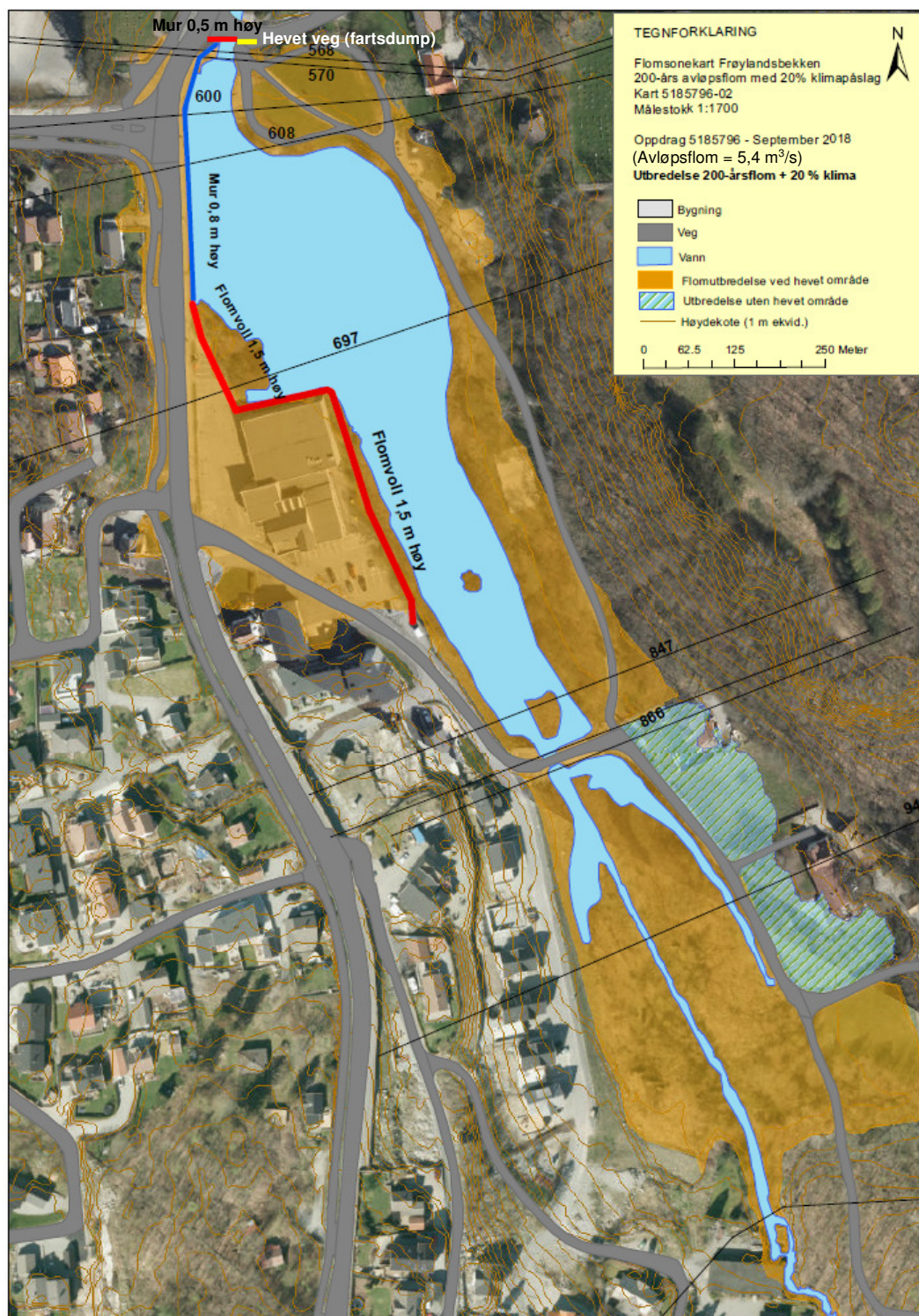
3.1.3 Nedstrøms konsekvenser

Avløpsflommen på 5,4 m³/s er rutet gjennom den hydrauliske modellen beskrevet i kapittel 2. Fra Tabell 3-1 kan vi se at innløpskapasiteten til kulverten som ligger ved utløpet til Stemmen er beregnet til mellom 2,5 – 3,5 m³/s. I kapittel 3.2 – kapittel 3.5 er det foreslått ulike tiltak for å få vannet forbi denne begrensningen. I kapittel 3.2 er det også foreslått å benytte restkapasiteten som ligger mellom topp kulvert og veibane, slik at tiltakene nedstrøms denne kulverten vil bli mindre. Med en reduksjon av avløpsflommen fra 10,32 m³/s til 5,4 m³/s vil det kun være mellom 1,9 - 2,9 m³/s som vil stuves opp i Stemmen. I tillegg må man ta hensyn til lokaltilsiget nedstrøms dammen. Lokaltilsiget mellom Frøylandsvannet og utløpet til Stemmen er i Tabell 2-2 beregnet til 1,08 m³/s (inkludert 20 % klimapåslag). Totalt vil det altså være opp mot 4 m³/s som ikke kommer seg gjennom kulverten ved utløpet til Stemmen. Dette vannet vil dermed stuves opp i Stemmen, og renner akkurat ikke over veibanen. Grunnet utformingen på innløpet til kulverten ved Stemmen, vil det kunne være fare for tilstopping av denne ved flom. Det anbefales derfor at man bygger en mur som er ca. 15 m lang og 0,5 m høy (inkludert fribord) der dagens rekkverk står langs Hommersandbakken (se Figur 3-2 og Figur 3-1). Vannet vil da fortsatt kunne renne over vegen der gangstien ligger hvis kulverten tilstoppes. Her kan alternativet være å heve gangvegen med minimum 0,3 m (intet fribord), slik at nivået på gangvegen blir 13,5 moh. Dette kan gjøres ved f.eks. å legge inn en «fartsdump».

Hvis man ikke øker kapasiteten på kulverten ved utløpet til Stemmen, vil det ikke være behov for å bytte ut kulvertene nedstrøms. Vannet vil stuves opp ved Bersagelvegen, men ingen bygg vil berøres som følge av oppstuvningen. I det kulverten går full har den en kapasitet på 5,5 m³/s (Tabell 3-3) og det vil renne 5,66 m³/s her inkludert sidetilsiget med klimapåslag. Vannføringen ved Bersagelvegen er 5,66 m³/s fordi kapasiteten til kulverten ved utløpet av Stemmen gjør at avløpsflommen fra dammen (5,4 m³/s) og sidetilsiget mellom dammen og Stemmen (1,08 m³/s) blir redusert til maks. 3,5 m³/s ut av Stemmen. I tillegg til avløpet fra Stemmen på 3,5 m³/s kommer det til vann fra overvannsledning

nedstrøms Stemmen på 2,16 m³/s, noe som totalt gir en vannføring ved Bersagelvegen på 5,66 m³/s. Kulverten under Kaiveien går full allerede ved 3,5 m³/s. Reduksjonen av avløpsflommen fører likevel til at vannet ikke lenger renner over Amboltveien. Kulverten ved parkeringsplassen vil akkurat ha god nok kapasitet (5,7 m³/s) til å ta unna flommen.

I Figur 3-1 er det vist utbredelsen av avløpsflommen på 5,4 m³/s + sidetilsig m/klime mellom Frøylandsvatnet og Stemmen på 1,08 m³/s, og nødvendige sikringstiltak. Som vi ser vil det fortsatt være behov for sikringstiltak oppstrøms Stemmen, slik at byggene som ligger her ikke berøres av flommen. Vannstanden vil være ca. 5 cm høyere i Stemmen når vi ikke senker utløpet som i Figur 3-4, men siden det er lagt inn et fribord på 0,3 m i beskrivelsen av sikringstiltakene i kapittel 3.2 vil det ikke være behov for å justere dimensjonene på tiltakene.



Figur 3-1 Foreslåtte sikringstiltak oppstrøms Stemmen ved avløpsflom = $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Utbredelsen vil være lik som i Figur 3-4 ved avløpsflom lik $10,32 \text{ m}^3/\text{s}$, med unntak av at det må bygges en mur og f.eks. en fartsdump på gangstien ved utløpet til Stemmen.

Det opplyses om at det kan bli nødvendig å skifte ut kulvertene i vassdraget etter hvert, da flere av de er gamle. Kostnader knyttet til dette kan altså komme uansett, men man kommer unna med å legge inn kulverter med mindre dimensjoner enn det som er foreslått i kapittel 3.5.

Beregningene er beheftet med noe usikkerhet knyttet til begrensninger i den hydrauliske modellen. Beregningene er utført i 1D, slik at flate områder hvor det er noe uvisst hvor vannet vil ta veien, ikke vil

bli helt korrekt beregnet. For vassdraget her gjelder dette særlig nede ved Bryggen Senter. HEC-RAS har mulighet til å beregne i 2D, som er mer egnet for flate områder. 2D-beregningene har derimot ikke en optimal måte å beregne kulverter på. Siden området ved Bryggen Senter har flere kulverter, vil usikkerheten i beregningen bare flyttes om man benytter 2D i stedet for 1D.

Ved Bryggen Senter viser 1D-modellen at vi så vidt **ikke** får vann inn på parkeringsplassen. På bakgrunn av avsnittet over, kan det likevel ikke utelukkes at vannet vil kunne renne over elvebanken eller Amboltsveien og inn på parkeringsplassen. Vannstanden vil i så fall kunne forventes å være meget lav. Det vil også måtte forventes at ved en stor flom i Frøylandsbekken vil det være stor nedbør i Hommersåk. Siden parkeringsplassen består av tette flater, mener vi at å innføre tiltaket vist i Figur 3-10 ikke vil være hensiktsmessig, da området bak muren trolig allerede vil være fylt med vann i det tilfellet at Frøylandsbekken muligens vil gå over sine bredder. Tiltak som kan vurderes for å sikre selve Bryggen Senter ved større nedbør / flom vil kunne være utlegging av sandsekker ved lavpunkter der vannet kan trenge inn i bygget. Dette krever at man følger med på værsituasjonen og har en form for beredskap klar.

3.2 2018 – B - Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen (avløpsflom 10,32 m³/s fra Frøylandvatnet)

For tiltakene beskrevet i dette kapitlet er det forutsatt at Frøylandsdammen legges ned med en utforming som gir en avløpsflom Q200 + 20 % klimapåslag på 10,32 m³/s. Det vises til [3] for utformingen av overløpet som med opprinnelig plan for nedlegging gir denne avløpsflommen.

For at det ikke skal renne vann over vegen nedstrøms Stemmen og videre nedover langs Kaiveien ved en 200-årsflom med 20 % klimapåslag, må kapasiteten på kulverten ved utløpet til Stemmen økes fra dagens kapasitet på 6,3 m³/s (ved denne vannføringen får vi overtopping av veien) til ca. 11,2 m³/s. Hvis kapasiteten økes nok til å ta unna 200-årsflommen med klimapåslag, vil vi også få mindre vann som stuves tilbake fra kulvertinnløpet oppover i vassdraget. I Figur 3-2 og Tabell 3-3 er bilder og beskrivelser av kapasitet og strømningsforhold for dagens kulvert vist.

Kulverten fra utløpet av Stemmen (kulvert 2, Figur 1-2) er inspisert og målt opp av kommunen i forbindelse med dette oppdraget. Det viser seg at denne kulverten består av flere deler med ulike dimensjoner. Kapasiteten til det trangeste tverrsnittet inne i kulverten er sjekket for å se om det begrensende (se Figur 3-3). Ved å benytte nomogram for metallrør (se vedlegg 2, chart 2A), er kapasiteten i overgangen beregnet til ca. 9 m³/s, og denne er dermed ikke begrensende for kapasiteten til kulverten.

Tabell 3-1 Kapasitet på dagens kulvert ut fra Stemmen [1]

Kulvert/bru (Frøylandsdammen-Hommersåkvågen)	Grensevannføring friskeilstrømning/dykket (m ³ /s)	Vannføring der kulvert dykkes/oversvømmelse av terreng (m ³ /s)	Inn- eller utløpskontroll
Kulvert 2 - innløp	Ca. 2,5 – 3,5	Ca. 6,3	Inn
Kulvert 2 –overgang til stålrør	Ca. 9		Inn



Figur 3-2 Innløpet (t.v.) og utløpet (t.h.) til kulverten som går gjennom Hommersåk sentrum fra Stemmen til nedenfor Sentrumsgården.



Rett etter risten ved Stemmen – Areal = $2\text{ m} \times 1,5\text{ m} = 3\text{ kvm}$

Ved overgang til stålrør – Areal = $0,5 \times \pi \times 1^2 = 1,57\text{ kvm}$

Figur 3-3 Overgangen til stålrør inne i kulverten fra utløpet til Stemmen.

Slik vi ser det er den mest gjennomførbare måten å øke kapasiteten til kulvertinnløpet å senke terskelen på innløpet. Det er da viktig å huske på at normalvannstanden i Stemmen vil tilpasses det nye terskelnivået, og dermed senkes med tilsvarende høyde som man senker terskelen.

