

Oppdragsgiver: **Bjorli Utvikling**

Oppdragsnr.: **5203602** Dokumentnr.: **OV_1-B02**

Til: Bjorli Utvikling

Fra: Tonje Grini

Dato: 2021-04-11

► Vannlinjeberegning og dimensjonering av kanal ved Bjorlivegen

1 Innledning

I forbindelse med ny reguleringsplan for Bjorli i Lesja kommune er det gjort vannlinjeberegninger for å dimensjonere en ny kanal for 200-årsflom med 40% klimapåslag langs ny og eksisterende bebyggelse (vist i Figur 1). Fem bekker (B-F) drenerer til kanalen og skal ledes via denne til utløp i myrområde vest for Bjorlivegen. Oppstuvning i myrområdet ved flom i Bøvri og Rauma er hensyntatt i dimensjoneringen.



Figur 1: Oversiktskart som viser Bjorli sentrum og kanalen som skal dimensjoneres for 200-årsflom+klimapåslag. Pilene angir bekker som ledes til kanalen.

Innhold

1	Innledning	1
2	Mål og begrensninger	2
3	Grensebetingelser for dimensjonering av kanalen	3
3.1	Vannføring i kanalen ved $Q_{200+40\%}$ (oppstrøms grensebetingelse)	3
3.2	Beregning av vannstand i myrområdet ved utløpet av kanalen (nedstrøms grensebetingelse)	4
3.2.1	Innledning	4
3.2.2	Vannstandsberging for Rauma ved dimensjonerende flom	6
3.2.3	Beregning av vannstand i myrområdet	7
4	Dimensjonering av kanalen	9
4.1	Forutsetninger for dimensjoneringen	9
4.2	Metode for dimensjonering av kanalen	9
4.3	Resultat av dimensjonering av kanal	10
5	Erosjonssikring av kanalen	13
6	Øvrige tiltak for bekker med utløp i planområdet	14
6.1	Tiltak i bekk B og C	14
6.2	Tiltak i bekkeløp D og E	15
6.3	Vurdering av sårbarhet og tiltak for bekk F	16
7	Tiltak for å senke vannstanden i myrområdet	17
8	Drift og vedlikehold av kanalen	18

2 Mål og begrensninger

Bakgrunnen for å anlegge kanalen er å sikre ny og eksisterende bebyggelse og infrastruktur mot dimensjonerende flom iht. TEK17. Hensikten med notatet er å dokumentere beregninger og vurderinger som er lagt til grunn for dimensjonering av kanalen.

I dette notatet er det lagt til grunn foreløpige beregnede vannføringer i hvert vassdrag. Verdiene kan avvike noe fra de eksakte verdiene som er beregnet og vist til i annet notat (Norconsult, 2021). Grensebetingelsene som legges til grunn som dimensjonerende for kanalens største nødvendige kapasitet er likevel tilstrekkelig

kvalitetssikret. Ved vurdering av tiltak i de respektive bekkeløp bør eksakte beregnede vannføringer legges til grunn.

Resultatene av vannlinjeberegningene som presenteres gjelder bare for kanalen. Flomsoner oppstrøms og nedstrøms kanalen er ikke tilstrekkelig utredet. Til dette bør det gjøres mer detaljert kartlegging av terreng, stikkrenner og evt. vannstander i nærliggende vassdrag.

3 Grensebetingelser for dimensjonering av kanalen

I forbindelse med dimensjonering av kanalen er det behov for å definere to grensebetingelser. Disse er:

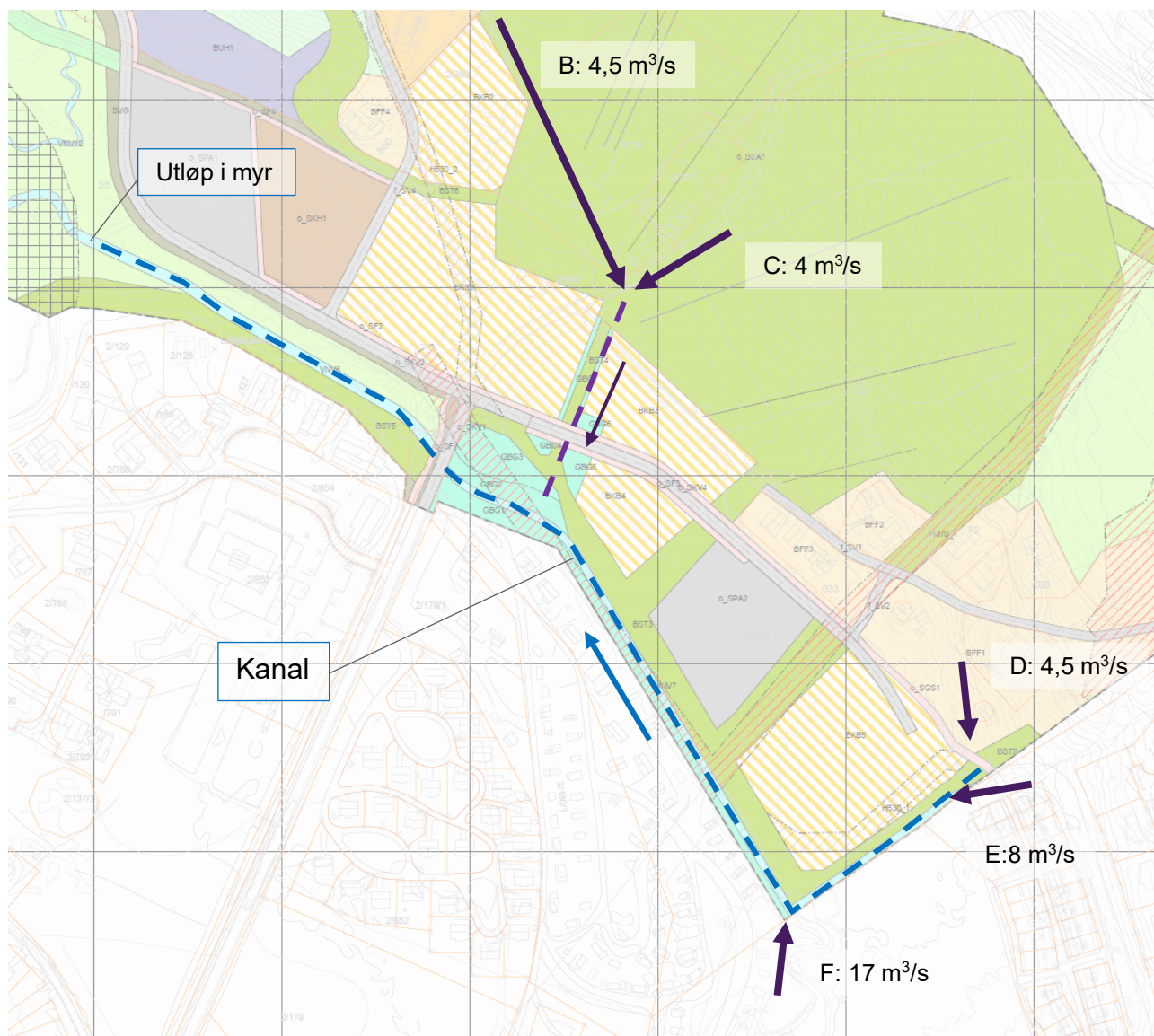
- Oppstrøms grensebetingelse:
 - Vannføring i kanalen ved 200-årsflom med 40% klimapåslag ($Q_{200+40\%}$)
- Nedstrøms grensebetingelse:
 - Vannstand i myrområdet som kanalen har utløp til ved dimensjonerende flomhendelse

3.1 Vannføring i kanalen ved $Q_{200+40\%}$ (oppstrøms grensebetingelse)

Det er gjort flomberegninger for hver bekk som drenerer til kanalen (notat utarbeidet av Norconsult, 2021). Figur 2 viser de foreløpige beregnede vannføringer i hver bekk ved $Q_{200+40\%}$, som er lagt til grunn for dimensjonering av kanalen (jf. kap. 2).

Ved summering av flomtopper i bekkene får vi ca. 38 m³/s. Under antagelsen om at ikke alle bekkenes flomtopper opptrer samtidig, legges det til grunn en dimensjonerende vannføring på 30 m³/s i den nedre delen av kanalen (fra innløp av bekk F til utløp i myrområdet). Flomvannføring i bekk D og E legges til grunn for dimensjonering i oppstrøms ende av kanalen.

Bekk B og C ledes til kanalen via et blågrønt drag over bebyggelsesområdet.



Figur 2: Vannføring ved 200-årsflom med 40% klimapåslag for bekker som drenerer til kanalen (plassering av kanalen kan fravike fra endelig plassering). Plankartet er foreløpig.

3.2 Beregning av vannstand i myrområdet ved utløpet av kanalen (nedstrøms grensebetingelse)

3.2.1 Innledning

For å dimensjonere kanalen må vi vite vannstanden ved utløpet av kanalen i myrområdet vest for Bjorlivegen. Vannstanden her kan bli påvirket både av vannstanden i Rauma under flom, og kapasiteten til elveløpet mellom myrområdet og Rauma.

I myrområdet vest for Bjorlivegen har to større bekker/elver utløp; Bøvre og bekken som kommer ned via bl.a. Bjorlihaugen (merket A i Figur 3). Flomvannføring for disse ved 200-årsflom med klimapåslag er vist i Figur 3.

