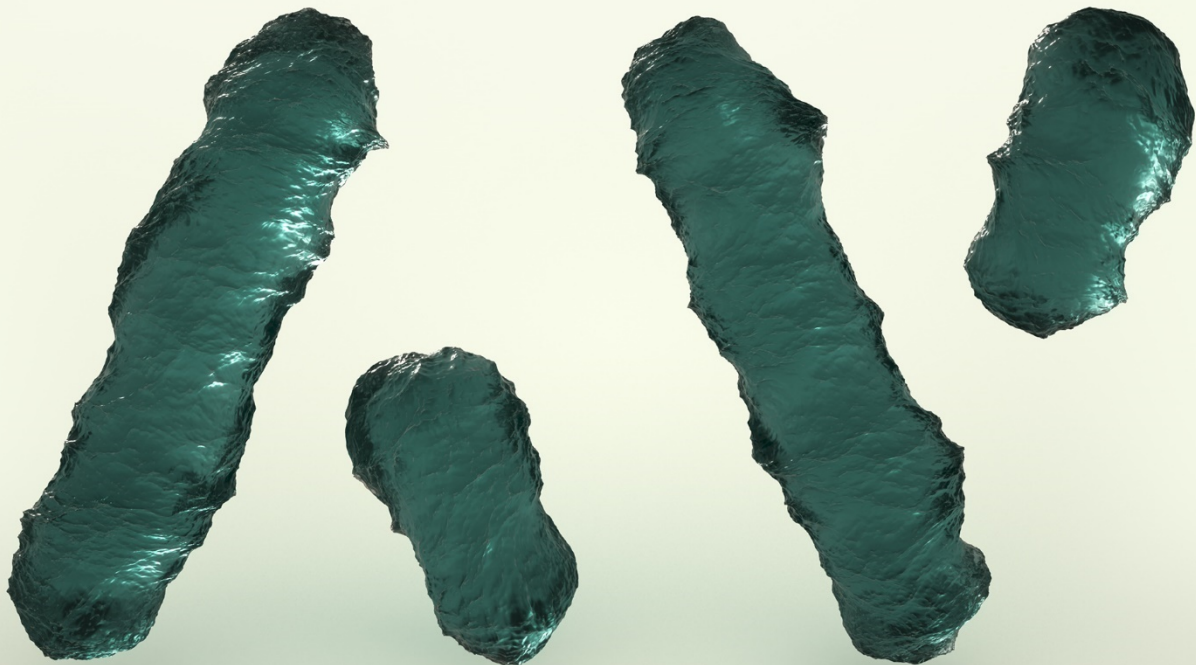


Flomvurdering Møllendalsveien 63



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Møllendal
Tittel på rapport:	Flomvurdering Møllendalsveien 63
Oppdragsnavn:	Møllendalsveien 63
Oppdragsnummer:	632794-01
Utarbeidet av:	Hege Merete Kalnes
Oppdragsleder:	Mikkel Svanevik
Tilgjengelighet:	Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
02	5. jan. 2022	Oppdatert rapport med simulering av prosjektert situasjon	HMK	MS/IDB
01	21. okt. 2021	Nytt dokument	HMK	MS

Sammendrag

Det er gjennomført flomvurdering av Møllendalsveien 63 i Bergen, hvor det planlegges ny boligbebyggelse. Planområdet ligger langs den østlige siden av Møllendalselven, like før dets utløp i Store Lungegårdsvannet.

Flomvurderingen er basert på en tidligere flomsonekartlegging av Møllendalselven, foretatt av Asplan Viak i 2020, som er utført for en returperiode på 200 år i fremtidens klima.

Planområdet er utsatt for oversvømmelse av både flom og stormflo. I den nordlige delen av planområdet er det stormflo som er dimensjonerende, med et flomsikkert nivå på 2.4 moh. Fra ca. midt i planområdet og sørover, hvor det planlegges ny bebyggelse, er elveflom dimensjonerende med et flomsikkert nivå fra 2.4 til 2.7 moh.