For å bestemme hvilket nivå terskelen må legges på, er det benyttet nomogram (se vedlegg 2). Med dimensjonerende flom lik $11,2\text{ m}^3/\text{s}$ og en bredde på kulverten på 8 m , må gjennomløpet til kulverten ved utløpet til Stemmen være $0,85\text{ m}$ høyt. Kulverten vil da gå full ved dimensjonerende flom. I dag er høyden på kun $0,3\text{ m}$, noe som innebærer at terskelen ved utløpet til Stemmen må senkes med $0,55$

m for å ta unna en 200-årsflom med 20 % klimapåslag. Kulverten vil gå full ved denne vannføringen, slik at eventuell tilstopping som begrenser avløpskapasiteten vil føre til at vann vil stå tilbake som i dag. Det er ca. 1 m fra topp av dagens terskel til topp vei, så man har ekstra kapasitet tilgjengelig her før veien overtoppes. En senkning av terskelen på 0,55 m, hvor man tar hensyn til kapasiteten som ligger mellom topp kulvert og vei, gjør at man får en restkapasitet på ca. 8 m³/s før vannet renner over veien.

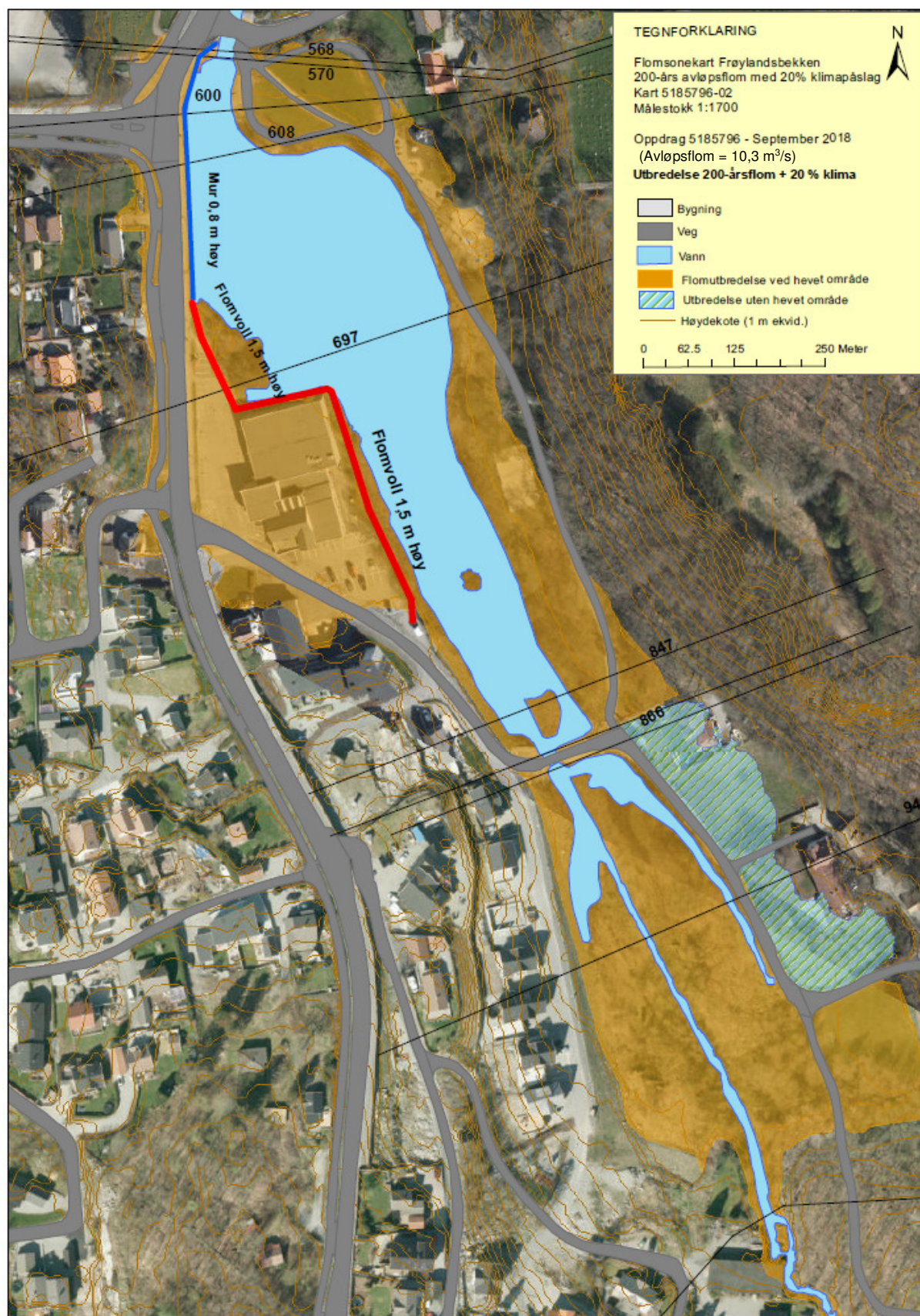
Denne restkapasiteten kan utnyttes på en annen måte, ved å senke kulvertinnløpet med kun 0,25 m fra dagens terskel. Da vil kulverten gå full før 200-årsflommen kulminerer, men veien vil ikke lenger overtoppes. Vann vil stuves opp som det gjør i dag, og man har ingen restkapasitet med tanke på tilstopping. Dvs. at ved å benytte det sistnevnte alternativet vil veien overtoppes hvis innløpet er tilstoppet i det flommen kulminerer.

I Figur 3-4 og Figur 3-5 er det vist hvordan flomutbredelsen ved 200-årsflom med 20 % klimapåslag endres oppstrøms hvis man senker kulverten med henholdsvis 0,25 m og 0,55 m. Ved en senkning på 0,25 m vil fortsatt bolighuset og butikken som ligger sør-vest for Stemmen berøres av flommen. Et tiltak som kan gjøres for at disse byggene ikke skal bli berørt ved en senkning av terskelen på 0,25 m er å bygge en mur langs veibanen vest for Stemmen og en flomvoll langs butikken ved Stemmen. Flomvollen bør være 1,5 m høy (inkludert fribord på 0,3 m) og ca. 150 m lang nord/øst for butikken for at den ikke skal bli berørt. Muren langs Stemmen må være 0,8 m høy (inkludert fribord på 0,3 m) og ca. 100 m lang for å sikre Hommersåkveien vest for butikken. Denne muren vil også sikre parkeringsplassen til butikken og vestsiden av butikken. Se Figur 3-4 for hvor muren må bygges for å sikre boligen, butikken og Hommersåkveien.

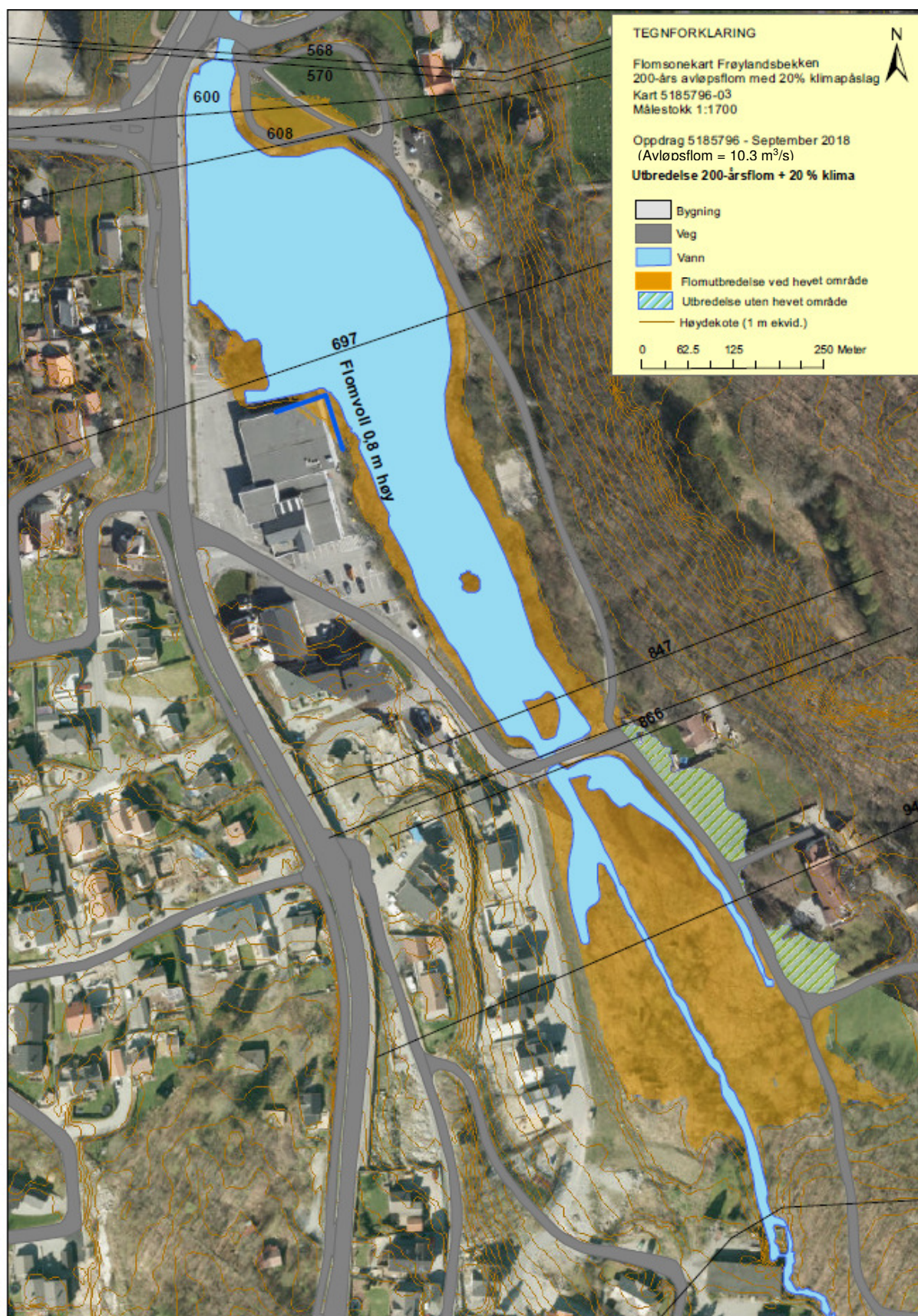
Senker man terskelen til kulverten med 0,55 m vil butikken kun bli berørt i det nordre hjørnet med en vanndybde på inntil 0,5 m. Da kan flomvollen bygges kortere (ca. 90 m lang) og med en høyde på 0,8 m inkludert fribord på 0,3 m. Se Figur 3-5 for hvor muren må bygges for å sikre butikken. Med tanke på flomsikring anbefaler vi at terskelen senkes 0,55 m.

Det er viktig å huske på at i det man øker kapasiteten til innløpet, slik at dette kan ta unna 200-årsflommen med 20 % klimapåslag, vil tverrsnittet i overgangen vist i Figur 3-3 bli begrensende for kapasiteten. Skal tiltaket beskrevet i dette kapittelet gjennomføres er man derfor avhengig av å gjøre en utbedring av det trangeste tverrsnittet inne i kulverten, slik at 2 m³/s ekstra kan passere her.

Etter opplysninger fra oppdragsgiver viser det seg at den delen av kulverten som består av stålrør er i veldig dårlig stand, og for at tiltaket beskrevet i dette kapittelet skal ha en levetid som forsvarer kostnadene, må denne også utbedres.



Figur 3-4 Utbredelse oppstrøms Stemmen ved senkning av innløpet med 0,25 m. Her vil vann stuves opp fra kulverten når flommen kulminerer. Avløpsflom fra Frøylandsvatnet = $10,32 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 3-5 Utbredelse oppstrøms Stemmen ved senkning av innløpet med 0,55 m. Her vil hele 200-årsflommen + 20 % klimapåslag få plass i kulverten. Det kreves likevel en liten mur ved butikken hvis denne skal være helt flomsikker ved avløpsflom 10,32 m³/s fra Frøylandsvatnet.

3.3 2018 – C - Etablering av bekk i grøntområdet øst for Stemmen (avløpsflom 10,32 m³/s fra Frøylandvatnet)

Et alternativ til tiltaket beskrevet i kapittel 3.2 kan være å konstruere en bekk i grøntområdet på østsiden av Stemmen (se Figur 3-6). I Figur 3-6 er det vist et forslag til hvordan bekken kan legges, men dette kan tilpasses. Lengden på den inntegnede bekken er ca. 40 m.

Det viktigste er at innløpet til bekken legges på samme terskelnivå som dagens kulvert ved utløpet til Stemmen. På den måten kan man opprettholde dagens normalvannstand i Stemmen. Ved å bygge en terskel ved innløpet til bekken vil man ha kontroll på vannstanden i Stemmen. Veien vil ikke overtoppes, men kulverten ved utløpet til Stemmen vil gå full. Oppstrøms utløpet til Stemmen vil utbredelsen være lik som i Figur 3-4. Dette betyr at det må bygges en mur tilsvarende som i Figur 3-4 ved bygging av bekk på østsiden av Stemmen. Denne muren er tatt med i prisoverslaget i kapittel 4.

Fordi terrenget i grøntområdet er relativt flatt, og det vil være liten høydeforskjell mellom terskelen og terrenget, vil grøntområdet delvis oversvømmes ved flom. Ved å konstruere bekken som beskrevet i kapittel 3.2 med 1:1,5 sidehelning vil man sørge for at vannet som oversvømmer terrenget vil renne ned i bekken. Det vil også være mindre fare for folk som ferdes der hvis bekken bygges med en skråning, enn hvis den bygges som et rektangulært tverrsnitt.