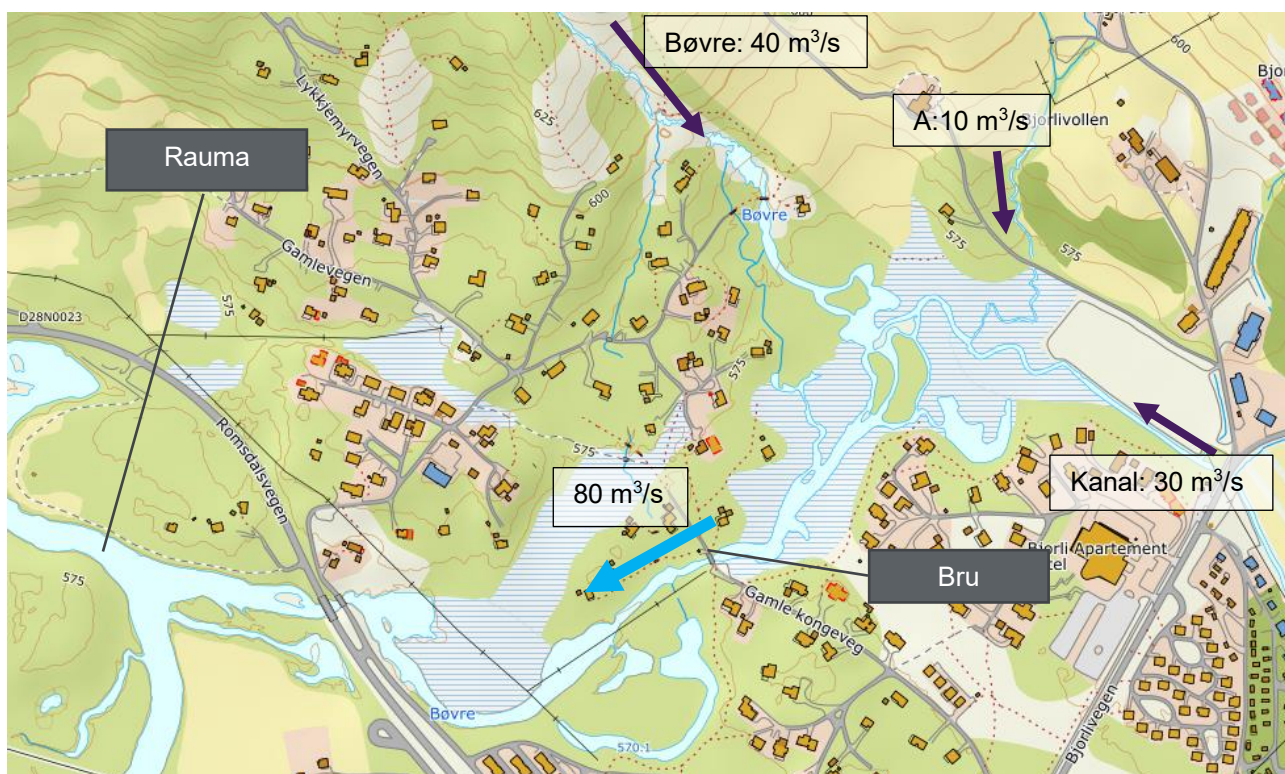
Summert bidrar alle bekker og kanalen med ca. 80 m³/s ved Q_{200+40%} som drenerer til myrområdet. Selv om det er lite sannsynlig at det oppstår 200-årsflom i alle vassdragene samtidig, legges dette til grunn for å beregne vannstanden ved utløpet av kanalen. Vi er dermed på den sikre siden.

Vannet som drenerer til myrområdet vil drenere videre til Rauma, som en videreføring av Bøvre. På veien renner elva bl.a. under en bru på Gamle kongeveg (vist på Figur 3).

Mellom brua og utløpet i Rauma er det en høydeforskjell på kun ca. 1-2 meter over en strekning på ca. 700 meter. Myrområdet oppstrøms brua er tilnærmet flatt. Både oppstuvning ved flom i Rauma og utforming av brua med sideområder kan påvirke vannstanden ved utløpet av kanalen.

Det er gjort vannlinjeberegninger i to steg for å vurdere påvirkningen fra Rauma og brua på vannstanden i myrområdet:

1. Først er det gjort beregninger av vannstanden i Rauma ved dimensjonerende flom.
2. Vannstanden i Rauma er så benyttet til å beregne vannstand i myrområdet for å vurdere om det er Rauma eller brua, evt. begge, som begrenser kapasitet i utløpet fra myra.



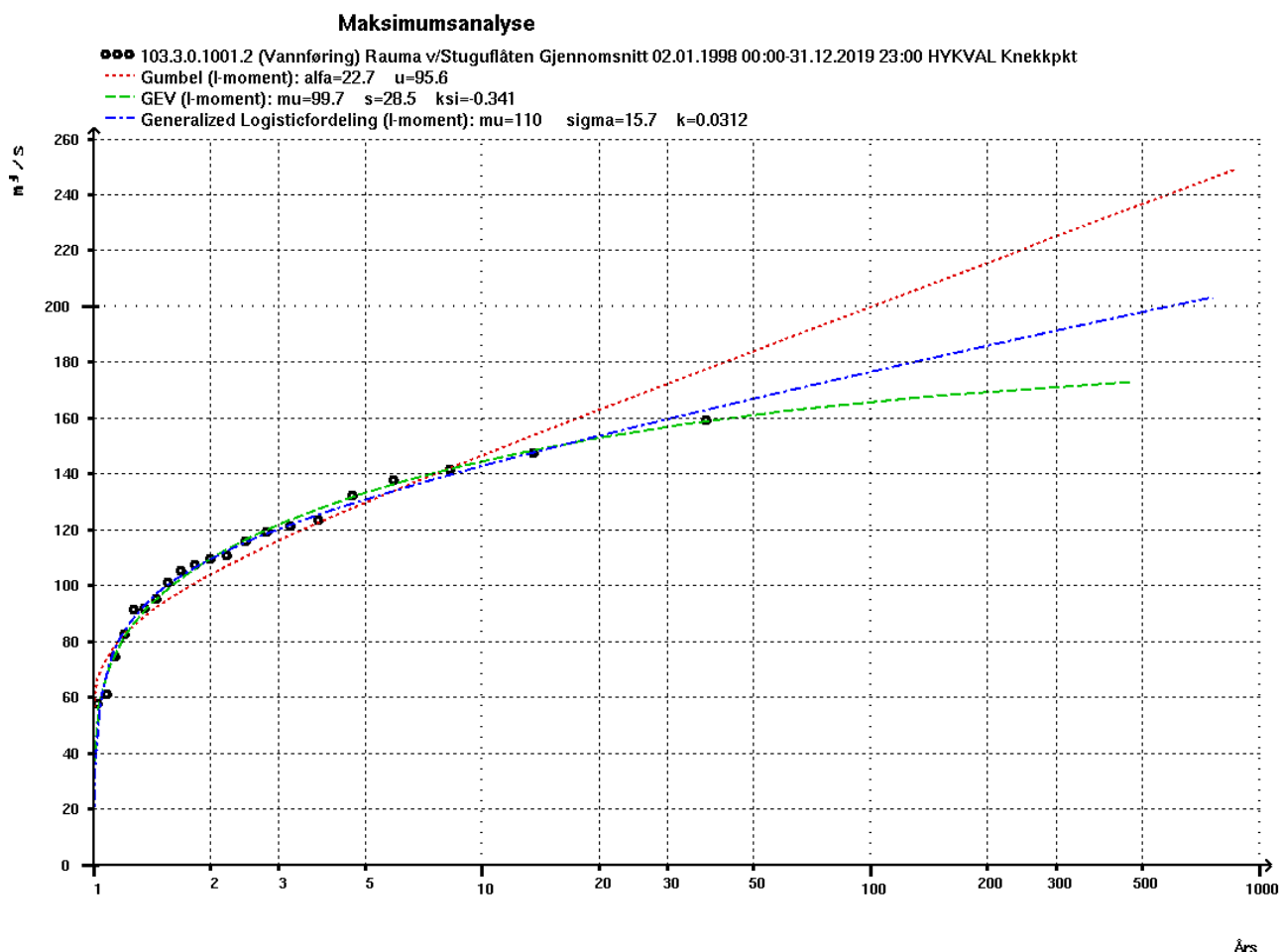
Figur 3: Bekker med utløp i myrområdet vest for Bjorlivegen med vannføring ved 200-års flom +40%. Vannet drenerer videre herfra til Rauma.

3.2.2 Vannstandsberging for Rauma ved dimensjonerende flom

Det er benyttet 2D-beregning med HEC-RAS for å beregne vannstanden i Rauma. I HEC-RAS-modellen ble Mannings tall «n» for elveløpet og myrområdet satt til hhv. 0,03 og 0,04, mens for sideområder med vegetasjon og skog er «n» satt til 0,06.

Selv om 200-årsflom er dimensjonerende flomhendelse for kanal og utbygging er det vurdert at det ikke vil opptre 200-årsflom både i sidebekker og i Rauma samtidig, da nedbørsfeltene for disse har ulik karakter både mhp. utstrekning, avrenningshastighet og lokasjon. Det legges i stedet til grunn en vannføring tilsvarende ca. 50-årsflom i Rauma i kombinasjon med $Q_{200+40\%}$ fra sidebekker.