På grunn av føringer for planområdet, vil det være problematisk å flomsikre hele planområdet. Cementstøperiet som ligger nord i planområdet er regulert med hensynssone bevaring, men ønskes omregulert til bolig og næring. Møllegårdene i øst reguleres til eksisterende situasjon. Videre er det planlagt en ny GS-bro over Møllendalselven ca. 1 meter fra Cementstøperiets kortside mot nord, ifm. bybaneprosjektet fra sentrum til Fyllingsdalen. Det eksisterende terrenget i planområdet ligger på rundt kote 1.5 til 1.8 moh., og på grunn av bebyggelsen som skal bevares er det ikke mulig å heve hele planområdet over flomsikkert nivå.

Flomsikring av planområdet må følgelig ivaretas ved bruk av flommur, eventuelt i kombinasjon med en forhøyet elvepromenade for å skape bedre utsyn til elven. Mulighetene for oppføring av flommuren er imidlertid i stor grad avhengig av planlagt GS-bro. Det er derfor naturlig at flomsikringen blir utført i to steg;

- Steg 1) Flomsikre søndre del av planområde
 - Etableres samtidig med utbygging av ny bebyggelse
 - Tillater oversvømmelse av planområdet, men ny bebyggelse dimensjoneres og utformes slik at sikkerhet mot flom ivaretas
 - Cementstøperiet blir utsatt for flom (disp. fra TEK 17 §7-2)

- Steg 2) Flomsikre nordre del av planområdet
 - Etableres i forbindelse med bygging av ny bro (under forutsetningen at denne utformes med høyde over flomsikkert nivå)
 - Sammen med steg 1, vil steg 2 medføre at hele planområdet sikres mot oversvømmelse

Hydraulisk analyse av fremtidig/prosjektert situasjon med steg 1 av flomsikring, viser at tiltakene har generelt liten innvirkning på flomsituasjonen i Møllendalselven, og at flomfaren ikke vil økes. Det er imidlertid anbefalt å undersøke om den sør og østlige fasaden til Cementstøperiet skal beskyttes/erosjonssikres, da vannhastighetene her er noe økt sammenlignet med eksisterende situasjon.

For å sørge for at flomvann og avrenning kan strømme uhindret ut av planområdet, uten vannoppsamlinger, er det anbefalt at planområdet utføres med fall til et utløp i Møllendalselven i åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse.

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Møllendal 63 AS til å utføre flomvurdering for Møllendalsveien 63 i Bergen.

Mikkel Svanevik har vært oppdragsleder for Asplan Viak, mens Hege Merete Kalnes har utført vurderingen og skrevet rapporten. Rapporten er kontrollert av Mikkel Svanevik og Ingri Dymbe Birkeland.