Fribord ansees ikke som nødvendig her, da det ikke finnes infrastruktur som må beskyttes. Det holder derfor at dybden på bekken i grøntområdet er 0,9 m, noe som vil gi en toppbredde på ca. 4 m (ref. vedlegg 1). Bekken må trolig gjøres noe smalere og litt dypere videre inn mot inntakskonstruksjonen som skal lede vannet tilbake til den eksisterende kulverten ut fra Stemmen.

Bekken må erosjonssikres for å hindre utgraving. Beregning av stabil steinstørrelse er ikke utført i denne rapporten, da dette avhenger av utformingen man velger på bekken, og derfor gjerne hører til detaljprosjekteringsfasen. Det er ikke store økonomiske forskjeller mellom å benytte en steinstørrelse på for eksempel 0,2 og 0,4 meter.

For å lede vannet som vil gå i bekken tilbake til kulverten som eksisterer i dag må det bygges en inntakskonstruksjon som har en kapasitet på minimum 4 m³/s (tilsvarende vannføringen som i dag ikke får plass i kulverten ved utløpet til Stemmen). Det anbefales at inntakskonstruksjonen gis en noe høyere kapasitet enn dette for å ta høyde for lokaltilsig i form av overflateavrenning forårsaket av nedbør. Det er ikke gjort en vurdering av design av inntakskonstruksjonen i denne rapporten, da dette gjerne hører til detaljprosjekteringsfasen. Vi har heller ikke oversikt over infrastruktur under bakken i forbindelse med etableringen av inntakskonstruksjonen/sluket som skal føre vannet fra bekken tilbake til kulverten. Det kan oppstå konflikter i forbindelse med utbyggingen, og kostnadsestimatet for denne etableringen er derfor noe usikker.



Figur 3-6 Forslag til hvor bekken som skal lede flomvann ut av Stemmen kan gå, samt forslag til plassering av sluket som skal sende vannet tilbake til kulverten

3.4 2018 – A - Lukket kulvert i østre del av Kaiveien (avløpsflom 10,32 m³/s fra Frøylandvatnet)

Dette tiltaket er foreslått av oppdragsgiver, som hadde et ønske om å bygge en ny, lukket kulvert langs østre del av Kaiveien, helt fra Stemmen og til nedenfor Bersagelveien, i stedet for en grøft på vestsiden av Kaiveien. Oppdragsgiver har uttrykt ønske om en firkantet kulvert. I dette kapittelet er det beregnet kapasiteten en slik kulvert trenger for å ta unna 200-årsflommen med 20 % klimapåslag på 10,32 m³/s. Det er benyttet et nomogram (vedlegg 2) for å beregne utformingen til kulvertinnløpet. Tiltaket beskrevet her vil innebære at man senker normalvannstanden i Stemmen med 0,55 m. Da vil flomutbredelsen oppstrøms bli som i Figur 3-5. Hvis man ikke skal måtte senke normalvannstanden hadde man trengt en kulvert med innløpsbredde på over 30 m.

Det er antatt at den eksisterende kulverten ved utløpet av Stemmen ikke lenger tar unna noe vann, da denne er i veldig dårlig stand. Dette innebærer at innløpet til den nye kulverten må ta unna ca. 11,2 m³/s.

I tillegg må kulverten ha kapasitet til å ta unna de ekstra 2 m³/s som kommer til fra det urbane feltet (ref. kapittel 2). Ofte er det slik at det er innløpet som er begrensende for kapasiteten til kulverten, slik

at det lenger ned i kulverten, hvor det er normalstrømning, vil være en restkapasitet som ikke utnyttes. Ved å benytte det hydrauliske regneprogrammet HY-8 er det sjekket om dette er tilfellet her, og om en kulvert med innløpskapasitet på 11,2 m³/s vil kunne ta unna de ekstra 2 m³/s fra det urbane lokalfeltet. Den nye kulverten er lagt inn med jevnt fall fra Stemmen til utløpet ved dagens kulvert under Bersagelvegen. Resultatene viser at en kulvert med kapasitet til å ta unna 11,2 m³/s vil ha tilstrekkelig restkapasitet til å ta unna tilleggsvann fra lokalfeltet. Hvis kulverten bygges som i dag, med et stort fall ut fra Stemmen, og deretter et mindre fall, vil konklusjonen bli den samme.

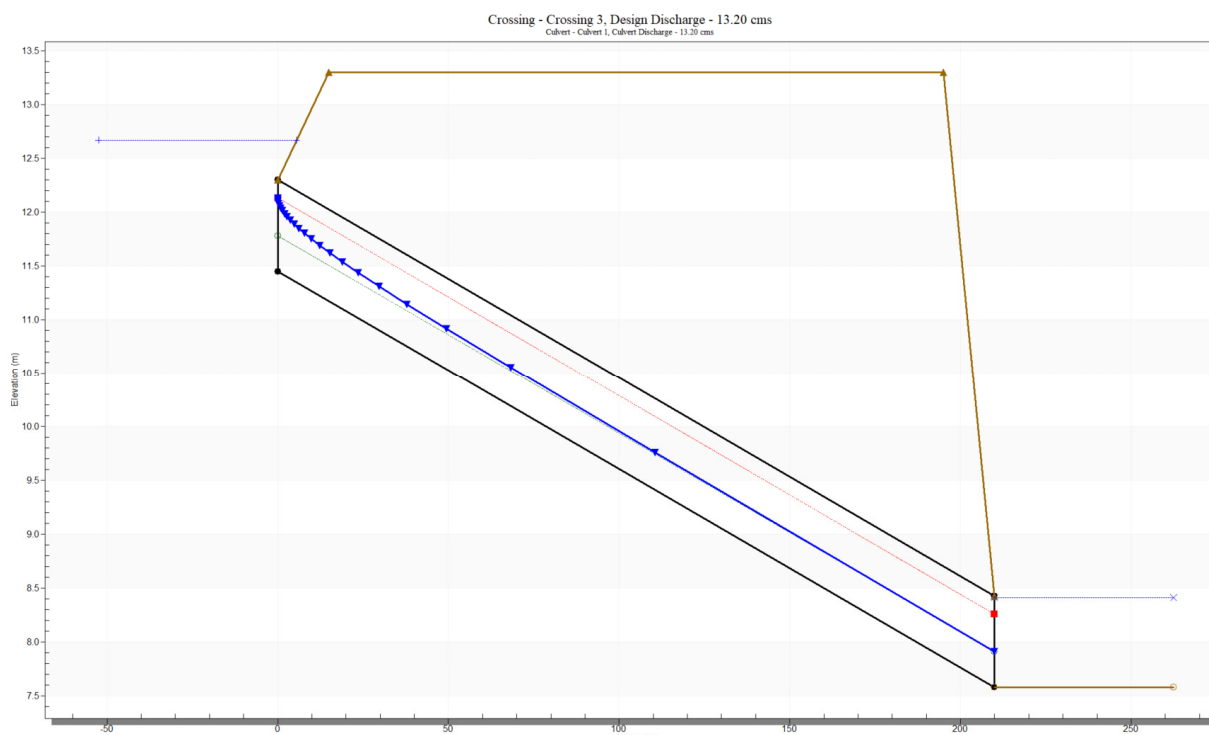
Kulverten som i dag er under Bersagelvegen skal ifølge oppdragsgiver bestå, slik at den vil hjelpe til å ta unna avrenning fra det urbane feltet som kommer til nedstrøms Stemmen. Overvannsledningen som i dag kommer inn i denne kulverten, skal fortsatt gjøre dette, og siden kulverten under Bersagelvegen har større dimensjoner enn overvannsrøret, vil den uten problem ta unna dette vannet ved flom. Den beregnede kapasiteten til den nye kulverten fra Stemmen til nedstrøms Bersagelvegen vil dermed være mer enn tilstrekkelig, også ved fremtidig utbygging av Hommersåk sentrum.

Resultatene er vist i Tabell 3-2, Tabell 3-4 og Figur 3-7. Størrelsen til den nye kulverten er beregnet med innløpsutforming 2 i nomogram 8A (vedlegg 2).

Tabell 3-2 Utformingen av innløpet til den nye kulverten ved Stemmen.

	Utforming	Bredde (m)	Høyde (m)	Kapasitet (m ³ /s)	Senkning av normalvannstand Stemmen (m)
Ny kulvert utløp Stemmen	Firkantet	8,0	0,85	11,2	0,55

Kulverten videre nedover i vassdraget kan ha en annen utforming enn innløpet, da høyden på innløpet til kulverten vil begrenses av hvor mye man tillater å senke normalvannstanden i Stemmen. Dvs. at høyden på kulverten kan økes nedstrøms innløpet, slik at man får en mer kvadratisk utforming av kulverten videre nedstrøms. Som et eksempel kan kulverten være 2 m bred, da kreves en høyde på 2 m.



Figur 3-7 Utsnitt fra HY-8 som viser den nye kulverten med jevnt fall nedover i terrenget, og en flom på 13,2 m³/s.

3.5 Tiltak fra Bersagelveien og ned til fjorden

Det er særlig de tre kulvertene under Bersagelveien, under Kaiveien og under parkeringsplassen til Bryggen Senter som skaper flomproblemene i dette området (se Figur 3-8). Dagens kapasitet til de tre kulvertene er oppgitt i Tabell 3-3. Ingen av kulvertene har kapasitet til å ta unna 200-årsflommen med 20 % klimapåslag.

Tabell 3-3 Dagens kapasitet på kulvertene nedstrøms Stemmen (hentet fra [1].)

Kulvert/bru	Type kulvert	Dagens dimensjon (mm)	Grensevannføring friskeilstrømning/dykket (m^3/s)	Vannføring der kulvert dykkes/oversvømmelse av terreng (m^3/s)	Inn- eller utløpskontroll
Kulvert 3 (Bersagelveien)	Betongrør	1370	5,5	8,0	Inn
Kulvert 4 (Kaiveien)	Betongrør	1400	3,5	4,0	Inn
Kulvert 5 (Parkeringsplass)	Betongrør	1570	5,7	6,0	Ut

Fra Figur 2-1 kan vi se at med en avløpsflom på $10,32 \text{ m}^3/\text{s}$ vil vann stuves opp fra kulverten under Bersagelveien (kulvert 3 i Figur 1-2), og at ett bolighus vil bli berørt, sammen med kjelleren til bygget kulverten fra Stemmen kommer ut av (ref. kapittel 3.1). Det er ca. 3 – 3,5 m mellom dagens kulvert og veien. Her anbefales det å øke kulvertkapasiteten til å kunne ta igjennom 200-årsflommen med 20 % klimapåslag. I Tabell 3-4 er kulvertdimensjonen som må til for å få flommen gjennom vist. Det er ikke behov for senkning av elveløpet her. Etter ønske fra oppdragsgiver er det valgt å benytte en rektangulær kulvert under denne veien.

Tabell 3-4 Anbefalte dimensjoner med tilhørende kapasiteter på kulvertene nedstrøms Stemmen.

Kulvert	Type kulvert	Ny kulvertdimensjon	Grensevannføring friskeilstrømning/dykket (m^3/s)	Vannføring der kulvert dykkes/oversvømmelse av terreng (m^3/s)
Kulvert 3 (Bersagelveien)	Betongrør	2 x 2,4 (BxH)	13,2	17 – 20
Kulvert 4 (Kaiveien)	Rektangulær kulvert i betong	3 x 1,8 (B x H)	14,5 (forutsetter at bredden på bekkeløpet økes for å få plass til en 3 m bred kulvert).	14,6

Med dagens kulvertkapasitet under Kaiveien vil ikke vannet renne over Kaiveien siden terrenget er høyere enn vannstanden her, men det vil renne over Amboltveien med ca. 0,3 m vanndybde, og ett bolighus vil bli berørt. Kulvertdimensjonen som må til for å få alt vannet ved 200-årsflom med klimapåslag gjennom kulverten under Kaiveien er vist i Tabell 3-4. Etter ønske fra oppdragsgiver er det valgt å benytte en rektangulær kulvert under denne veien, og det er oppgitt dimensjoner for ulike bredder på kulverten.

For å få plass til en kulvert som kan ta unna en 200-årsflom med klimapåslag, inkludert sidetilsig (totalt $13,56 \text{ m}^3/\text{s}$), må bekkeløpet endres slik at det blir plass til en kulvert med større dimensjon. Det er liten høydeforskjell mellom bekkeløpet og overkant vegbane, og det er liten høydeforskjell mellom dagens bekkeløp og havet. For å få plass til en høyere kulvert enn 2 m må elvebunnen senkes såpass mye at det vil bli så lite fall nedstrøms kulvertutløpet at vann vil stå tilbake her, og dermed begrense kapasiteten. Velger man å ikke senke bekkeløpet, men benytte en høyere kulvert vil overdekket bli for lite.