En flomfrekvensanalyse for målestasjonen på Stuguflåten (ca. 3 km nedstrøms Bjorli) viser at 50-års kulminasjonsflom tilsvarende ca. 160 m³/s (Figur 4, med metode GEV). Ettersom Bøvre bidrar til vannføring i Rauma ved målestasjon Stuguflåten, er et antatt bidrag på ca. 40 m³/s trukket fra for å estimere vannføringen oppstrøms samløpet med Bøvre. Dette gir en estimert 50-årsflom på 120 m³/s som legges inn i 2D-beregningen.



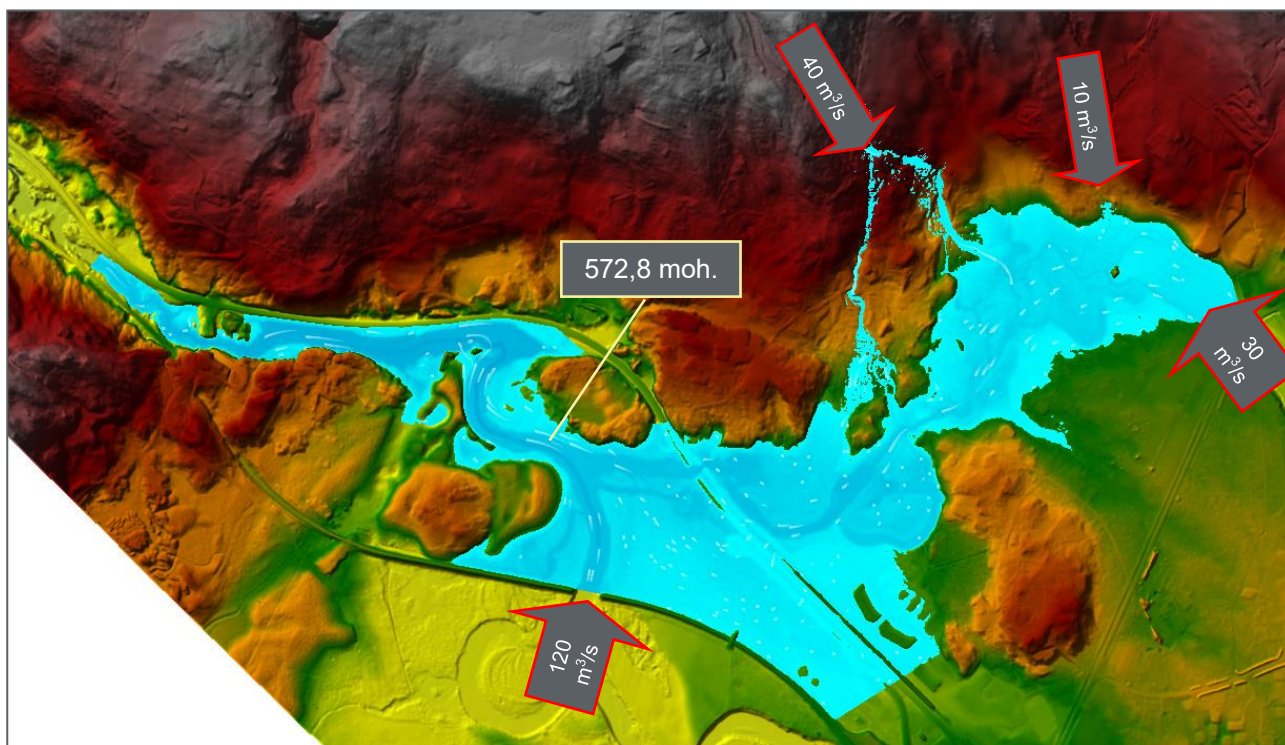
Figur 4: Flomfrekvensanalyse for målestasjonen ved Stuguflåten.

Vi hadde ikke flomvannstander i Rauma, og kunne derfor ikke kalibrere modellen. Beregningene gav vesentlig høyere vannstand i Rauma enn det som er sannsynlig. F.eks. viste modellen store oversvømte områder ved middelflom, men dette er områder som sjelden eller aldri blir oversvømt.

Feilkilden er sannsynligvis knyttet til kartgrunnlaget fra laserdata som ikke gir bunnivået. Uten vannstandsmålinger og bedre terrenggrunnlag har det ikke vært mulig å kalibrere beregningsmodellen

I de videre beregningene bruker vi vannstanden vi beregnet i Rauma, selv om den er for høy. Dette er en antagelse på den sikre siden, men betyr også at flomsonene som er vist under er for store.

Resultatet av vannlinjeberegningen med 200-årsflom + 40% klimapåslag i sidebekker og 50-årsflom i Rauma er vist i Figur 5. Resulterende vannstand i samløpet mellom Bøvre og Rauma er beregnet til 572,8 moh.



Figur 5: Vannlinjeberegning for å bestemme vannstand i Rauma ved samløpet med Bøvre.

3.2.3 Beregning av vannstand i myrområdet

For beregning av vannstand i myrområdet er vannstanden i Rauma benyttet som nedre grensebetingelse. Øvre grensebetingelser (dvs. vannføringer i Rauma og sidebekker) er de samme som vist i Figur 5. Brua på Gamle Kongeveg er inkludert i simuleringen, representert som en kulvert med lysåpning med bredde 6,5 m og høyde 1,5 m. Det er gjort to beregninger med to ulike vannstander i Rauma som nedre grensebetingelse:

Betingelse 1: 572,8 moh. som ble funnet i beregninger i kap. 3.2.2

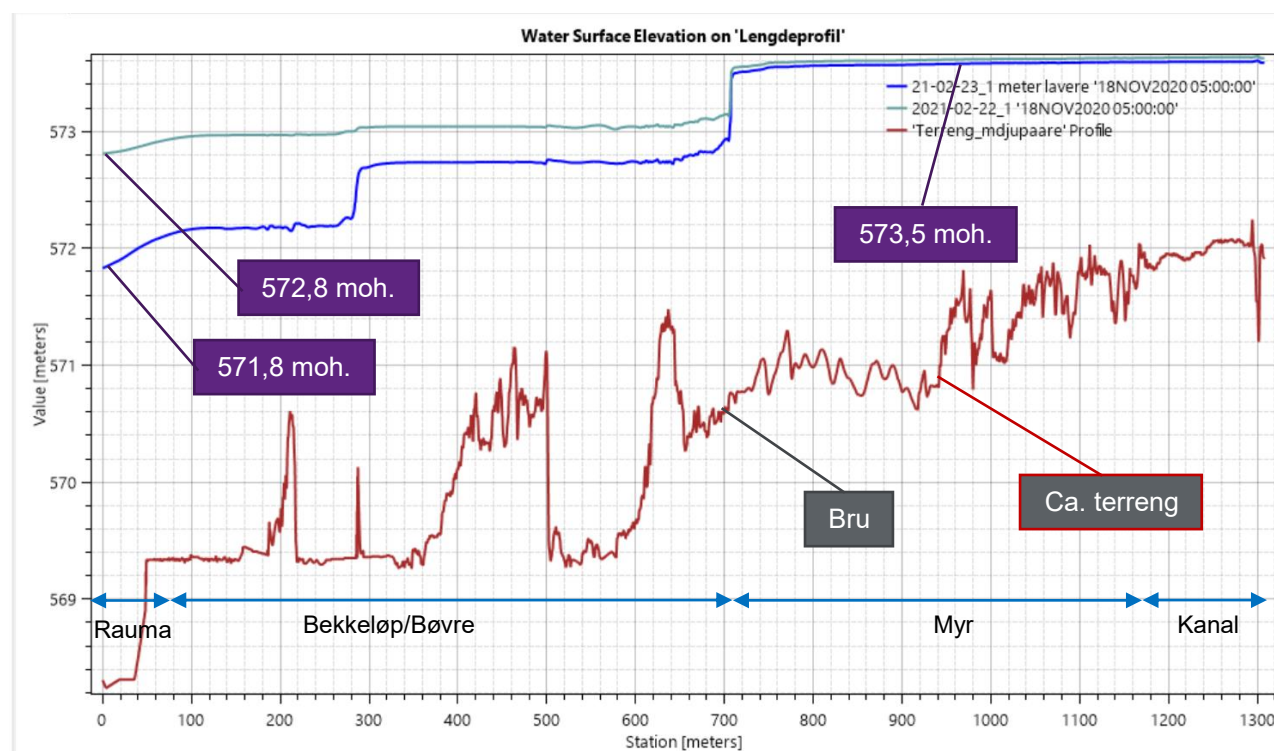
Betingelse 2: 571,8 moh. (dvs. 1 meter lavere)

Hensikten med å kjøre en simulering også for 1 meter lavere vannstand i Rauma er å se om det er brua eller Rauma som har størst effekt på kapasitet ved utløp fra myrområdet.