Bergen, 05.01.2022

Mikkel Svanevik

Oppdragsleder

Ingri Dymbe Birkeland

Kvalitetssikrer

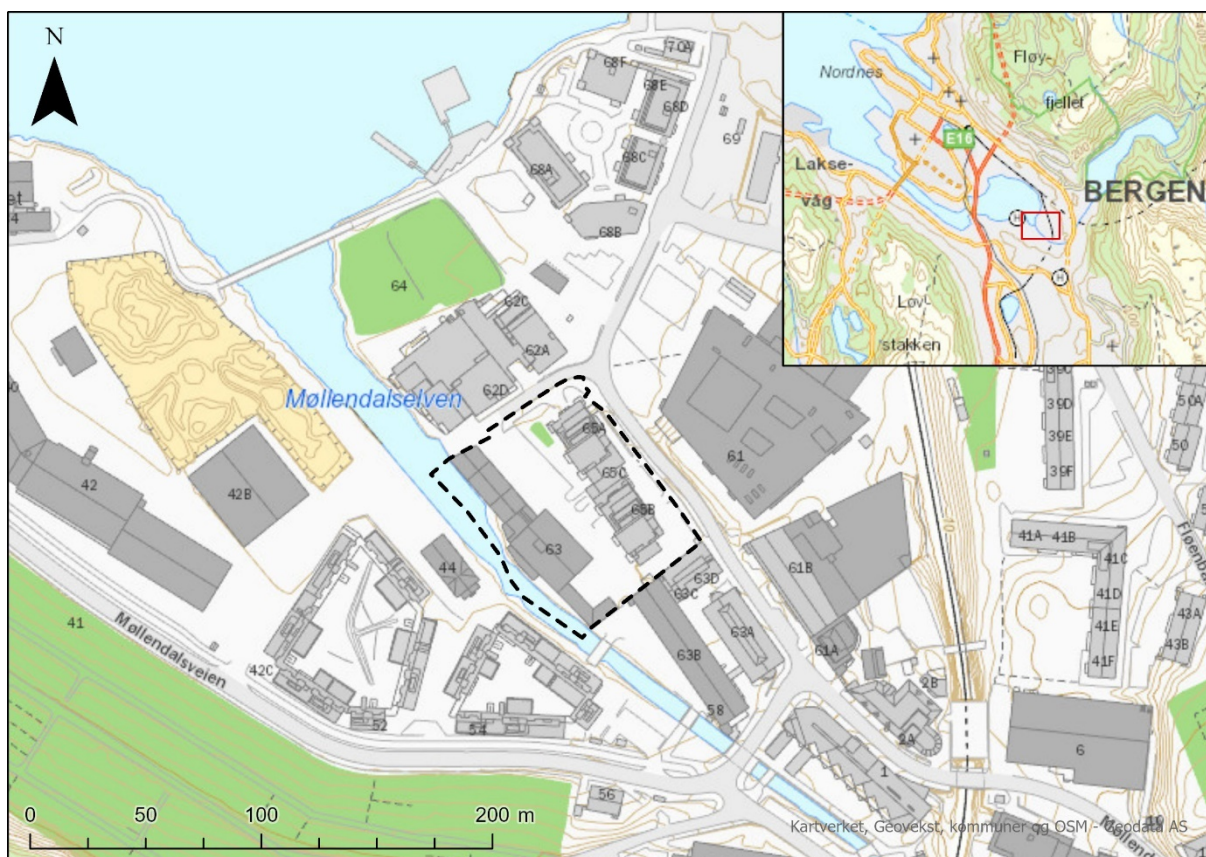
Innholdsfortegnelse

1. Innledning	6
1.1. Bakgrunn	6
1.2. Tidligere flomvurderinger	6
2. Forutsetninger	8
2.1. Føringer for planområdet	8
2.2. Sikkerhet mot flom	10
3. Flomfarevurdering	11
3.1. Flomkilder	11
3.2. Eksisterende situasjon	14
3.3. utfordringer for ny og bevart bebyggelse	16
3.4. Flomsikring	17
3.5. Flom og avrenning ut av planområdet	19
3.6. Vurdering av fremtidig/prosjektert situasjon	20
4. Konklusjon og anbefalinger	24
Kilder	26
Vedlegg	27

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Denne flomvurderingen inngår som en del av arbeidet med detaljreguleringsplan for området Møllendalsveien 63. Planområdet omfatter gnr. 163 bnr. 577/2/17, og ligger langs Møllendalselven like før dets utløp i Store Lungegårdsvannet - se Figur 1-1.



Figur 1-1 Oversiktskart som viser lokasjonen til planområdet.

1.2. Tidligere flomvurderinger

I 2020 utførte Asplan Viak flomsonekartlegging av Møllendalselven, på oppdrag fra Mølleneset AS ifm. planarbeid for Møllendalsveien 64. I kartleggingen ble det utført flomberegninger, hydraulisk modellering (2D) og undersøkt fare knyttet til stormflo.