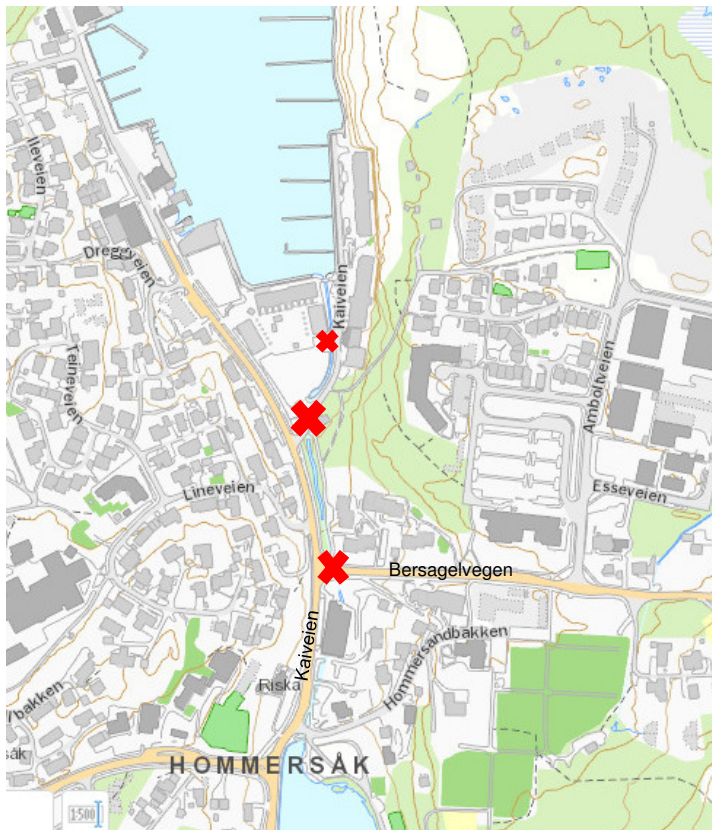
Det anbefales derfor å heller øke bredden på bekket. Nedstrøms er den tilgjengelige bredden ca. 4 m, mens den oppstrøms kun er ca. 2 m. Hvis man øker bredden oppstrøms til 4 meter, blir det plass til en

kulvert som er 3 m bred. Hvor høy kulverten da må være avhenger av hvilken innløpsutforming man velger. Her er det regnet med innløpsutforming 2 i nomogram 8A (vedlegg 2), som ansees som den mest sannsynlige utformingen.

For å få alt vannet ved 200-årsflom med klimapåslag ($13,56 \text{ m}^3/\text{s}$) gjennom kulverten under Kaiveien må dimensjonen på kulverten være $3 \times 1,8 \text{ m}$ (BxH). En høyde på 1,8 m tilsvarer at elveløpet må senkes ca. 0,4 m for å få plass. Gjøres dette vil ikke vannet lenger renne over veien, og bolighuset som ligger øst for bekken vil ikke lenger påvirkes.

Nedstrøms kulverten under Kaiveien vil vannet flomme over parkeringsplassen til Bryggen Senter med en vanndybde på ca. 0,2 m og Bryggen Senter vil få litt vann på hjørnet av bygget (vanndybde maks 0,1 m). I tillegg vil en butikk/verksted så vidt berøres av flommen, og en av leilighetene i Kaiveien 23 vil få noe vann inntil muren. Bekken går i kulvert her, slik at man får adgang til parkeringsplassen. Selv om denne kulverten har for liten kapasitet til å ta unna 200-årsflommen med klimapåslag vil ikke en økning av størrelsen på denne være avgjørende for flomutbredelsen i området. Dette skyldes at det er svært liten helning på vannlinjen, og vannstanden er tilnærmet lik på oppstrøms og nedstrøms side av kulverten. Det er derfor ikke beregnet hvilken størrelse denne kulverten må ha for å ta unna en 200-årsflom med klimapåslag. Det vil også være lite å hente på å senke elvebunnen, da vi er såpass nærme fjorden at en senkning av elvebunnen kun vil gjøre at mer vann kan stuves opp fra fjorden. Det anbefales derfor å bygge en mur langs bekken på oppstrøms side av kulverten, samt over broen både på oppstrøms og nedstrøms side for å flomsikre området. Muren bør bygges i en høyde på ca. 0,8 m inkludert fribord, og må til sammen være ca. 140 m lang. I Figur 3-10 er ca. plassering av murene vist.

For å være sikker på at sikringstiltaket foreslått for å sikre området nærmest fjorden er tilstrekkelig, er det sjekket hvilken utbredelse en 200-års stormflo med klimapåslag kombinert med en 5-årsflom med klimapåslag i vassdraget gir i dette området (se [1] for verdier for denne flomsituasjonen). Fra Figur 3-9 kan det observeres at denne flomsituasjonen vil gi en mindre flomutbredelse enn en 200-årsflom med klimapåslag i bekken. Sikringstiltaket foreslått i Figur 3-10 vil derfor være tilstrekkelig for å sikre området nærmest fjorden.



Figur 3-8 De tre kulvertene som har for liten kapasitet mellom profil 285 og fjorden.



Figur 3-9 Utbredelsen av 200-års stormflo med 20 % klimapåslag kombinert med en 5-årsflom med klimapåslag i Frøylandsvassdraget.



Figur 3-10 Figur som viser hvor mur bør bygges ved Bryggen Senter for å unngå flomutbredelse her. Utbredelsen vist her vil forsvinne ved bygging av mur.

4 Prisoverslag

I dette kapittelet gis prisoverslag på tiltakene foreslått i kapittel 3. Det presiseres at prisoverslag alltid har høy usikkerhet, og at det kan oppstå uforutsette kostnader det ikke er tatt høyde for her. Dette gjelder særlig for tiltaket presentert i kapittel 3.3, da vi ikke har oversikt over eksisterende infrastruktur i bakken som rør og ledninger. Det er i prisoverslagene tatt høyde for uforutsette utgifter på 15 – 20 %, men særlig for tiltaket i kapittel 3.3 kan dette bli høyere. Det er ikke medtatt kostnader for oppgradering av overvannssystemet med tilbakeslagsventiler etc.

4.1 Tiltak ved Frøylandsdammen

Det er foreslått å legge ned Frøylandsdammen, men å utforme om slik at den kan plasseres i konsekvensklasse 0. Dette gjøres ved å lage overløpet 1 m bredt på kote 42,9, og å støpe/fylle igjen tappearrangementet. Prisoverslaget for denne ombyggingen er vist i Tabell 4-1.

Prisoverslaget i Tabell 4-1 inkluderer ikke bygging av flomvoll ved butikken og mur langs Hommersåkveien iht. Figur 3-1 Figur 3-4. Dette vil anslagsvis koste 3,1 millioner. Muren antas bygget opp av tilført huggen blokk lagt i mørtel som plasseres på topp av eksisterende murfront. Eksisterende front mot vannet virker å være bygget opp av tørrmurt stein med åpne fuger. For å redusere vanngjennomstrømning i massene bak eksisterende murfront, og samtidig redusere gradienten under ny mur, anbefales det å etablere et tett sjikt bak dagens mur under asfaltdekke ned til ca. 1-1,5 m dybde. Kostnader for denne masseutskiftningen er medtatt i kostnadsestimatet. Omfanget og nødvendigheten av denne masseutskiftningen avhenger av hvilken type masser som befinner seg der i dag.

Se vedlegg 3 for utdypende detaljer angående prisoverslag.

Tabell 4-1 Prisoverslag på ombygging av Frøylandsdammen.

Tiltak	Prisoverslag NOK	Merknad
Justert løsning for nedlegging av Frøylandsdammen – overløp 1 m bredt på kote 42,9.	3 000 000,-	Prisen dekker kun nedleggelsen av dammen
Opprinnelig løsning for nedlegging av Frøylandsdammen [3]	2 500 000,-	Prisen dekker kun nedleggelsen av dammen

4.2 Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen

Det er foreslått en senkning av utløpet til Stemmen med 0,25 og 0,55 m. Fra et rent flomsikringsperspektiv anbefales det å senke Stemmen med 0,55 m. Prisoverslag for begge alternativene er listet i Tabell 4-2. Prisoverslaget inkluderer bygging av flomvoll ved butikken og mur langs Hommersåkveien iht. Figur 3-4 og Figur 3-5.

Muren antas bygget opp av tilført huggen blokk lagt i mørtel som plasseres på topp av eksisterende murfront. Eksisterende front mot vannet virker å være bygget opp av tørrmurt stein med åpne fuger. For å redusere vanngjennomstrømning i massene bak eksisterende murfront, og samtidig redusere gradienten under ny mur, anbefales det å etablere et tett sjikt bak dagens mur under asfaltdekke ned til ca. 1-1,5 m dybde. Kostnader for denne masseutskiftningen er medtatt i kostnadsestimatet. Omfanget og nødvendigheten av denne masseutskiftningen avhenger av hvilken type masser som befinner seg der i dag.

I Tabell 4-2 er det vist kostnadsoverslag for senkning av utløpet ved Stemmen. I tillegg er det vist kostnadsoverslag på utbytting av de andre delene av kulverten, utarbeidet av oppdragsgiver. Denne utbyttingen må foretas slik at kulverten kan ta unna den økte vannføringen som følge av senkningen av utløpet til Stemmen. Se vedlegg 3 for utdypende detaljer angående prisoverslag for senkningen av utløpet.

Tabell 4-2 Prisoverslag på senkning av utløpet ved Stemmen

Tiltak	Prisoverslag NOK	Merknad
Senkning av utløpet til Stemmen med 0,25 m	3 700 000,-	Inkluderer sikring iht. Figur 3-4
Senkning av utløpet til Stemmen med 0,55 m	1 700 000,-	Inkluderer sikring iht. Figur 3-5
Utbytting av kulvert fra Stemmen til bygget	3 750 000,-	
Ekstra rør rundt bygget	2 500 000,-	

4.3 Etablering av bekk i grøntområdet øst for Stemmen

Prisoverslaget presentert i Tabell 4-3 inkluderer en bekk som er 40 m lang, 2,4 m bred og 1,7 m dyp. Det er også inkludert kostnader knyttet til bygging av mur iht. Figur 3-4, samt kostnader knyttet til å koble bekken tilbake til eksisterende kulvert under ut fra Stemmen. Det er også inkludert gangbro over bekken. Det er ikke inkludert eventuelle kostnader knyttet til konflikter med eksisterende infrastruktur i bakken, med det er lagt til uspesifiserte og uforutsette kostnader på 15 %. Det er heller ikke inkludert eventuell sikring av tilgang til bekken i form av gjerde eller lignende. Se vedlegg 3 for utdypende detaljer angående prisoverslag.

Siden det ekstra vannet her skal føres tilbake til eksisterende kulvert, vil det som i kapittel 4.1 være behov for å skifte ut deler av den eksisterende kulverten. Prisene for dette er også vist i Tabell 4-3.

Tabell 4-3 Prisoverslag på etablering av bekk i grøntområdet øst for Stemmen

Tiltak	Prisoverslag NOK	Merknad
Bygging av bekk i grøntområdet øst for Stemmen	4 000 000,-	Inkluderer sikring iht. Figur 3-3. Estimert for sluk/inntakskonstruksjon er svært grovt
Utbytting av kulvert fra Stemmen til bygget	3 750 000,-	
Ekstra rør rundt bygget	2 500 000,-	

4.4 Lukket kulvert i østre del av Kaiveien

Dette tiltaket har oppdragsgiver selv utarbeidet kostnadsoverslag på. Prisoverslaget utarbeidet av oppdragsgiver er vist i Tabell 4-4. Dette kostnadsoverslaget baserer seg på en kulvert med litt mindre dimensjon enn det som kreves for å ta unna flomvannføringen.

Tabell 4-4 Prisoverslag på bygging av ny lukket kulvert ut av Stemmen, på østsiden av Kaiveien

Tiltak	Prisoverslag NOK	Merknad
Bygging av ny lukket kulvert ut av Stemmen, på østsiden av Kaiveien	10 150 000,-	Dimensjon fra Stemmen til bygg: 2 x 1,5 m. Dimensjon ekstra rør rundt bygget: Ø1200.

		Inkluderer sikring iht. Figur 3-4.
--	--	------------------------------------

4.5 Tiltak fra Bersagelveien og ned til fjorden

Her er det flere tiltak foreslått for å sikre ulike flomutsatte områder. Tiltakene kan derfor utføres uavhengig av hverandre. I kapittel 3.5 er det foreslått å utvide kulvertene under Bersagelveien og Kaiveien til henholdsvis 2 x 2,4 m og 3 x 1,8 m (B x H). Disse dimensjonene er basert på at kulvertene skal ta unna en avløpsflom fra dammen på 10,32 m³/s, samt sidetilsig på til sammen 3,24 m³/s. Reduseres avløpsflommen til 5,4 m³/s og man sender alt vannet ut av Stemmen ved å etablere en bekk i grøntområdet øst for Stemmen (kapittel 3.3) vil den totale vannføringen som kulvertene nedstrøms må ta unna, reduseres til 8,64 m³/s. Det forventes ikke at behovet for mindre kapasitet på kulvertene nedstrøms vil påvirke kostnaden spesielt mye, og siden dette er overslagsberegninger, er det er ikke regnet ut nye dimensjoner eller priser på kulvertene nedstrøms som følge av redusert avløpsflom.

Prisoverslaget for rektangulære kulverter er basert på en pris på 2500 kr / tonn, et behov for 2,6 tonn betong / m³ og en tykkelse på kulverten på 0,4 m. Vi har ikke tatt høyde for kvantumsrabatt på bestilling av bokskulverter. Overslaget inkluderer kostnader knyttet til anleggsarbeid, men ikke transport av kulverter til byggeplass. I Tabell 4-5 er det oppgitt prisoverslag for kostnader ved benyttelse av bokskulverter med størrelse 2 x 2,5 og 3 x 2 m. Det er ikke sett på kostnader ved plasstøpte betongkulverter.