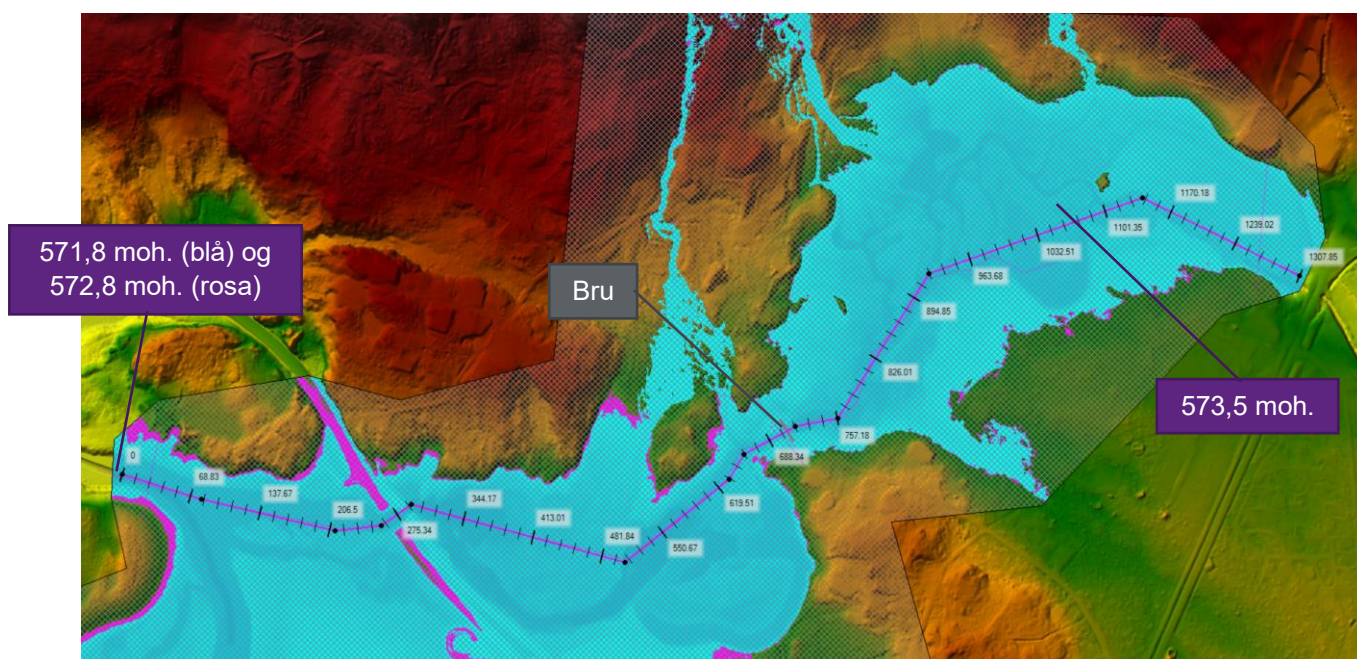
Figur 6 viser resultatet av simuleringene som et lengdeprofil (vannlinje) med vannstander fra Rauma til kanalen. Figur 7 viser tilsvarende utbredelse av flommene (rosa = betingelse 1, blå = betingelse 2). Vannstanden i myrområdet blir ca. 573,5 moh. i begge simuleringer. Fra oppstrøms til nedstrøms brua får vi en forskjell i vannstand på hhv. 20 og 30 cm for de to simuleringene.

Resultatene viser at kapasiteten ved brua er mest avgjørende for vannstander i myrområdet.

Ut fra dette settes nedre grensebetingelse for utløpet av kanalen til vannstand på 573,5 moh. i en 200-årsflom med 40% klimapåslag.



Figur 6: Lengdeprofil for vannstander fra Rauma til utløp av kanalen.



Figur 7: Resultat av to flomsimuleringen ved to ulike grensebetingelser i Rauma. Rosa farge viser flomsone for vannstand lik 572,8 moh. i Rauma, mens blått viser flomsone for vannstand lik 571,8 moh. i Rauma. Vannstanden i myrområdet blir tilnærmet lik i begge simuleringer.

4 Dimensjonering av kanalen

4.1 Forutsetninger for dimensjoneringen

Som tidligere beskrevet og beregnet skal kanalen dimensjoneres for en maksimal kapasitet på 30 m³/s og en vannstand ved utløpet på ca. 573,5 moh. I oppstrøms ende av kanalen dimensjoneres tverrprofilet etter flomvannføringer i bekk D og E.

Det forutsettes at kote for bunn av kanal opprettholdes omtrent som i dagens situasjon (± 20 cm). Det forutsettes også at området nord-øst for kanalen fylles opp til min. flomvannstand og at det kan etableres en voll for flomsikring av campingplassen og bebyggelse langs vestsiden av kanalen.

Det er ønskelig å etablere en skitrase/gangveg langs østre siden av kanalløpet oppstrøms Bjorlivegen, og på begge siden av kanalløpet nedstrøms Bjorlivegen. Skitraseen/gangvegen tillates oversvømt ved middelflom+40% klimapåslag ($Q_{M+40\%}$) og vil derfor være en del av flomløpet til kanalen også ved større flommer. Vannføring ved middelflom er funnet ved overslagsberegning med bruk av en flomfrekvensfaktor $Q_M/Q_{200} = 2,75$. Denne er basert på flomindeksrapporter generert i NEVINA for flere bekker i området.

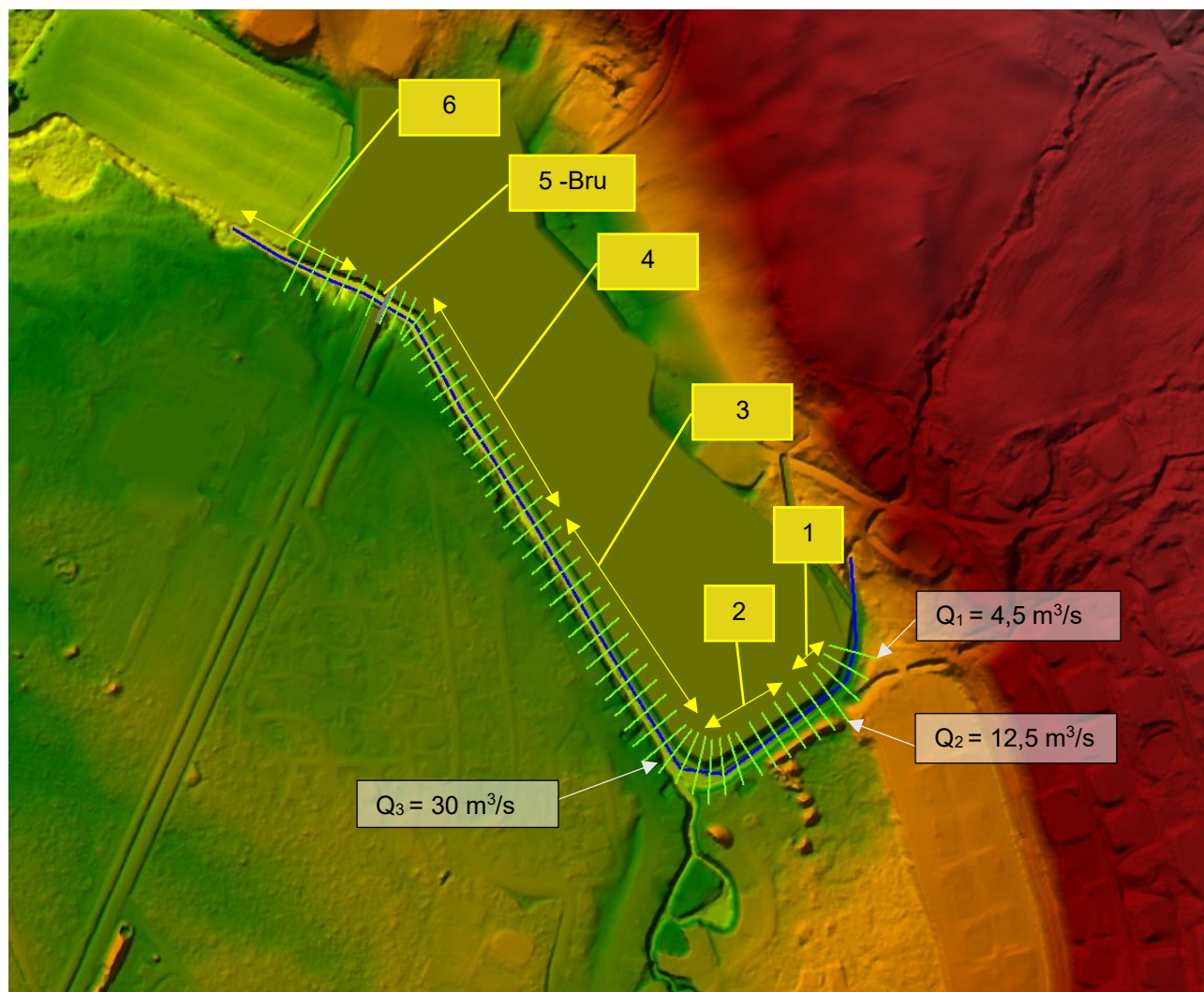
Det er gjort beregninger for både $Q_{M+40\%}$ og $Q_{200+40\%}$, men det er $Q_{200+40\%}$ som er dimensjonerende for kapasitet.

4.2 Metode for dimensjonering av kanalen

Det er benyttet 1D-beregning med HEC-RAS for å beregne kapasitet i kanalen ved forskjellige utforminger. Vannføringene som er lagt til grunn for dimensjonering er vist i Figur 8. Terrenggrunnlaget er grovt justert til en tenkt framtidig situasjon, med oppfylling av terreng for ny bebyggelse på jordet langs nordsiden av kanalen og grov angivelse av trase for ny kanal.