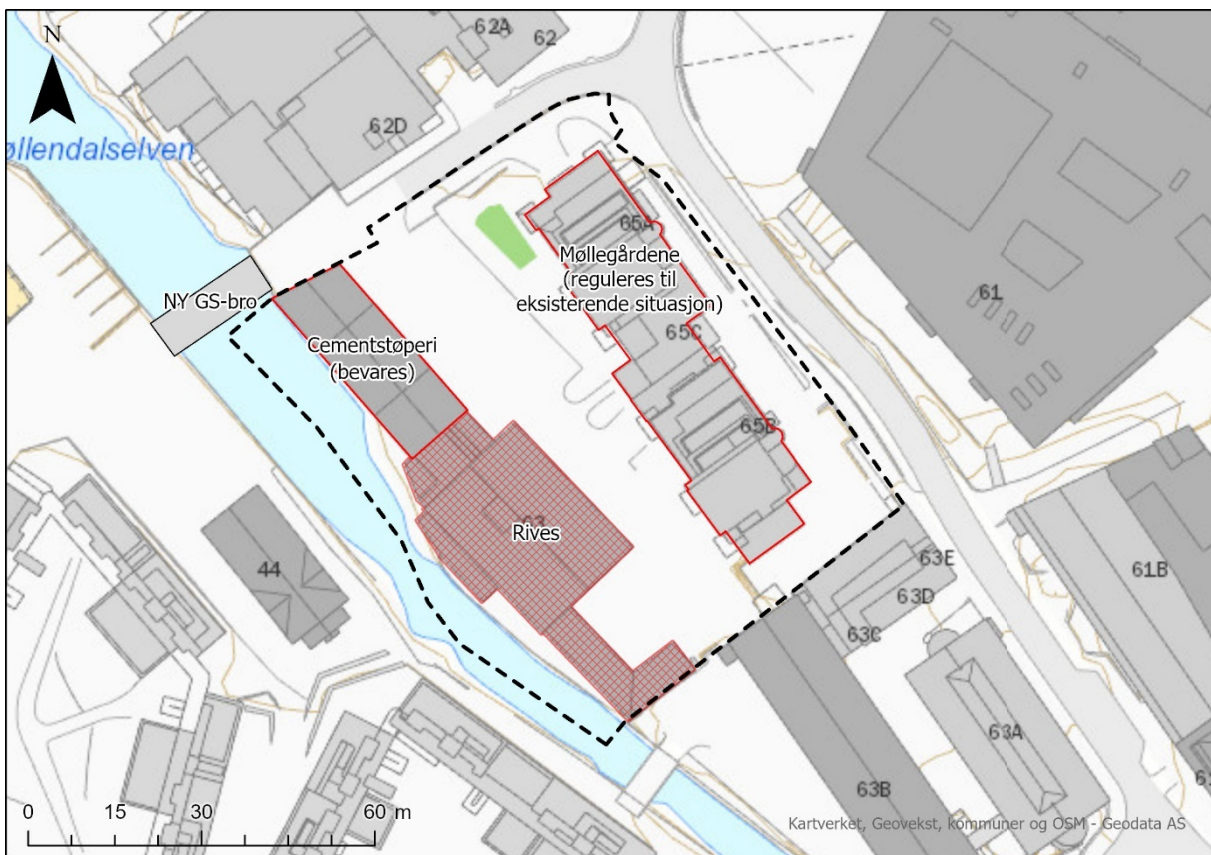
Flomsonekartleggingen dekker planområdet til Møllendalsveien 63, og er utført i henhold til gjeldende veiledning og retningslinjer fra NVE. Det er følgelig valgt å benytte denne kartleggingens resultater som hovedgrunnlag i flomvurderingen av Møllendalsveien 63.