For etablering av mur langs Kaiveien tas det utgangspunkt i at denne utføres i betong. Dersom den utføres som en massiv konstruksjon som anlegges på topp av eksisterende mur, vil denne typisk måtte være ca. 0,5 m tykk for å være stabil mot mulig opptredende vanntrykk. Gangveien i det aktuelle området er relativt smal, og en slik mur vil trolig kreve for mye plass. Det er derfor tatt utgangspunkt i en L-formet betongmur med nedfylt horisontal fundamentplate og vertikal front. Tykkelsen på muren kan da reduseres til typisk 0,2 m. Det er medtatt kostnader for masseutskiftning og etablering av et tett sjikt bak øvre del av dagens mur, etter samme prinsipp som nevnt i kapittel 4.1.

Se vedlegg 3 for utdypende detaljer angående prisoverslag.

Tabell 4-5 Prisoverslag på tiltak fra Bersagelveien og ned til fjorden

Tiltak	Prisoverslag NOK	Merknad
Utvidelse av kulvert under Bersagelveien	2 100 000,-	I kapittel 3.5 er det foreslått en kulvert på 2 x 2,4. Prisen på betongkulvert er gitt for en prefabrikkert kulvert på 2 x 2,5 m.
Utvidelse av kulvert under Kaiveien inkl.	1 400 000,-	I kapittel 3.5 er det foreslått en kulvert på 3 x 1,8. Prisen på betongrør er gitt for en prefabrikkert kulvert på 3 x 2 m.
Mur ved Bryggen Senter	2 200 000,-	Iht. Figur 3-10

5 Prioritering av foreslåtte tiltak

Under er det gitt en prioriteringsliste på de ulike foreslåtte tiltakene. I denne listen er de tekniske, miljømessige og økonomiske konsekvensene vurdert opp mot hverandre, og den totale summen for å flomsikre Hommersåk sentrum er oppgitt for de ulike tiltakene.

Tabell 5-1 Rangeringsliste for flomsikringstiltak langs Frøylandsbekken

Tiltak	Teknisk vurdering	Miljømessig vurdering	Økonomisk vurdering (prisoverslag)	Rangering
2019 -A: Ombygging av Frøylandsdammen, sikring av Stemmen. For avløpsflom på 5,4 m³/s ved dammen.	Tiltaket innebærer en ombygging av Frøylandsdammen med et 1 m langt overløp på kote 42,9. Dette gir en redusert avløpsflom fra Frøylandsvannet (5,4 m³/s), noe som vil være utelukkende positivt for nedstrøms konsekvenser. Tiltaket vil hindre overtopping av Hommersandbakken. Den reduserte avløpsflommen gjør at man ikke trenger å øke kapasiteten på kulvertene under Bersagelveien eller Kaiveien. Det vil heller trolig ikke være behov for mur langs parkeringsplassen ved Bryggen Senter. Det vil derimot være behov for sikring langs Stemmen i form av mur og flomvoll, samt en liten heving av gangveien (i form av f.eks en «fartsdump»). Dette tiltaket prioriteres høyere enn de andre basert på kostnad, samt at forventet levetid vil være atskillelig lenger, og utførelsen av selve byggearbeidet vil være enklere å gjennomføre.	En senkning av normalvannstanden i Frøylandsvannet til kote 42,9 vil ifølge Fylkesmannen være fordelaktig for arten mykt havfruegress. Med dette tiltaket kan dagens normalvannstand opprettholdes i Stemmen. Man må tillate at grøntområdet ved Stemmen oversvømmes.	Total kostnad: 6 100 000,- Delsummer: <i>Ombygging av dam, justert utforming:</i> 3 000 000,- <i>Sikring langs Stemmen med mur og flomvoll:</i> 3 100 000,-	1
2019 -B: Ombygging av Frøylandsdammen, bekk ved Stemmen. For avløpsflom på 5,4 m³/s ved dammen.	Tiltaket innebærer en ombygging av Frøylandsdammen med et 1 m langt overløp på kote 42,9. Dette gir en redusert avløpsflom fra Frøylandsvannet (5,4 m³/s), noe som vil være utelukkende positivt for nedstrøms konsekvenser. Tiltaket vil hindre overtopping av Hommersandbakken. Det vil	En senkning av normalvannstanden i Frøylandsvannet til 42,9 vil ifølge Fylkesmannen være fordelaktig for arten mykt havfruegress. Med dette tiltaket kan dagens normalvannstand opprettholdes i Stemmen. Man må	Total kostnad: 11 900 000,- Delsummer: <i>Ombygging av dam, justert utforming:</i> 3 000 000,- <i>Sikring med bekk ut fra Stemmen:</i>	2

	likevel være behov for sikring langs Stemmen i form av etablering av bekk i grøntområde øst for Stemmen. Bekken kobles til eksisterende kulvert. Ved å gjennomføre dette tiltaket vil man føre mer vann videre ned i vassdraget, enn i alternativ 2019-A, og man vil måtte øke kapasiteten på kulvertene under Bersagelveien og Kaiveien. Det vil også være behov for mur langs parkeringsplassen ved Bryggen Senter. Dette tiltaket prioriteres høyere enn tiltakene fra 2018 basert på pris.	tillate at grøntområdet ved Stemmen oversvømmes	3 200 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Kaiveien:</i> 1 400 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Bersagelveien:</i> 2 100 000,- <i>Bygging av mur langs parkeringsplassen til Bryggen senter:</i> 2 200 000,-	
2018- A: Lukket kulvert i østre del av Kaiveien For avløpsflom på 10,32 m³/s ved dammen.	Tiltaket innebærer å bygge en ny kulvert ved utløpet til Stemmen, som erstatning for dagens kulvert. Kulverten er foreslått å gå helt ned til Bersagelveien. For å få tatt unna tilstrekkelig med vann uten å måtte ha en innløpsbredde på kulverten som er > 30 m, må man i tillegg senke terskelen ved utløpet til Stemmen med 0,55 m. Tiltaket vil hindre overtopping av Hommersandbakken, og man trenger ikke å bytte ut kulverten under Bersagelveien. Kulverten under Kaiveien må likevel byttes ut slik at den får god nok kapasitet til å ta unna den økte vannføringen fra Stemmen som følge av senkningen av terskelen. Økning av kapasiteten på denne kulverten vil sikre ett bolighus, samt Amboltsveien. I tillegg vil det være behov for mur langs parkeringsplassen ved kjøpesenteret. Det må også sikres oppstrøms Stemmen med en flomvoll. Prioriteres høyere enn tiltakene under fordi forventet levetid vil være mye lenger, samt at selve	En senkning av utløpet til Stemmen vil gi et mindre estetisk pent uttrykk i parken langs Stemmen, da normalvannstanden nødvendigvis senkes ved innføring av dette tiltaket. Ved flom må man tillate at det blir noe oversvømmelse av gangveien i parken ved Stemmen.	Total kostnad: 16 300 000,- <u>Delsummer:</u> <i>Bygging av lukket kulvert i østre del av Kaiveien (utarbeidet av oppdragsgiver):</i> 8 500 000,- <i>Senkning terskel 0,55 m, inkludert sikring langs Stemmen med flomvoll:</i> 1 700 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Kaiveien:</i> 1 400 000,- <i>Bygging av mur langs parkeringsplassen til Bryggen senter:</i> 2 200 000,- Nedlegging av dam Frøylandsvatn, gammel utforming 2 500 000,-	3

	utførelsen av byggearbeidet vil være enklere å gjennomføre.			
2018 – B: Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen / senkning av terskel på 0,25 eller 0,55 m For avløpsflom på 10,32 m³/s ved dammen.	Tiltaket innebærer å senke kulverten ved utløpet til Stemmen med 0,25 eller 0,55 m, da denne kulverten er begrensende og vil stuve opp vann. Dette tiltaket vil hindre overtopping av Hommersandbakken. Senker man terskelen ved utløpet til Stemmen vil man øke utløpskapasiteten til kulverten. Dette innebærer at kapasiteten til kulvertene under Bersagelveien og Kaiveien må økes. En økning av kulvertkapasiteten under Bersagelveien vil sikre ett bolighus som er mindre berørt. I tillegg vil det være behov for mur langs parkeringsplassen ved kjøpesenteret. Effekten av dette tiltaket vil være lik fra utløpet til fjorden uavhengig av hvor mye man senker terskelen, mens effekten tiltaket vil ha oppstrøms i vassdraget vil avhenge av hvor mye man tillater normalvannstanden å senkes i Stemmen. Fra et flomsikringsperspektiv anbefaler vi å senke terskelen 0,55 m. Dette vil kreve mindre sikringstiltak langs Stemmen.	En senkning av utløpet til Stemmen vil gi et mindre estetisk pent uttrykk i parken langs Stemmen, da normalvannstanden nødvendigvis senkes ved innføring av dette tiltaket. Ved flom må man tillate at det blir noe oversvømmelse av gangveien i parken ved Stemmen. Oversvømmelsen av parkområdet vil være større ved en senkning på 0,25 m enn ved 0,55 m.	Total kostnad: 16 150 000,- eller 18 150 000,- <u>Delsummer:</u> <i>Senkning terskel 0,55 m, inkludert sikring langs Stemmen med flomvoll:</i> 1 700 000,- <i>Senkning av terskel 0,25 m, inkludert sikring langs Stemmen med mur og flomvoll:</i> 3 700 000,- <i>Utbygging av kulvert fra Stemmen til bygget:</i> 3 750 000,- <i>Ekstra rør rundt bygget:</i> 2 500 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Kaiveien:</i> 1 400 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Bersagelveien:</i> 2 100 000,- <i>Bygging av mur langs parkeringsplassen til Bryggen senter:</i> 2 200 000,- <i>Nedlegging av dam Frøylandsvatn, gammel utforming</i> 2 500 000,-	4

2018 – C: Bygging av bekk i grøntområdet øst for Stemmen For avløpsflom på 10,32 m³/s ved dammen.	Tiltaket innebærer å bygge en bekk/grøft i grøntområdet øst for Stemmen. Det må bygges en inntakskonstruksjon som har en kapasitet på minimum 4 m³/s, som vil lede vannet som vil gå i bekken tilbake til eksisterende kulvert. Dette tiltaket vil hindre overtopping av Hommersandbakken. Vannet føres tilbake til dagens kulvert ut fra Stemmen nedstrøms utløpet, hvor eksisterende kulvert har bedre kapasitet enn utløpet. Dette innebærer at kulvertene under Bersagelveien og Kaiveien må byttes ut for å ta unna den økte vannføringen som tilføres fra bekken. Det må også sikres med mur langs parkeringsplassen ved kjøpesenteret. Bygging av mur her vil sikre parkeringsplassen til Bryggen Senter, Bryggen Senter, verksted/butikk og leilighet. I tillegg må de sikres langs Stemmen med mur og flomvoll. Vi har ikke oversikt over infrastruktur under bakken i forbindelse med etableringen av inntakskonstruksjonen/sluket som skal føre vannet fra bekken tilbake til kulverten. Det kan oppstå konflikter i forbindelse med utbyggingen, og kostnadsestimatet for denne etableringen er derfor meget usikker.	Med dette tiltaket kan dagens normalvannstand opprettholdes i Stemmen. Man må tillate at grøntområdet ved Stemmen oversvømmes. Man vil også miste en del av grøntområdet til bekken.	Total kostnad: 18 450 000,- <u>Delsummer:</u> <i>Bygging av bekk i grøntområdet øst for Stemmen, inkludert sikring langs Stemmen med mur og flomvoll:</i> 4 000 000,- <i>Utbygging av kulvert fra Stemmen til bygget:</i> 3 750 000,- <i>Ekstra rør rundt bygget:</i> 2 500 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Kaiveien:</i> 1 400 000,- <i>Økning av kulvertstørrelse under Bersagelveien:</i> 2 100 000,- <i>Bygging av mur langs parkeringsplassen til Bryggen senter:</i> 2 200 000,- <i>Nedlegging av dam Frøylandsvatn, gammel utforming:</i> 2 500 000,-	5

6 Oppsummering og videre arbeid

6.1 Offentlige tillatelser

6.1.1 Vannressursloven

Når det gjelder dam Frøylandsvatn, så er det lagt til grunn at denne skal legges ned. Dette betyr at reguleringsmuligheter skal fjernes. Nedlegging av vassdragstiltak kan være konsesjonspliktig etter vannressursloven. I denne saken er det tidligere gitt konsesjon for nedlegging, men tillatelsen er utløpt. Det må derfor søkes til NVE om ny konsesjon for nedlegging av dammen, og NVE skal fatte vedtak om konsesjon før tiltakene ved Frøylandsdammen kan gjennomføres.

For sikringstiltakene i vassdraget, er det antatt at det ikke er nødvendig med konsesjon etter vannressursloven, da NVE ikke har praksis for å behandle sikringstiltak etter vannressursloven. Mindre tiltak vil vanligvis kunne utformes slik at de ikke berører allmenne interesser negativt i nevneverdig grad, og vil derfor ikke være konsesjonspliktige (§ 8). Fysiske tiltak i vassdrag skal godkjennes av Fylkesmannen / Rogaland fylkeskommune.

Når det blir gitt en tillatelse (konsesjon) til et vassdragstiltak er dette en rammetillatelse til etablering. Den danner grunnlag for detaljplanlegging av tiltaket. I vilkårene som knyttes til tillatelsen er det derfor tatt inn at utbygger må utarbeide detaljerte planer som NVE skal godkjenne. Disse planene skal beskrive alle synlige anleggsdeler og terrenginngrep slik at det er mulig å se og forstå hvordan arbeidene er tenkt gjennomført og hvordan det ferdige tiltaket er planlagt å se ut.