Kanalen kan inndeles i seks delstrekninger basert på bl.a. vannføring og fallforhold. Det henvises til disse i resultatene.

Kanalløpet nedstrøms Bjørlivegen vil trolig bli noe forlenget i forhold til det som framgår av modellen vist i Figur 8. Vannstanden som vil oppstå her er imidlertid gitt av nedstrøms grensebetingelse, og kanalløpets utforming vil måtte tilpasses endelig løsning for terrengarrondering.



Figur 8: Terrenggrunnlag og 1D-modell av kanal med tverrprofiler som justeres til ønsket utforming og nødvendig dimensjon. Kanalen er delt inn i seks delstrekninger. Vannføringene som er lagt til grunn for dimensjonering vises ved respektive tverrprofiler og gjelder ned til neste endring i vannføring.

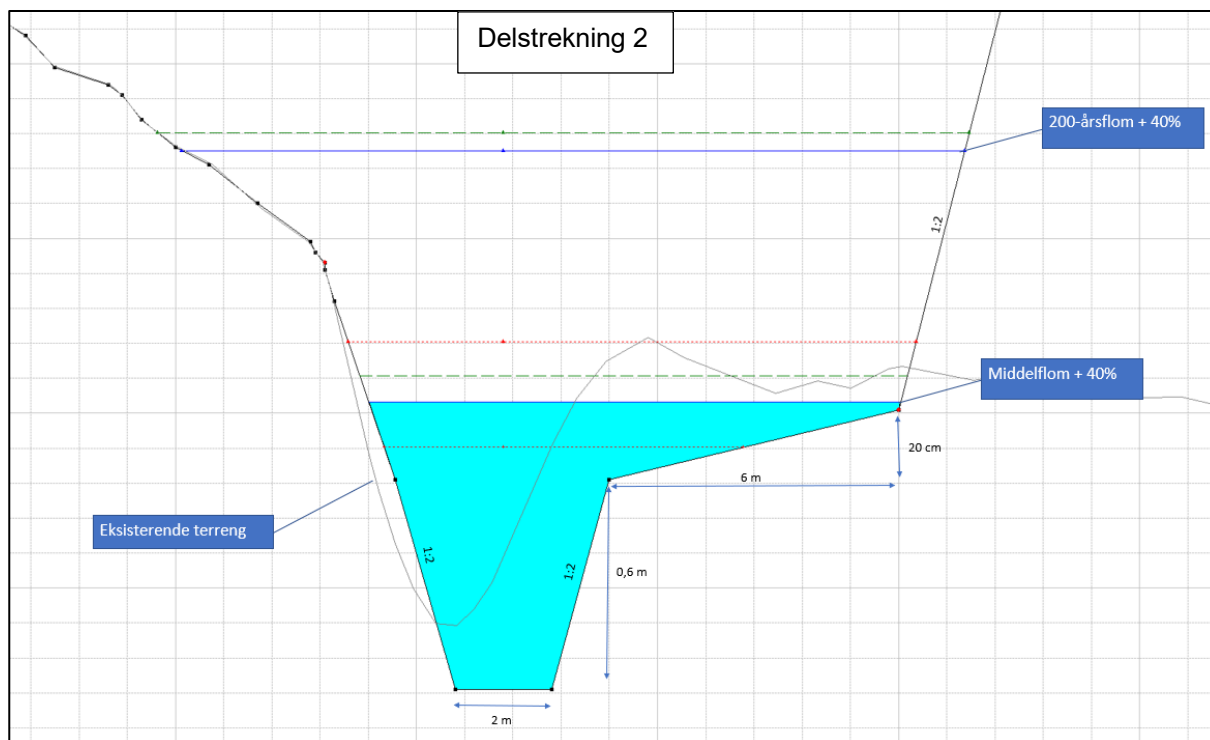
4.3 Resultat av dimensjonering av kanal

Tabell 1 viser noen resulterende data for de seks delstrekningene ved $Q_{200+40\%}$. Dette legges til grunn for videre prosjektering av kanalløpet og flomsikring langs kanalløpet. Figur 9 - Figur 11 viser noen prinsippskisser av kanaltverrsnittene.

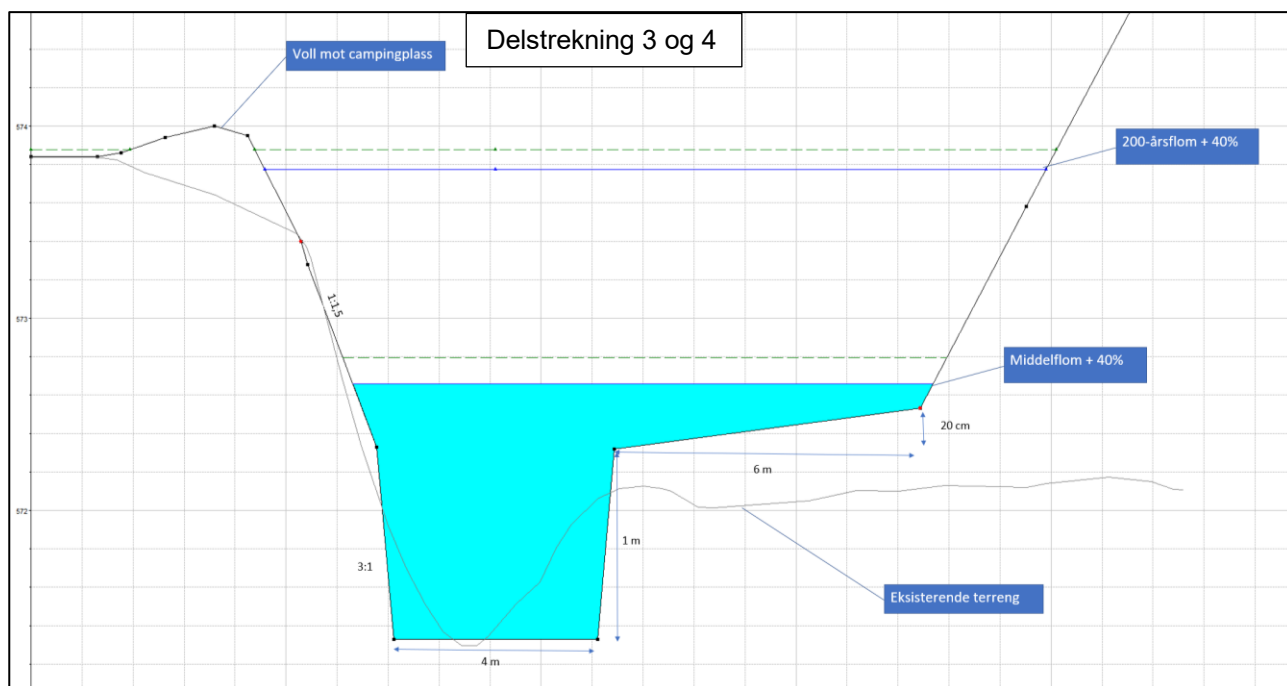
Det er planlagt at kanalen skal krysse Bjorlivegen i en betongbru med bredde 8 meter. Vanndybden gjennom brua er da beregnet til ca. 2,7 meter, som vil si at det trengs en høyde på lysåpningen på ca. 3 meter.

Tabell 1: Noen beregningsresultater som er representative for de ulike delstrekningene av kanalen.

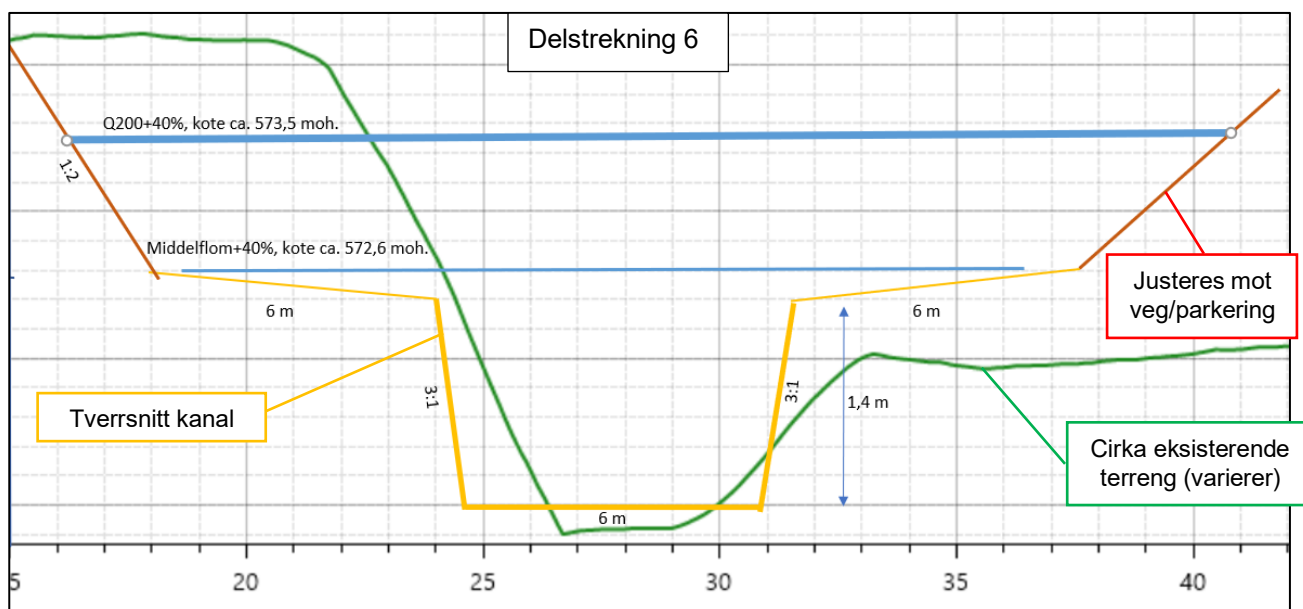
Delstrekning	Fall kanal [m/m]	Lengde [m]	Q _{200+40%} [m³/s]	Areal vått tverrsnitt, [m²]	Vanndybde, [m]	Vannstand, [moh.]	Bredde av vannspeil [m]
1	0,015	30	4,5	4,6	0,9	575,0	10,5
2	0,015	90	12,5	13	1,5	574,3	16,0
3	0,003	150	30	20	2,2	574,0	15,6
4	0,003	150	30	22	2,4	573,8	15,3
5 - Bru	0,003	20	30	22	2,7	573,7	8,0
6	0,001	100	30	33	2,6	573,5	25,0