Kartleggingen gjelder for sikkerhetsklasse F2 for flom i hht. TEK 17 §7-2, og er følgelig utført for et gjentaksintervall på 200 år i fremtidens klima.

2. Forutsetninger

2.1. Føringer for planområdet

Innenfor planområdet er det eksisterende bebyggelse og infrastruktur som må hensyntas, og fremtidig/planlagt infrastruktur utenfor plangrensene vil også påvirke utformingen av området. Kartutsnitt som illustrerer de viktigste føringene er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Kartutsnitt som illustrerer føringene som ligger til grunn for opprettelse av ny boligbebyggelse på Møllendalsveien 63.

Møllegårdene (Møllendalsveien 65) er et bolig- og kontorbygg som ble bygget i 2006, og reguleres til eksisterende situasjon. Dekket som ligger over garasjeanlegget til Møllegårdene, langs byggets sør-østlige side, ligger på ca. kote 4.8 moh. Bakkeplanet mot sørvest, med blant annet portinngang til garasje, ligger på ca. kote 1.8 moh.

Cementstøperiet som ligger helt inntil Møllendalselven er vurdert å ha kulturminneverdi, og er regulert med hensynssone bevaring. Det ønskes å benytte Cementstøperiet til bolig og

publikumsrettet virksomhet (servering, alternativt kontor eller forretning), hvor bolig planlegges primært i plan 2. Cementstøperiets plan 1 ligger på ca. kote 1.5 moh, og terrenget rundt på en tilsvarende kote. De resterende byggmassene skal rives for å frigjøre areal til ny bebyggelse.

Det planlegges å føre opp to nye blokker på det frigjorte arealet, med parkering og boder i plan 1 og boliger i plan 2 og oppover. Det er planlagt å ha en fellesløsning med Møllegårdene, hvor et dekke med uteoppholdsareal over garasjeanlegg forbinder plan 2 i nye boligblokker og Møllegårdene. For å kunne oppnå en funksjonell overgang til eksisterende dekke og veg ved Møllegårdene, er fellesdekke/plan 2 satt til å være på maks kote 5.4 moh. Fellesdekke gir mulighet til trinnfri adkomst til inngangspartier på plan 2.

Gateplan og parkering må være på ca. kote 1.6-1.8 moh. Dette er på grunn av terrenghøyde ved port til garasjeanlegget i Møllegårdenes søndre del (ca. 1.8 moh) og inngang til Cementstøperiet (ca. 1.5 moh).

Illustrasjonstegninger av prosjektert situasjon i planområdet er vist i Figur 2-2.



Figur 2-2 Utsnitt av illustrasjonstegninger for Møllendalsveien 63 (LINK Arkitektur, 09.11.2021).

Det planlegges ny gang- og sykkelbro over Møllendalselven, ifm. bybaneprosjektet fra sentrum til Fyllingsdalen. Broen skal ligge 1 m fra Cementstøperiets kortsida mot nord, og broens høyde vil påvirke utformingen av den nordvestlige delen av planområdet. I gjeldende plan (vedtatt juni 2017) er brodekke planlagt til å ligge på kote 1.75 moh, altså ca. 25 cm over gulvnivå i Cementstøperiet. I planforslag for Møllendal vest (høring våren 2020), er det imidlertid foreslått å heve broen med ca. 115 cm (til kote 2.90 moh). Høyden på broen vil ha stor innvirkning på bruken av fasader og utsyn ved Cementstøperiet.

2.2. Sikkerhet mot flom

2.2.1. Dimensjonerende gjentaksintervall for flom

Dimensjonerende gjentaksintervall for flom og stormflo er bestemt av sikkerhetsklassen tiltaket faller under, i henhold til TEK 17 §7-2 (se Tabell 2-1). Dette betyr at bygninger skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom/stormflo slik at største årlige sannsynlighet gitt av tilhørende sikkerhetsklasse ikke overskrides.