Dette betyr at før tiltakene ved dam Frøylandsvatn kan gjennomføres, må det lages en detaljplan. Detaljplanen for natur og miljø behandles, godkjennes, vedtas og følges opp av NVE's miljøtilsyn.

6.1.2 Saksbehandling etter PBL

Et tiltak som har konsesjon etter vannressursloven er unntatt fra byggesaksbehandling etter PBL, forutsatt at tiltaket er i samsvar med kommuneplanens arealdel og reguleringsplan [7].

De øvrige flomsikringstiltakene vil følge byggesaksbehandling etter PBL, og saksgang må undersøkes nærmere med kommunen.

6.1.3 Klassifisering etter damsikkerhetsforskriften

For den opprinnelige utformingen av nedlagt dam, ble det søkt om og godkjent plassering i konsekvensklasse 0 etter nedlegging av dam, jf vedtak datert 03. des. 2010. Ettersom dammen ikke enda har blitt nedlagt, er dammen foreløpig plassert i konsekvensklasse 2 av NVE. Dette innebærer at damsikkerhetsforskriften inntil videre gjelder fullt ut for dammen.

Justert løsning for nedlegging av dammen innebærer relativt små forandringer sammenlignet med den opprinnelige løsningen. Det er derfor antatt at justert løsning også vil bli godkjent i konsekvensklasse 0 etter nedlegging av dammen.

Det må utformes ny søknad om klassifisering av justert løsning for dammen, og det må foreligge godkjent vedtak fattet av NVE før tiltakene ved Frøylandsdammen kan gjennomføres.

6.2 Detaljprosjektering

I videre detaljprosjektering av tekniske løsninger for dammen anbefales det at detaljprosjektering av dammen og sikringstiltakene utføres av prosjekterende med damfaglig og vassdragsteknisk kompetanse. Ettersom vassdraget har potensiale for oppvandring av ål og muligens anadrome fiskeslag, anbefales det at tiltak for fiskevandring vurderes som en integrert del av detaljprosjektering av flomsikringstiltakene.

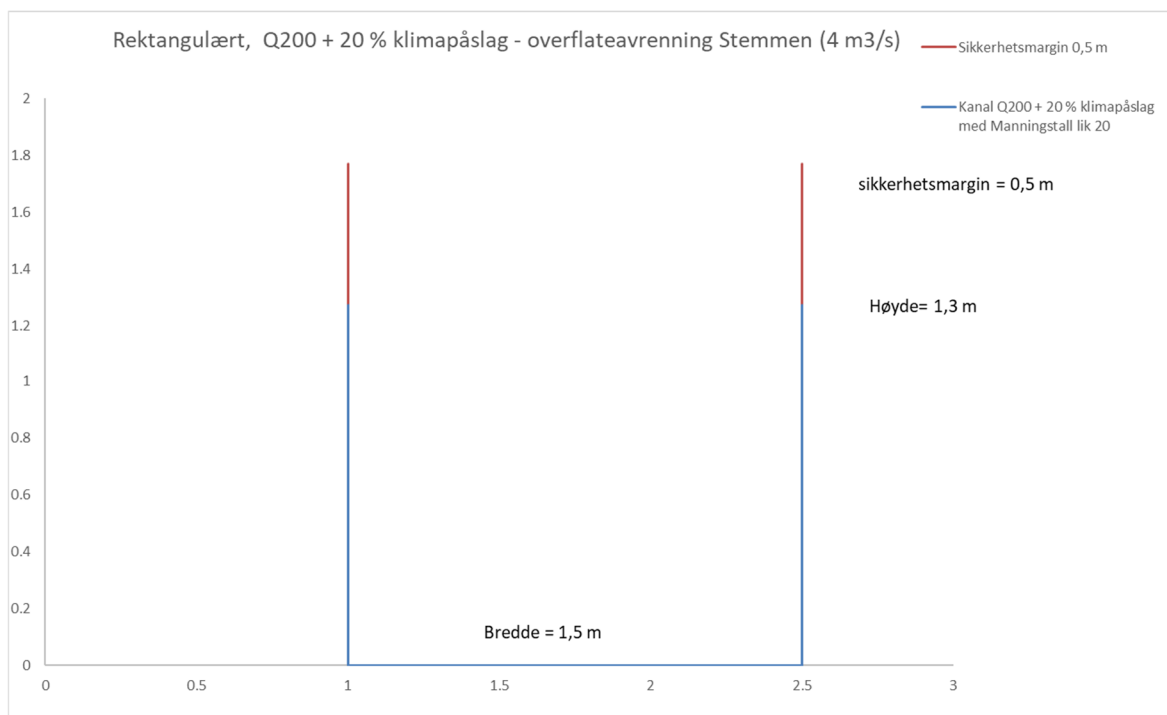
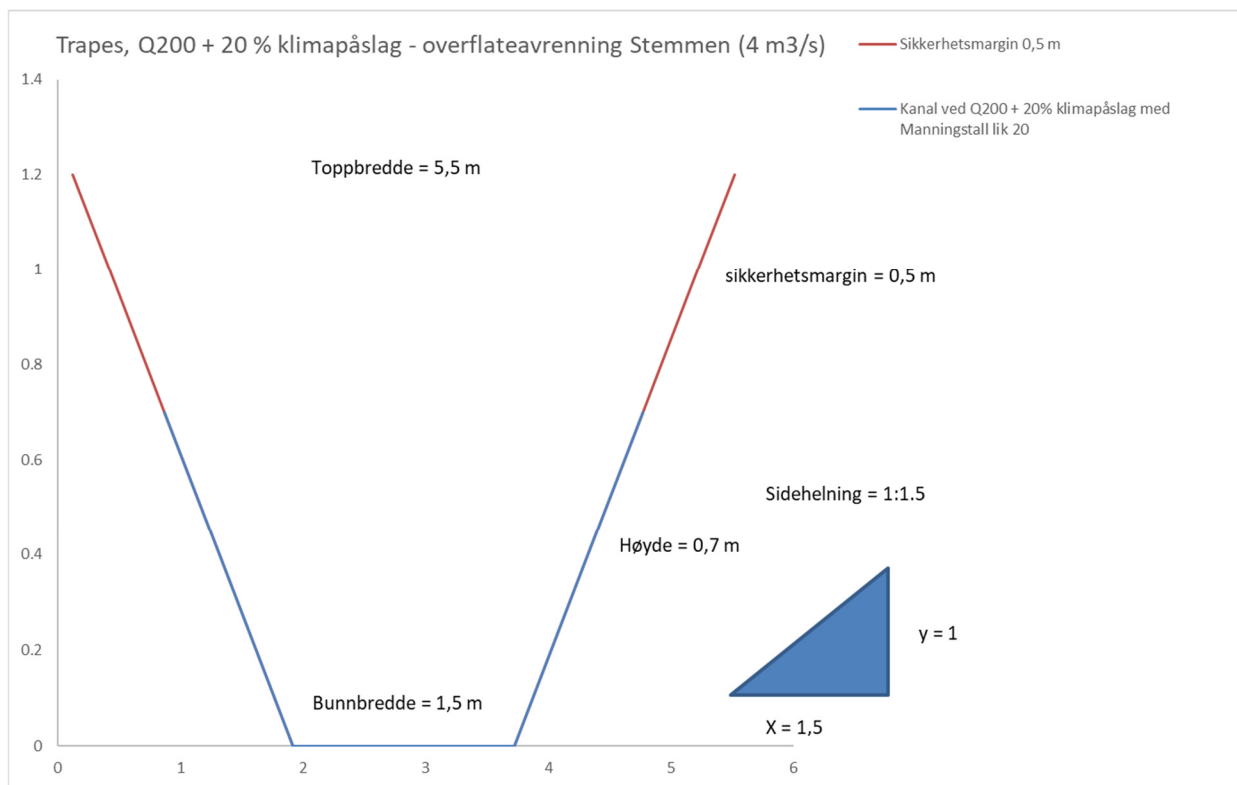
Tiltaksområdene ligger i sentrumsnære park- og turområder, og utforming av tiltakene anbefales derfor gjort i samråd med landskapsarkitekt eller tilsvarende kompetanse.

7 Referanser

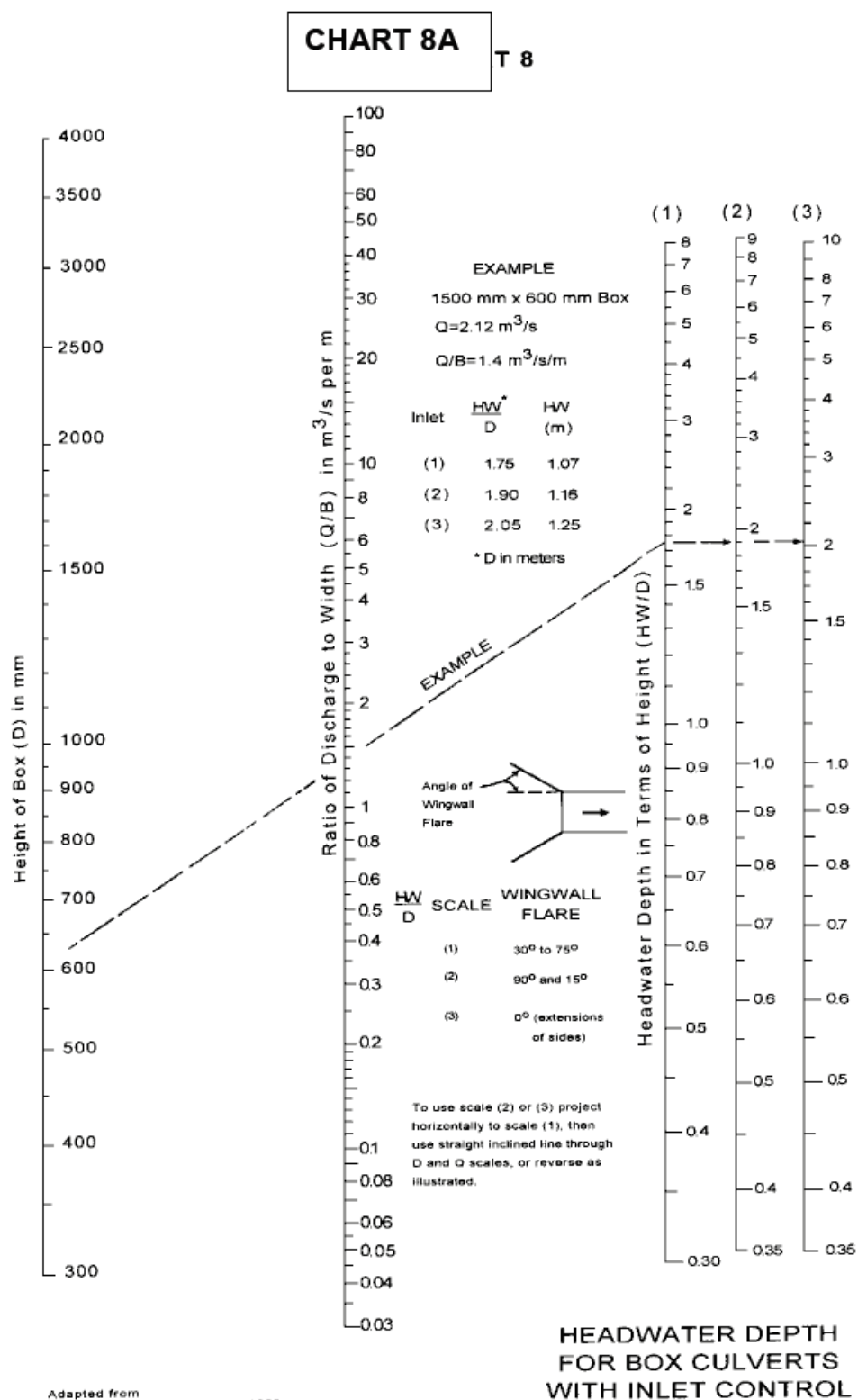
1. Norconsult AS (2016). Flomvurdering Frøylandsbekken – Vannlinjeberegning og flomsonekartlegging.
2. Norconsult AS (2017). Konsekvens av områdeheving Frøyland.
3. Norconsult AS (2016). Flomberegning for Frøylandsdammen
4. Loe Rørprodukter AS. Falsrør – ig – armert produkttabell [http://loe-ror.no/produkter/detalj/ig_falsrr_armert, nedlastet 18.09.2018]
5. Norconsult AS (2003). Dam Frøylandsvatn – Flomberegning.
6. NVE (2016). Klimaendringer og framtidige flommer I Norge. Rapport 81-2016.
7. NVE (2017). Veileder til vannressursloven og NVEs behandling av vassdrags- og grunnvannstiltak.