Figur 9: Tverrprofil av kanalen for delstrekning 2, sett i nedstrøms retning.



Figur 10: Prinsipp for tverrprofil av kanal for delstrekningene 3 og 4, sett i nedstrøms retning.



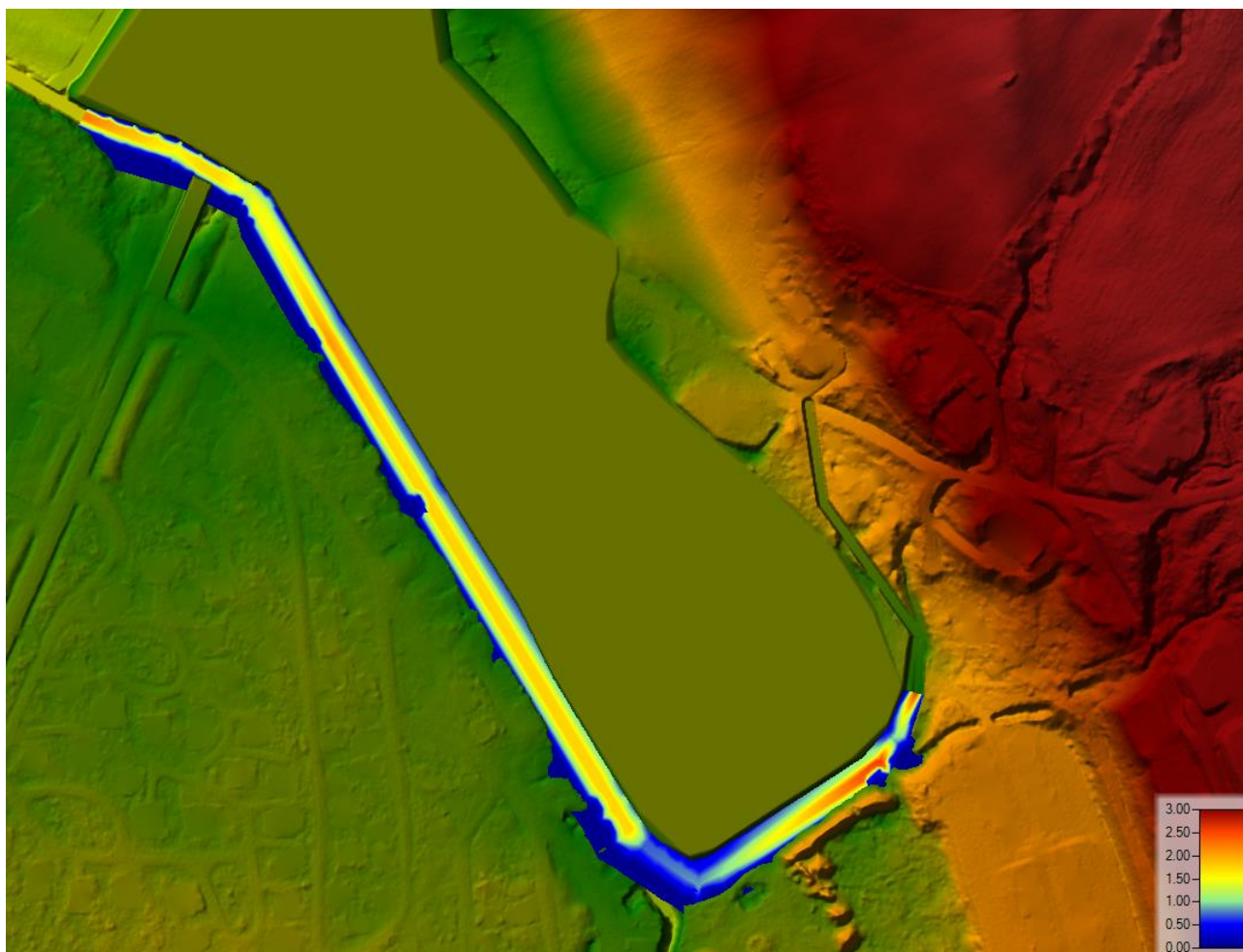
Figur 11: Prinsipp for tverrprofil av kanalen for delstrekning 6 (nedstrøms Bjorlivegen), vist med 6 meter brede traseer for skiløyper/gangveg på hver side. Kanalen avsluttes til høyre i figuren mot vegfyllingen/parkeringsplassen som er planlagt langs nordsiden av kanalen

5 Erosjonssikring av kanalen

Vannhastighetene i kanalen kan bli opp mot ca. 2-2,5 m/s avhengig av hvilken delstrekning vi ser på (se Figur 12). En hastighet på 2,5 m/s innebærer et begrenset behov for erosjonssikring, og en grov beregning antyder en nødvendig steinstørrelse, d_{50} , på ca. 10-30 cm.

For å begrense utstrekningen av kanalen er skråningene langs sidene av kanalen gjort bratte (ca. 3:1 iht. figur 10 og 11). Det er for bratt for vanlig erosjonssikring med stein, slik at breddene må sikres med tørrmuring, betong eller liknende.

I de slakere skråningene (ca. helning 1:2) mot tilstøtende bebyggelsesområder og i oppstrøms ende av kanalen, kan kanalen sikres med stein. Hvis vegetasjon er ønskelig, kan kanalen evt. sikres med gressplen forsterket med fiberduk.



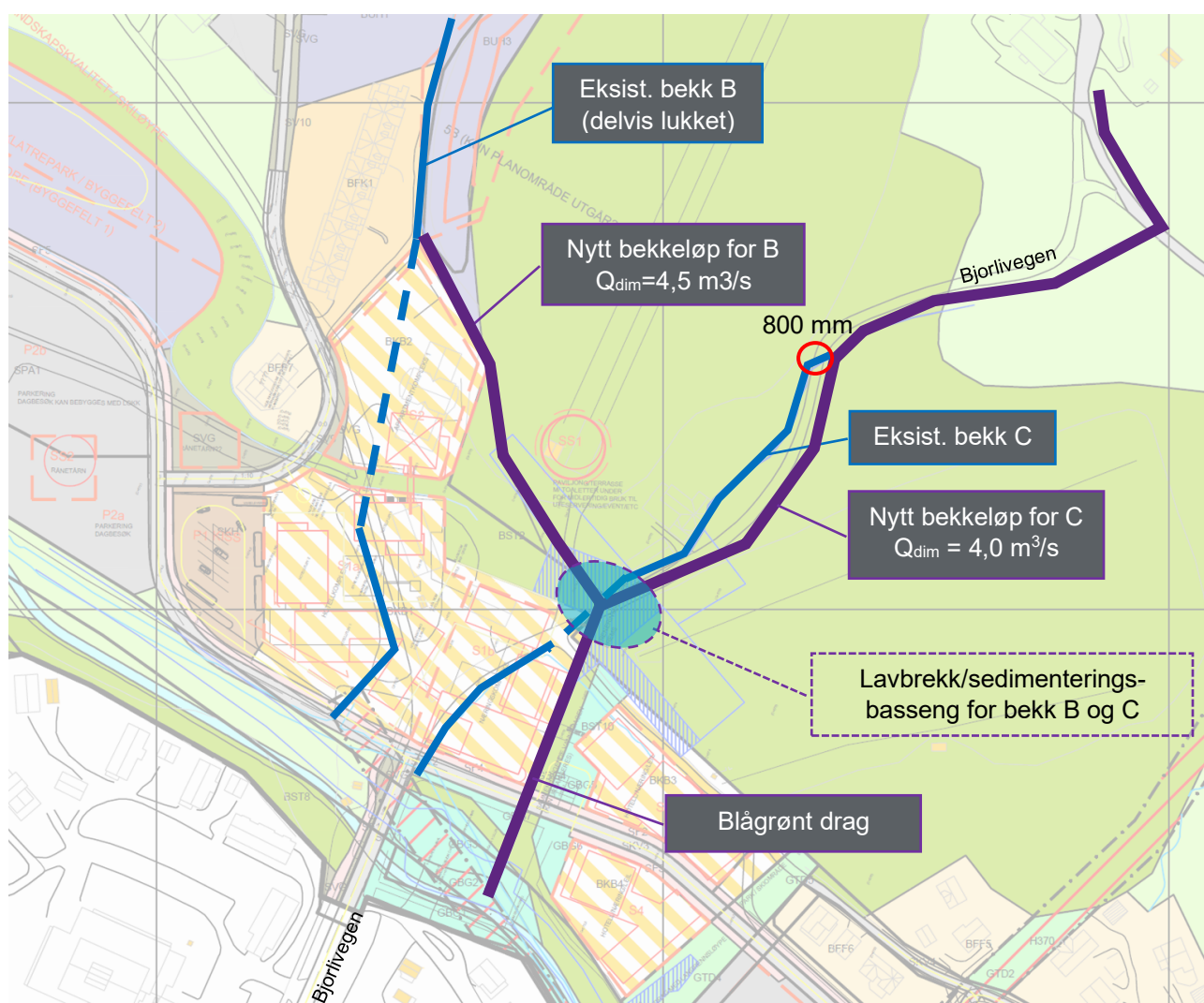
Figur 12: Strømningshastigheter i kanalen ved Q200+40%.