Alle ønskede bruksformål for Møllendalsveien 63 (bolig og næring) faller under sikkerhetsklasse F2, med et dimensjonerende gjentaksintervall på 200 år. Bruk av plan 1 i ny bebyggelse (garasje og boder) kan, etter veiledning i TEK 17 §7-2, vurderes å havne under sikkerhetsklasse F1 med dimensjonerende gjentaksintervall på 20 år.

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for storm og stormflo, gitt av TEK 17 §7-2.

Sikkerhets-klasse	Type bygninger	Største årlige nominelle sannsynlighet
F1	Byggverk med lite personopphold. Små økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser	1/20
F2	Byggverk beregnet for personopphold. Moderate økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/200
F3	Byggverk for sårbare grupper av befolkningen og byggverk som skal fungere i lokal beredskapssituasjon. Stor samfunnsmessig konsekvens.	1/1000

2.2.2. Sikring av utearealer og rømningsveier

Utearealer tilknyttet byggverk (parkeringsplasser, lekeplasser, opparbeidet adkomst, etc.) er ikke omfattet i TEK 17 §7-2. Altså er det ikke direkte gitt krav til at slike arealer skal sikres mot flom.

I NVEs retningslinje *Flaum- og skredfare i arealplanar* (2014) står det imidlertid:

*«I område der det vil oppstå store djup under flaum, **bør** ein sikre at tilkomstvegar er farbare under flaum.»*

I og med ordlyden i retningslinjen er «bør», og ikke «skal», kan det tolkes at flomfrie rømningsveier ikke er et krav som må ivaretas. Dette er imidlertid noe som må vurderes opp mot kravene i blant annet TEK 17 §11 kapittel IV - *Tilrettelegging for rømning og redning*.

3. Flomfarevurdering

3.1. Flomkilder

3.1.1. Stormflo

Møllendalsveien 63 ligger ca. 150 meter fra havet, og har en lav terrenghøyde. Stormflo kan følgelig utgjøre en fare for oversvømmelse.

Havnivåer ved stormflo, samt havnivåstigning, ved Møllendal er hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå (se Vedlegg 1). I henhold til DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (2016) er det tatt utgangspunkt i beregnet øvre grenseverdi for havnivåstigning ved utslippsscenario RPC 8.5. Fremtidige havnivåer er avrundet til nærmeste 10 cm, i henhold til DSBs veileder. En oppsummering av stormflo ved Møllendal er gitt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Havnivåer (gitt i NN2000) ved stormflo for forskjellige referanseperioder og gjentaksintervall.

Referanseperiode	Havnivåstigning [cm]	Havnivå [moh] ved stormflo med gjentaksintervall		
		1 år	20 år	200 år
I dag	-	1.02	1.22	1.34
Midten av århundret (2041-2060)	33	1.4	1.6	1.7
Slutten av århundret (2081-2100)	71	1.7	1.9	2.1

I planlegging skal det legges til grunn klimaframskrivninger for slutten av århundret (2081-2100). Det vil si, at for sikkerhetsklasse F2 for flom er dimensjonerende stormflo-nivå med 200-års gjentaksintervall på **2.1 moh**.