8 Vedlegg

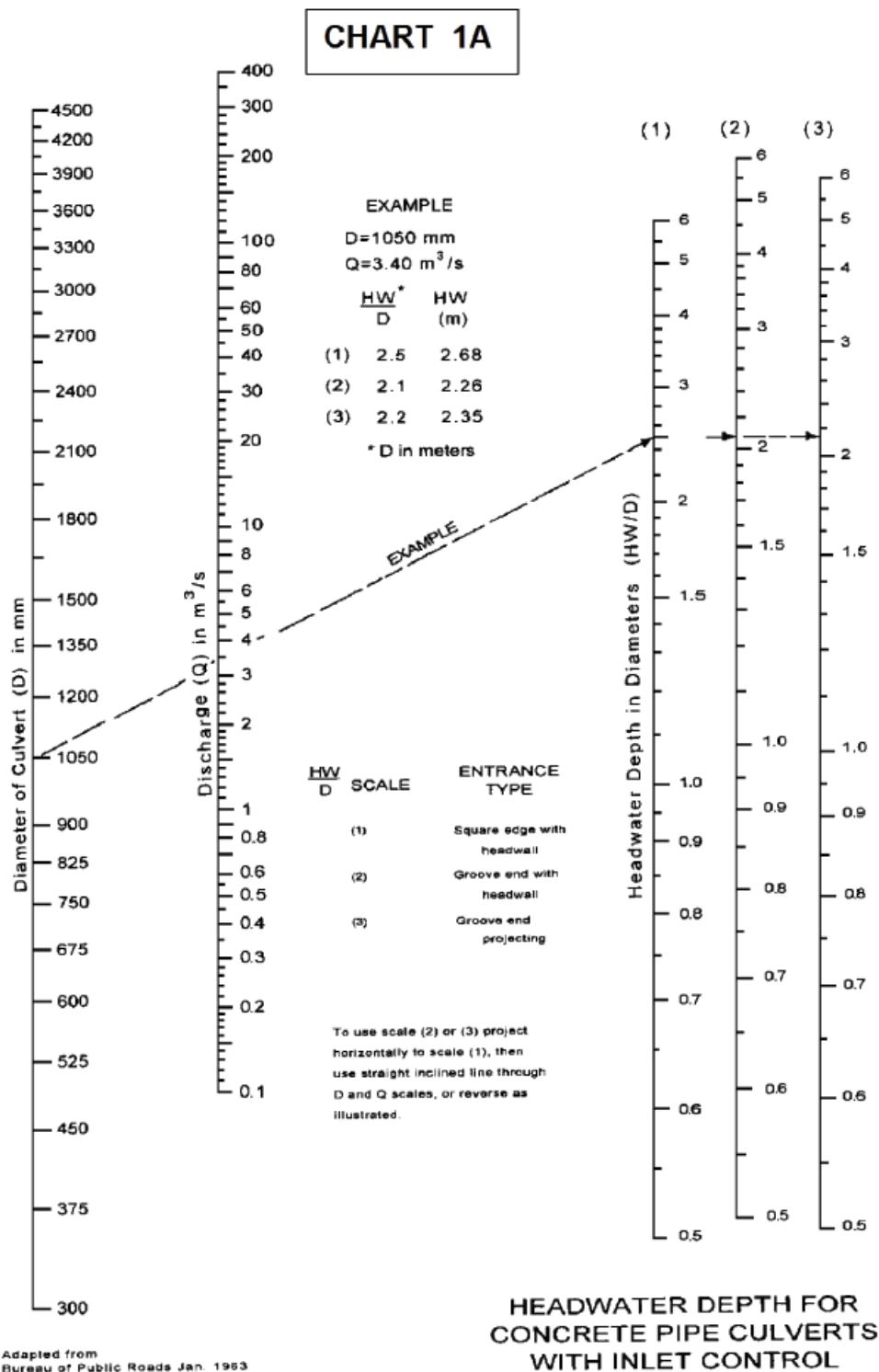
1. Standard profil grøft ved utløp på østsiden av Stemmen.



2. Nomogram

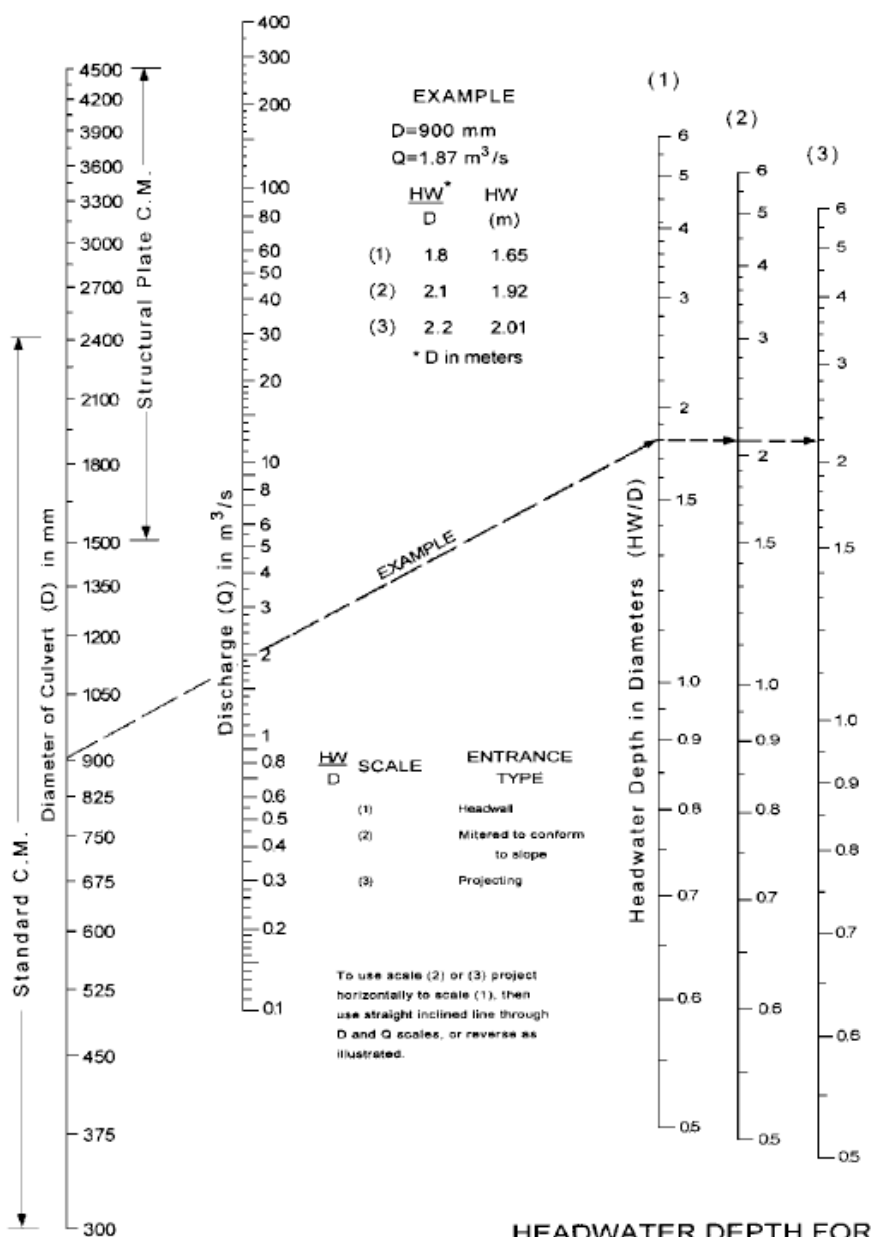


Adapted from
Bureau of Public Roads Jan. 1963



Adapted from
Bureau of Public Roads Jan. 1983

CHART 2A



HEADWATER DEPTH FOR
C.M. PIPE CULVERTS
WITH INLET CONTROL

Adapted from
Bureau of Public Roads Jan. 1963

3. Detaljert prisoverslag

KOSTNADSOVERSLAG -

Frøylandsbekken

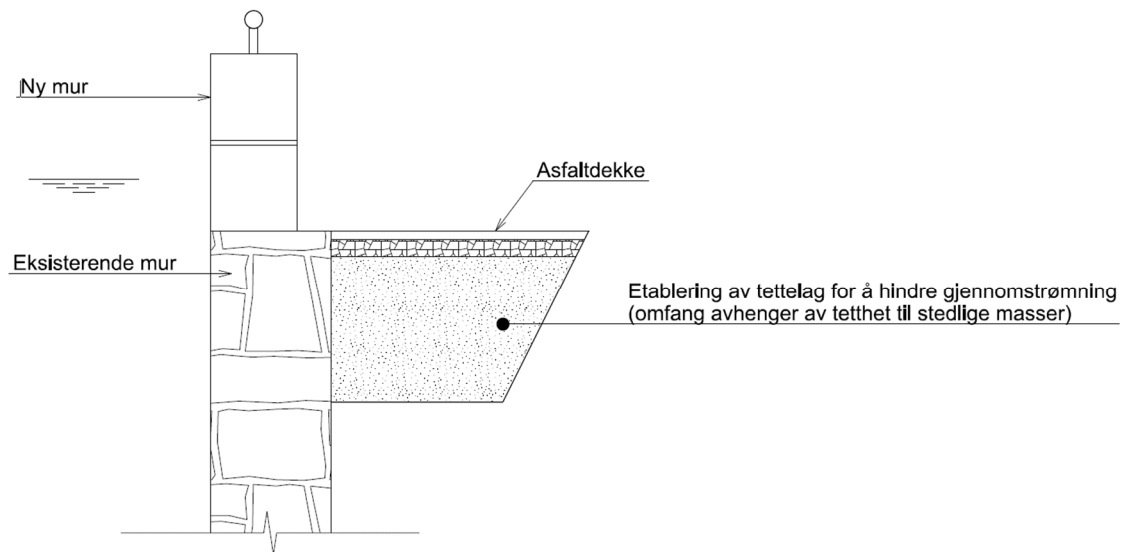
Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen (senkning 0.55 m), inkludert 90 m flomvoll rundt butikk

POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	20 %		823 250	165 000
	Fangdam for tørrlegging av innløp kulvert	1	RS	100 000	100 000
	Forbiledning av vann (rør gjennom fangdam og inntak kulvert), etablering og drift	1	RS	30 000	30 000
2	GRUNNARBEIDER INNLØP				
	Pigging av berg ved innløp med inntil 0,55 m	10	m ³	5 000	50 000
	Rensk	20	m ²	150	3 000
3	FLOMVOLL				
	Frontfylling/fangdam samfengt sprengstein	300	m ³	350	105 000
	Avgraving masser i fundament	200	m ³	120	24 000
	Fiberduk	350	m ²	25	8 750
	Morene	450	m ³	500	225 000
	Grus	150	m ³	450	67 500
	Bakfylling, samfengt sprengstein	400	m ³	350	140 000
	Plastring	200	m ²	1 000	200 000
4	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	15 %		1 118 250	167 738
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	400 000	400 000
SUM					1 700 000

KOSTNADSOVERSLAG - Frøylandsbekken**Utbedring av kulvert ved utløpet til Stemmen (senkning 0.25 m),
inkludert 150 m flomvoll rundt butikk og mur langs vei**

POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	20 %		2 299 500	460 000
	Fangdam for tørrlegging av innløp kulvert	1	RS	80 000	80 000
	Forbiledning av vann (rør gjennom fangdam og inntak kulvert), etablering og drift	1	RS	30 000	30 000
2	GRUNNARBEIDER INNLØP				
	Pigging av berg ved innløp med inntil 0,25 m	6	m ³	5 000	30 000
	Rensk	20	m ²	150	3 000
3	FLOMVOLL				
	Frontfylling/fangdam samfengt sprengstein	300	m ³	350	105 000
	Avgraving masser i fundament	400	m ³	120	48 000
	Fiberduk	700	m ²	25	17 500
	Morene	900	m ³	500	450 000
	Grus	300	m ³	450	135 000
	Bakfylling, samfengt sprengstein	800	m ³	350	280 000
	Plastring	550	m ²	1 000	550 000
4	MUR LANGS VEIBANE				
	Fjerning av rekkverk	100	m	400	40 000
	Fjerning av asfalt inkl. deponering	150	m ²	200	30 000
	Avgraving masser fundament inntil 1 m dybde	150	m ³	250	37 500
	Muring med tilførte blokker	100	m ²	3 000	300 000
	Bolter i blokker	50	stk	900	45 000
	Tettelag av sand (0-4) i bunn bak mur	60	m ³	600	36 000
	Bakfylling mur (pukk) opp til veioppbygging fortau	30	m ³	500	15 000
	Bærelag under asfalt fk 0/32	150	m ²	150	22 500
	Asfaltering fortau inkl. tilpassing til mur	150	m ²	300	45 000
	Fuging på enkelte partier i eksisterende mur	100	m	300	30 000
	Håndlist/rekkverk topp mur	100	m	800	80 000
5	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	15 %		2 869 500	430 425
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	400 000	400 000
SUM					3 700 000

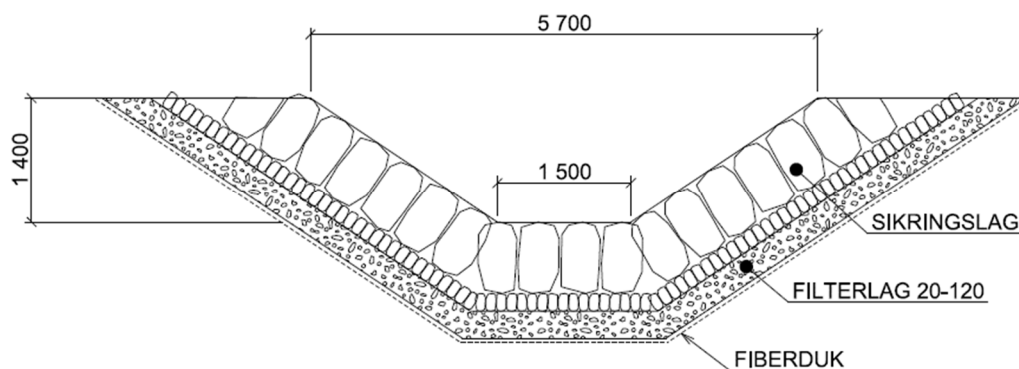
Foreslått konsept heving av mur og etablering av tett sjikt bak i dybde ca. 1 m:



KOSTNADSOVERSLAG - Frøylandsbekken
Bekk i grøntområdet øst for Stemmen

POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	20 %		2 449 500	490 000
2	ÅPEN BEKK				
	Avgraving	1600	m ³	120	192 000
	Fiberduk	1 200	m ²	25	30 000
	Filtersone	350	m ³	450	157 500
	Erosjonssikring	700	m ³	1 000	700 000
	Gangbro over bekk	1	RS	80 000	80 000
	Betongterskel, antatt 1 m høy	1	RS	20 000	20 000
3	SLUK/KULVERT				
	Sluk/inntakskonstruksjon fra åpen bekk til eks kulvert	1	RS	500 000	500 000
4	FLOMVOLL				
	Flomvoll rundt butikk oppstrøms (90 m)	1	RS	770 000	770 000
5	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	20 %		2 939 500	587 900
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	500 000	500 000
SUM					4 000 000

Skjematisk skisse tverrsnitt bekkeløp:

**KOSTNADSOVERSLAG - Frøylandsbekken**
Kulverter under Kaiveien og Bersagelveien

POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	20 %		1 152 000	231 000
2	KULVERT BERSAGELVEGEN				
	Prefabriert bokskulvert 2 x 2,5 m*	64	m	13 000	832 000
	Grøft til rør	64	m	5 000	320 000
3	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	15 %		1 383 000	207 450
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	500 000	500 000
SUM					2 100 000

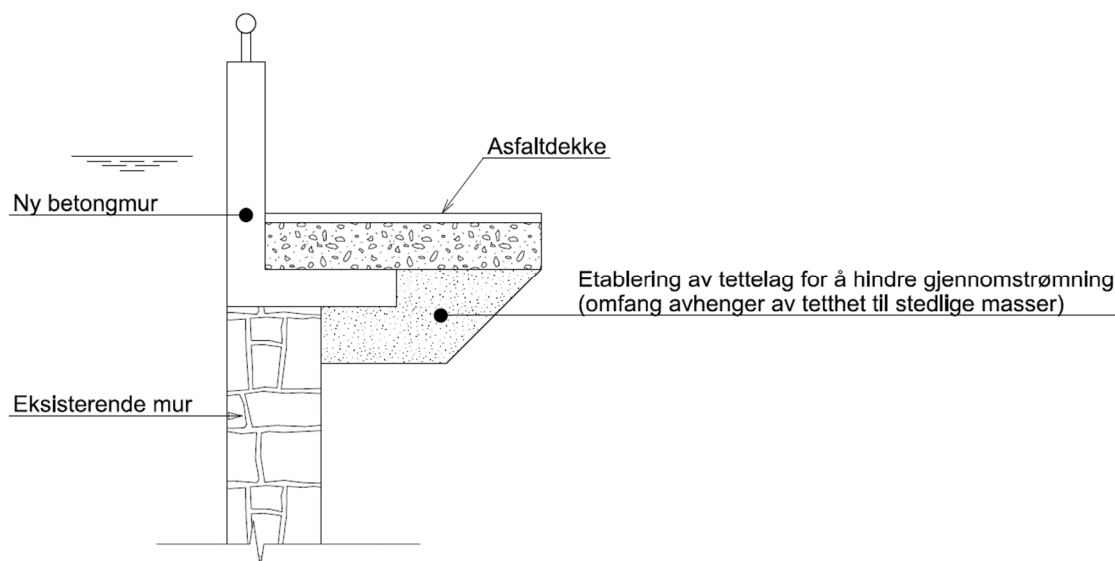
POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	20 %		576 000	116 000
2	KULVERT KAIVEIEN				
	Prefabriert bokskulvert 3 x 2 m*	32	m	13 000	500 000
	Grøft til rør	32	m	5 000	160 000
3	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	15 %		692 000	103 800
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	500 000	500 000
SUM					1 400 000

*Veldig grovt overslag, basert på en pris på ca. 2500 kr per tonn betong

KOSTNADSOVERSLAG - Frøylandsbekken**Bygging av mur langs parkeringsplassen til Bryggen Senter**

POST	BESKRIVELSE	MENGDE	ENHET	PRIS	SUM
1	RIGG OG DRIFT				
	Rigg	15 %		1 496 000	225 000
2	MUR LANGS BEKK				
	Fjerning av rekkverk	140	m	400	56 000
	Fjerning av asfalt inkl. deponering	220	m ²	200	44 000
	Avgraving masser fundament inntil 1 m dybde	250	m ³	250	62 500
	Forskaling	420	m ²	1 500	630 000
	Armering	10 000	kg	20	200 000
	Betong	65	m ³	2 500	162 500
	Tettelag av sand i bunn bak mur	100	m ³	600	60 000
	Bakfylling mur (pukk) opp til veioppbygging fortau	80	m ³	500	40 000
	Bærelag under asfalt fk 0/32	220	m ²	150	33 000
	Asfaltering fortau inkl. tilpassing til mur	220	m ²	300	66 000
	Fuging på enkelte partier i eksisterende mur	100	m	300	30 000
	Håndlist/rekkverk topp mur	140	m	800	112 000
3	BYGGHERREKOSTNADER				
	Uspes. og uforutsett	15 %		1 721 000	258 150
	Prosjektering, byggeledelse og byggherreadministrasjon	1	RS	200 000	200 000
SUM					2 200 000

Foreslått konsept betongmur:



KOSTNADSOVERSLAG - Frøylandsdammen

Nedlegging, opprinnelig utforming (ved overløp på kote 43,2 moh.)

Post	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enh.pris kr	Pris kr	Delsummer
1	RIGG OG DRIFT					638 242
1.1	Rigging og drift av byggeplass, 35 % av byggetekniske arbeider	35	%			488 242
1.2	Vannhåndtering	RS			150 000	150 000
2	BYGGETEKNISKE ARBEIDER					1 394 976
2.2	Rivingsarbeider					300 000
	Riving av betongkonstruksjoner tilhørende eks. dam og flomløp		RS		200 000	
	Riving av lukehus inkl. luke og annent faststøpt utstyr samt gjerde		RS		100 000	
2.3	Grunnarbeider					370 480
	Rensk av bergovreflater (bunn-, kil- og spylrensk)	60	m2	430	25 800	
	Masseflytting (fjerning og utlegging av eksisterende masser)	250	m3	200	50 000	
	Utlekking av løsmasser i lag (Eksterne masser)	700	m3	300	210 000	
	Utlekking av løsmasser i grøft (Oppfylling av eks. kanal)	130	m3	200	26 000	
	Plastring	20	m2	750	15 000	
	Grasdekke	500	m2	20	10 000	
	Uspesifisert 10 % av grunnarbeider	10	%		33 680	
2.5	Betongarbeider					396 000
	- Forskaling	100	m2	1 500	150 000	
	- Armering	3	tonn	20 000	60 000	
	- Plasstøpt betong	60	m3	2 500	150 000	
	Uspesifisert 10 % av betongarbeider				36 000	
2.7	Diverse arbeider					96 000
	Gjerde	120	m	800	96 000	
2.8	Uforutsett antatt, 20 % av byggetekniske arbeider					232 496
3	BYGGHERREKOSTNADER					453 322
3.1	Prosjektering		RS		250 000	250 000
3.2	Byggeledelse og byggherreadministrasjon 10% av byggekostnader	10	%		203 322	203 322
	SUM ARBEIDER (Post 1.1 - 3.2), ekskl. renter og MVA					2 486 539

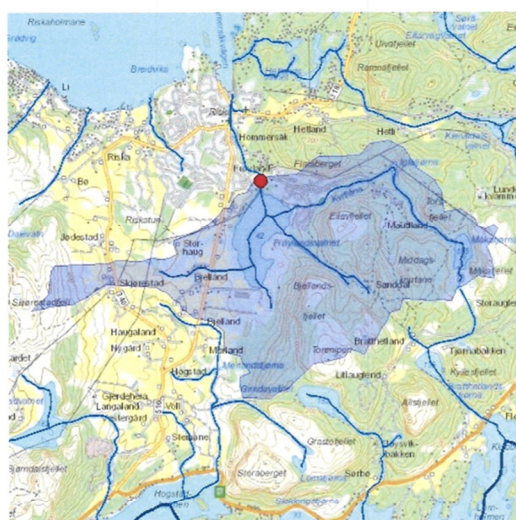
KOSTNADSOVERSLAG – Frøylandsdammen

Nedlegging av dam, justert løsning (ved overløp på kote 42,9 moh.)

Post	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enh.pris kr	Pris kr	Delsummer
1	RIGG OG DRIFT					758 992
1.1	Rigging og drift av byggeplass, 35 % av byggetekniske arbeider	35	%			608 992
1.2	Vannhåndtering	RS			150 000	150 000
2	BYGGETEKNISKE ARBEIDER					1 739 976
2.2	Rivingsarbeider					300 000
	Riving av betongkonstruksjoner tilhørende eks. dam og flomløp		RS		200 000	
	Riving av lukehus inkl. luke og annent faststøpt utstyr samt gjerde		RS		100 000	
2.3	Grunnarbeider					419 980
	Rensk av bergovreflater (bunn-, kil- og spylrensk)	60	m2	430	25 800	
	Masseflytting (fjerning og utlegging av eksisterende masser)	250	m3	200	50 000	
	Utlegging av løsmasser i lag (Eksterne masser)	750	m3	300	225 000	
	Utlegging av sand/grus (Eksterne masser)	150	m3	300	45 000	
	Utlegging av løsmasser i grøft (Oppfylling av eks. kanal)	130	m3	200	26 000	
	Grasdekke	500	m2	20	10 000	
	Uspesifisert 10 % av grunnarbeider	10	%		38 180	
2.5	Betongarbeider					550 000
	- Forskaling	120	m2	1 500	180 000	
	- Armering	6	tonn	20 000	120 000	
	- Plastøpt betong	80	m3	2 500	200 000	
	Uspesifisert 10 % av betongarbeider				50 000	
2.7	Diverse arbeider					180 000
	Gjerde	120	m	1 500	180 000	
2.8	Uforutsett antatt, 20 % av byggetekniske arbeider					289 996
3	BYGGHERREKOSTNADER					499 897
3.1	Prosjektering		RS		250 000	250 000
3.2	Byggeledelse og byggherreadministrasjon 10% av byggekostnader	10	%		249 897	249 897
	SUM ARBEIDER (Post 1.1 - 3.2), ekskl. renter og MVA					2 998 864

4. Lavvannskart

Utløp Frøylandsvannet:



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 029.21
Kommune: Sandnes
Fylke: Rogaland
Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	8.3 km ²
Effektivt sjø (S_{eff})	6.0 %
Elvelengde (E_L)	4.3 km
Elvegradient (E_G)	33.7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	44.9 m/km
Feltlengde (F_L)	3.2 km
H_{min}	42 moh.
H_{10}	51 moh.
H_{20}	64 moh.
H_{30}	79 moh.
H_{40}	103 moh.
H_{50}	139 moh.
H_{60}	171 moh.
H_{70}	194 moh.
H_{80}	217 moh.
H_{90}	244 moh.
H_{max}	333 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	10.0 %
Myr	0.6 %
Sjø	7.1 %
Skog	56.2 %
Snau fjell	10.2 %
Urban	3.1 %

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	36.5 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	1.0 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	1.3 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	0.6 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	4.1 l/s/km ²
Base flow	13.9 l/s/km ²
BFI	0.4

Klima

Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1568 mm
Sommernedbør	613 mm
Vinternedbør	955 mm
Årstemperatur	6.8 °C
Sommertemperatur	11.9 °C
Vintertemperatur	3.3 °C
Temperatur Juli	13.3 °C
Temperatur August	13.6 °C

Denne regionen gir generelt gode estimater av lavvannsindeksene. Indekser som ikke er beregnet skyldes manglende parameter(e).

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Utløp Stemmen:



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 029.21
Kommune: Sandnes
Fylke: Rogaland
Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	9.0 km ²
Effektivt sjø (S_{eff})	5.2 %
Elvelengde (E_L)	5.1 km
Elvegradient (E_G)	33.7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	43.3 m/km
Feltlengde (F_L)	3.8 km
H_{min}	12 moh.
H_{10}	42 moh.
H_{20}	58 moh.
H_{30}	70 moh.
H_{40}	90 moh.
H_{50}	125 moh.
H_{60}	161 moh.
H_{70}	187 moh.
H_{80}	213 moh.
H_{90}	242 moh.
H_{max}	307 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	9.4 %
Myr	0.6 %
Sjø	6.7 %
Skog	55.2 %
Snau fjell	9.3 %
Urban	6.9 %

1) Verdien er editert

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	36.6 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	1.1 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	1.3 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0.6 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	4.0 l/(s*km ²)
Base flow	13.9 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima

Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1564 mm
Sommernedbør	612 mm
Vinternedbør	952 mm
Årstemperatur	6.9 °C
Sommertemperatur	11.9 °C
Vintertemperatur	3.3 °C
Temperatur Juli	13.4 °C
Temperatur August	13.6 °C

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.