6 Øvrige tiltak for bekker med utløp i planområdet

6.1 Tiltak i bekk B og C

Bekk B og C renner i dag delvis lukket mot utløp i jordekantene på hver sin side av Bjorlivegen. I reguleringsplanen foreslås det å åpne bekkene og lede dem via et felles lavbrekk i bunn av grøntområdet/alpinområdet på nordsiden av hotell- og næringsarealer (se Figur 13). Lavbrekket tilrettelegges for å kunne oversvømmes ved større flommer. Herfra ledes bekkene kontrollert ut i et blågrønt drag som leder til kanalen.

Bekkeløp C bør reetableres langs den østre siden av Bjorlivegen, uten kryssinger av vegen. Dagens 800 mm kulvert har uansett ikke tilstrekkelig kapasitet ved $Q_{200+40\%}$ (kapasitet i 800 mm stikkrenne er ca. 700 l/s).



Figur 13: Tiltak for bekk B og C vist på skisse av reguleringsplan (ikke endelig versjon).

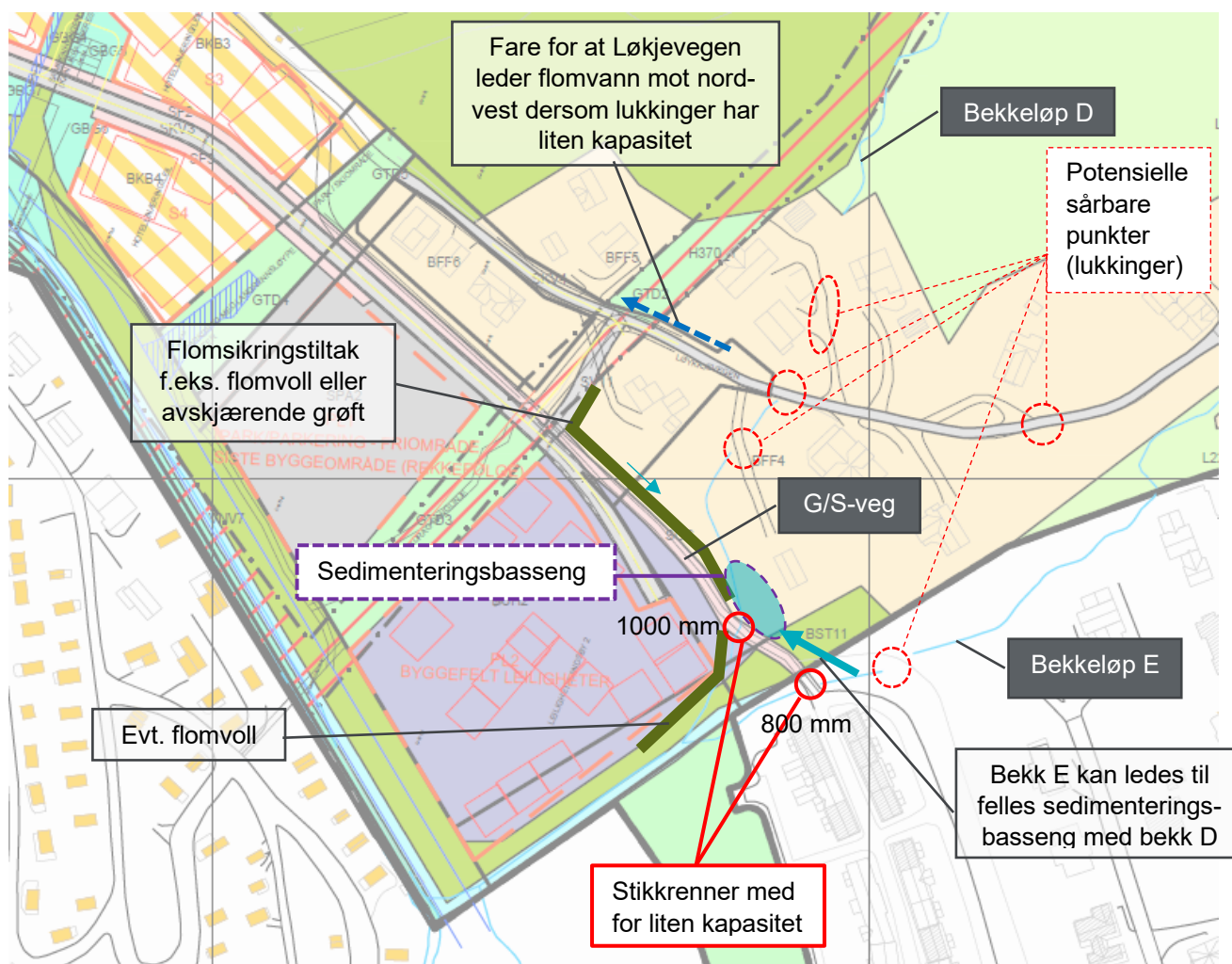
6.2 Tiltak i bekkeløp D og E

Bekk D og E renner delvis åpent og gjennom stikkrenner/lukkinger mellom hytter/boliger før utløp i det som skal bli den nye kanalen. Stikkrennene oppstrøms kanalen har begrensede kapasiteter (ca. 700 l/s og 1300 l/s i hhv. 800 mm og 1000 mm stikkrenner). Andre lukkinger oppstrøms, bl.a. gjennom Løkjevegen er også antatt å ha for liten kapasitet. Dette kan medføre at flomvann ledes langs Løkjevegen mot nord-vest. Stikkrenner bør utbedres, og alternativ flomvei bør sikres for å unngå flomfare i planområdet. Flomvoll, evt. avskjærende grøft med god kapasitet, kan vurderes for ekstra flomsikring.

Bekkene har høy hastighet og stort erosjonspotensiale på veg nedover dalsiden mot planområdet. De vil transportere mye sedimenter/finstoff, spesielt i perioder med stor vannføring. For å forhindre sedimentering i kanalen bør det derfor etableres sedimenteringsbasseng hvor finstoff og sedimenter kan avsettes kontrollert. Bekk D og E kan fortrinnsvis ledes til felles sedimenteringsbasseng oppstrøms kryssing av G/S-veg.

Alternative flomveier bør sikres, f.eks. som forsenkninger tvers over bekkekryssende veger, i tilfeller hvor stikkrenner/kulverter gjentettes.

Tiltak for bekkene D og E er oppsummert i Figur 14.



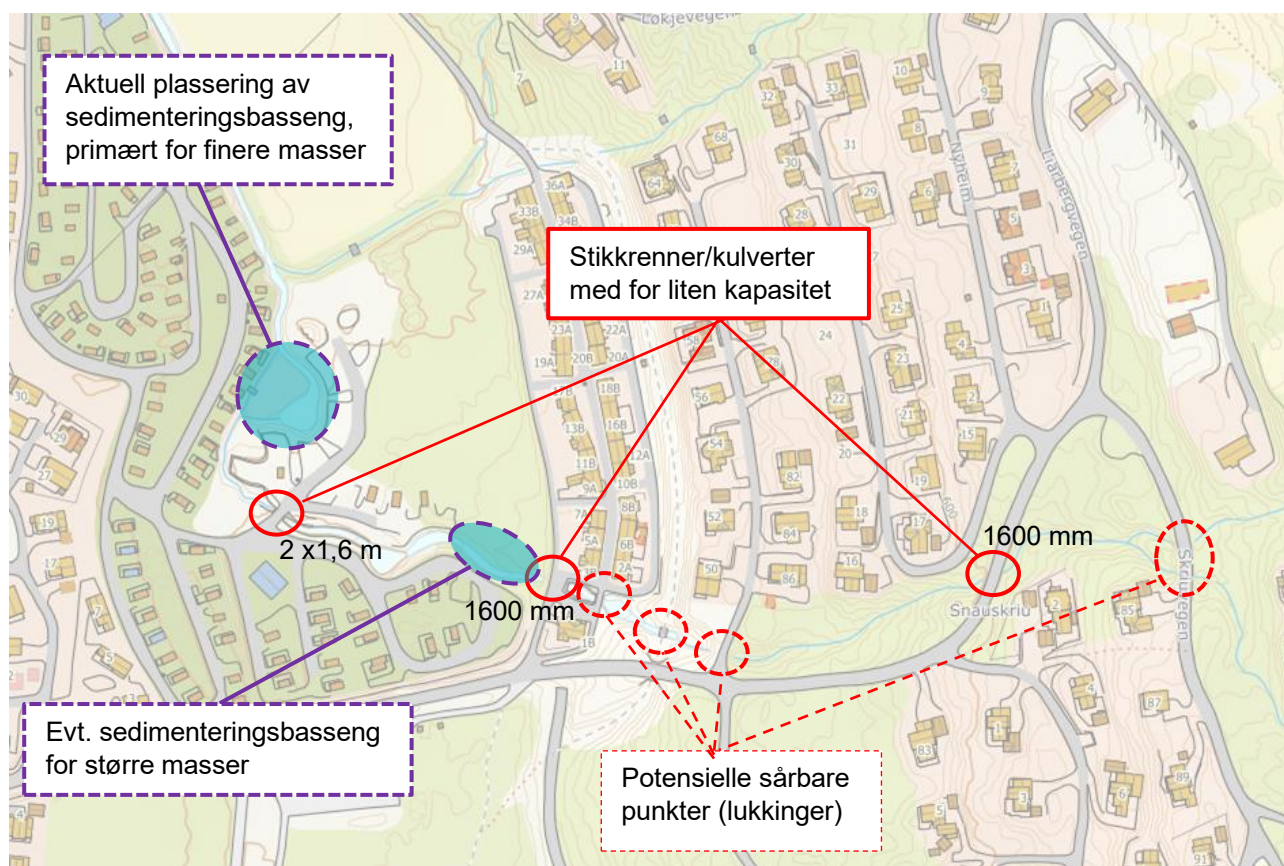
Figur 14: Tiltak for bekkeløp D og E ved innløp til kanalen, vist på skisse av reguleringsplanen (ikke endelig versjon).

6.3 Vurdering av sårbarhet og tiltak for bekk F

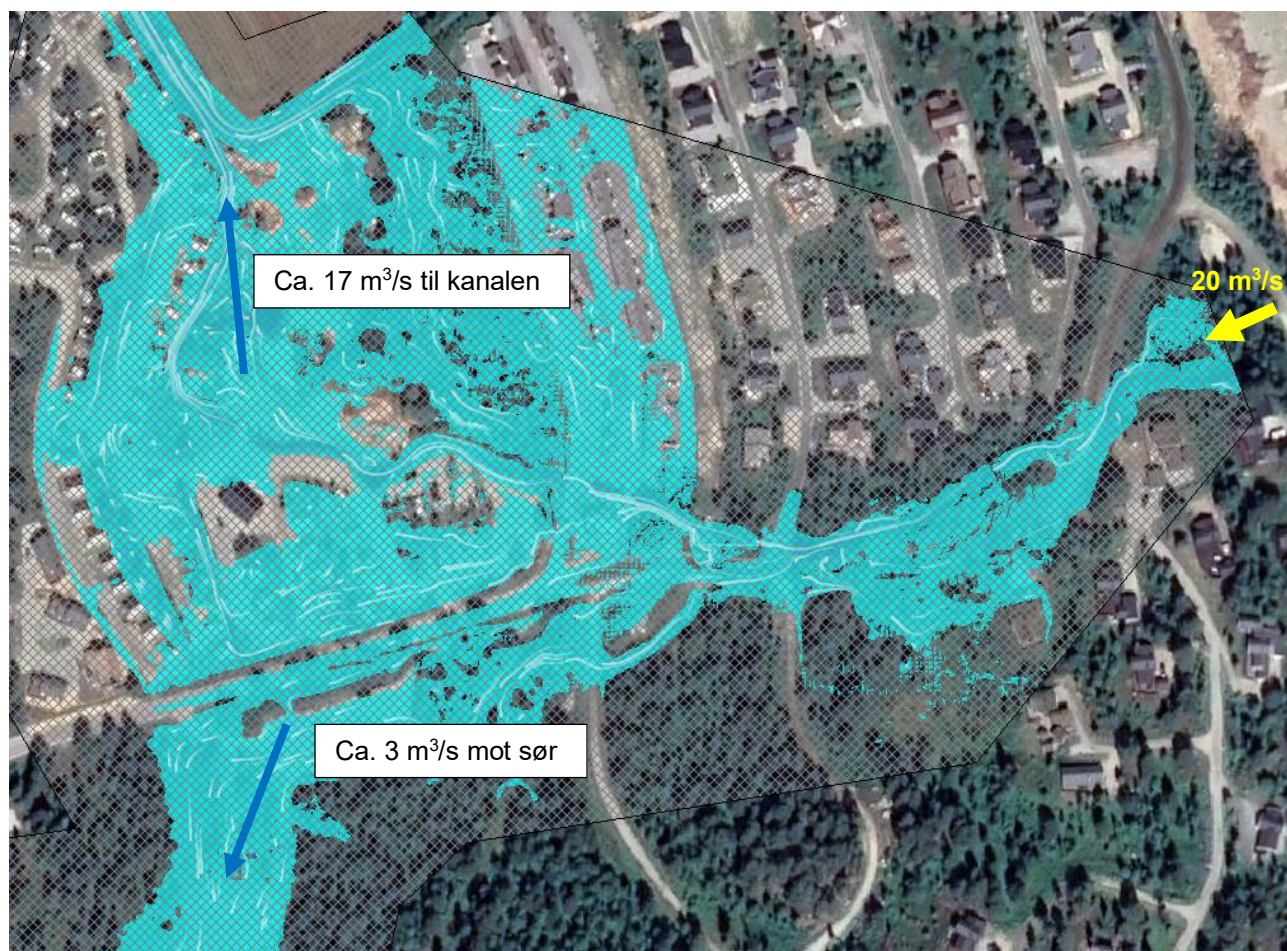
Bekk F renner via flere kulverter/bruer gjennom/langs Skriuvegen før utløp i kanalen (se Figur 15). Det er estimert en flomvannføring på ca. 20 m³/s ved Q_{200+40%}, men pga. begrensninger i kapasitet på lukkinger/bekkeløp vil trolig 3 m³/s av disse kunne dreneres sørover langs Skriuvegen. Simulering av vannlinjer for et slikt flomtilfelle er vist i Figur 16. Det er flere kulverter og bruer lenger oppstrøms som også kan medføre vann på avveie høyere opp i feltet. Dette er ikke undersøkt videre i dette prosjektet.

For å sikre bebyggelsen langs bekken mot flom må kapasiteten i bekken økes, både selve bekkeløpet og kulverter/bruer. Da flomproblemer i bekk F ikke har direkte konsekvens for planområder, er ikke flomproblematikken utredet i tilstrekkelig grad til at spesifikke tiltak kan foreslås her.

For å begrense sedimentering i kanalen bør det etableres et sedimenteringsbasseng før utløp i kanalen, og aktuelle områder for dette er avmerket på Figur 15.



Figur 15: Sårbare punkter og tiltak i bekk F, vist på skisse av reguleringsplanen (ikke endelig versjon).



Figur 16: Simulering av 200-årsflom med 40% klimapåslag i bekk F. Det er her antatt at kulverten(e) under Skriuvegen i oppstrøms ende har tilstrekkelig kapasitet. Ingen andre kulverter/ruer er lagt inn i beregningen (antatt tette/for liten kapasitet). Dersom kulverten(e) gjennom Skriuvegen ikke har tilstrekkelig kapasitet vil boliger/hytter langs hele nordsiden av bekken også være utsatt for flom. Evt. kan kapasitetsproblemer lenger oppstrøms medføre andre flomveier enn det som framkommer her.

7 Tiltak for å senke vannstanden i myrområdet

Det ble i kapittel 3.2.3 funnet at brua for Gamle Kongeveg har stor betydning for vannstanden i myrområdet/utløpet av kanalen, ettersom kapasiteten er begrenset her. Tidligere var det trolig en flomvei i et lavbrekk på nordsiden av brua, men denne har blitt fylt opp i senere tid, og fungerer derfor ikke i dag. For å få lavere vannstand i myrområdet ved flom bør kapasitet gjennom brua forbedres og flomveien gjenopprettes. Dette vil også redusere flomfaren for hyttene/boligene rundt myra.

Et annet tiltak for å senke vannstanden kan være å lede en større del av Bøvre til utløp nedstrøms brua. Som vist på Figur 5, deler Bøvre seg i to løp et stykke oppstrøms myrområdet. Det er primært den delen av elva som renner mot øst som bidrar til økt vannstand i myrområdet. Det kan vurderes om det er mulig å gjøre tiltak som leder mer av vannet mot sør ved flom.

8 Drift og vedlikehold av kanalen

Kanalen bør renskes jevnlig for sedimenter og ha en drift- og vedlikeholdsplan. Tilførselsbekker har stor massetransport, og selv om det etableres sedimenteringsbassenger for disse kan finstoff bli transportert i kanalen og avsatt der hastigheten er lav.

Ved mangel på oppfølging vil kapasiteten i kanalen over tid forringes.

B02	2021-04-11	For info/kommentar	ToGri	StMyr	PeHKi
B01	2021-03-24	For info/kommentar	ToGri	LaJe	PeHKi
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.