3.1.2. Elveflom

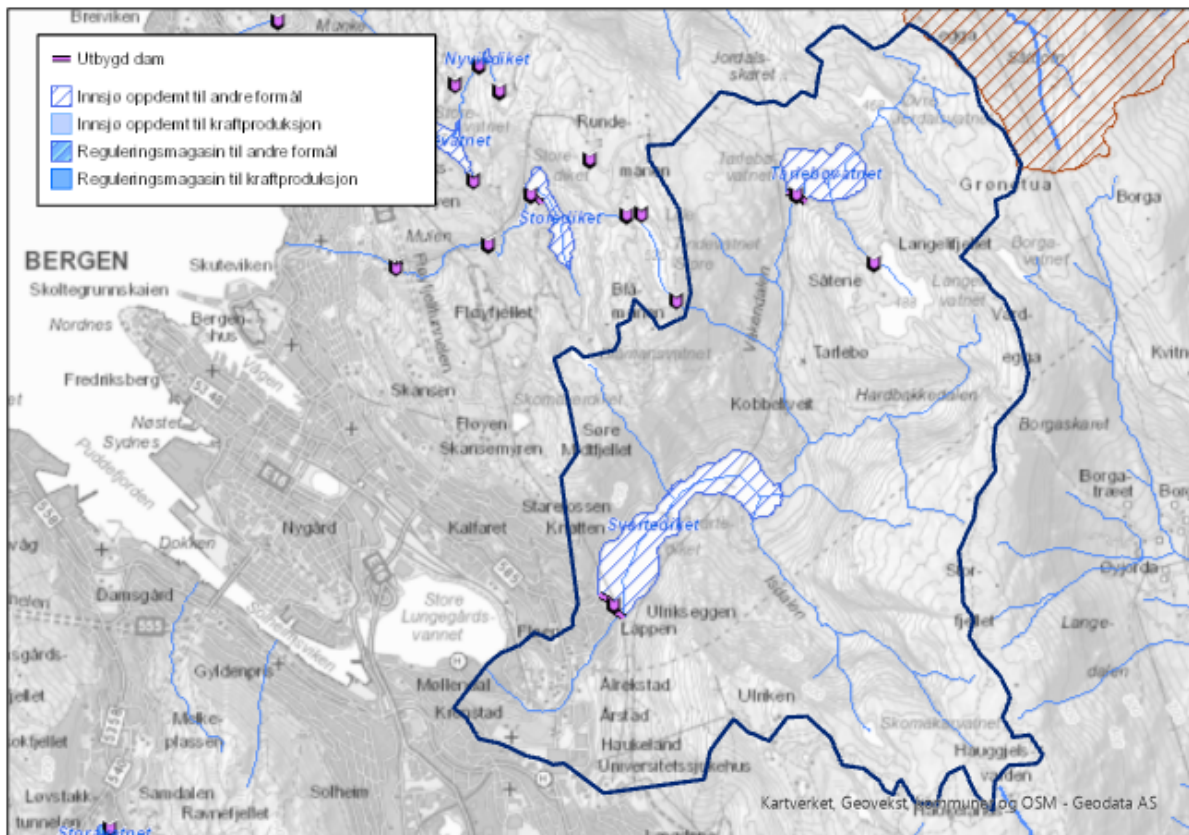
Møllendalsveien 63 ligger langs Møllendalselvens østlige side. Vassdraget har en feltstørrelse på 13.5 km² ved utløp til sjø, og er regulert - se Figur 3-1. Det er to dammer i Møllendalsvassdraget; dam Tarlebøvatnet og dam Svartediket. Avløpet fra Tarlebøvatnet renner i et bratt og hurtig elveleie ned Våkedalen til innløp i Svartediket, mens avløpet fra Svartediket renner til Møllendalselven. Magasinene er regulert til vannforsyning.

I flomsonekartlegging av Møllendalselven (Asplan Viak, 2020), ble det utført flomberegninger for elven, både for regulert og uregulert vannføring. Beregningene ble utført for 200-årsflom, med et klimapåslag på 40% for å hensynta fremtidige klimaendringer. Beregningene er oppsummert i Tabell 3-2. Regulert og uregulert flomvannføring er nokså

lik, og det var derfor konservativt valgt å ta utgangspunkt i uregulert vannføring i flomsonekartleggingen.

Tabell 3-2 Beregnet flomvannføring for Møllendalselven ved utløp til sjø (Kilde: Asplan Viak, 2020).

Felt	Feltareal [km ²]	200-årsflom inkl. 40% klimapåslag [m ³ /s]	
		Uregulert	Regulert
Møllendalselven	13.5	87.2	85.1



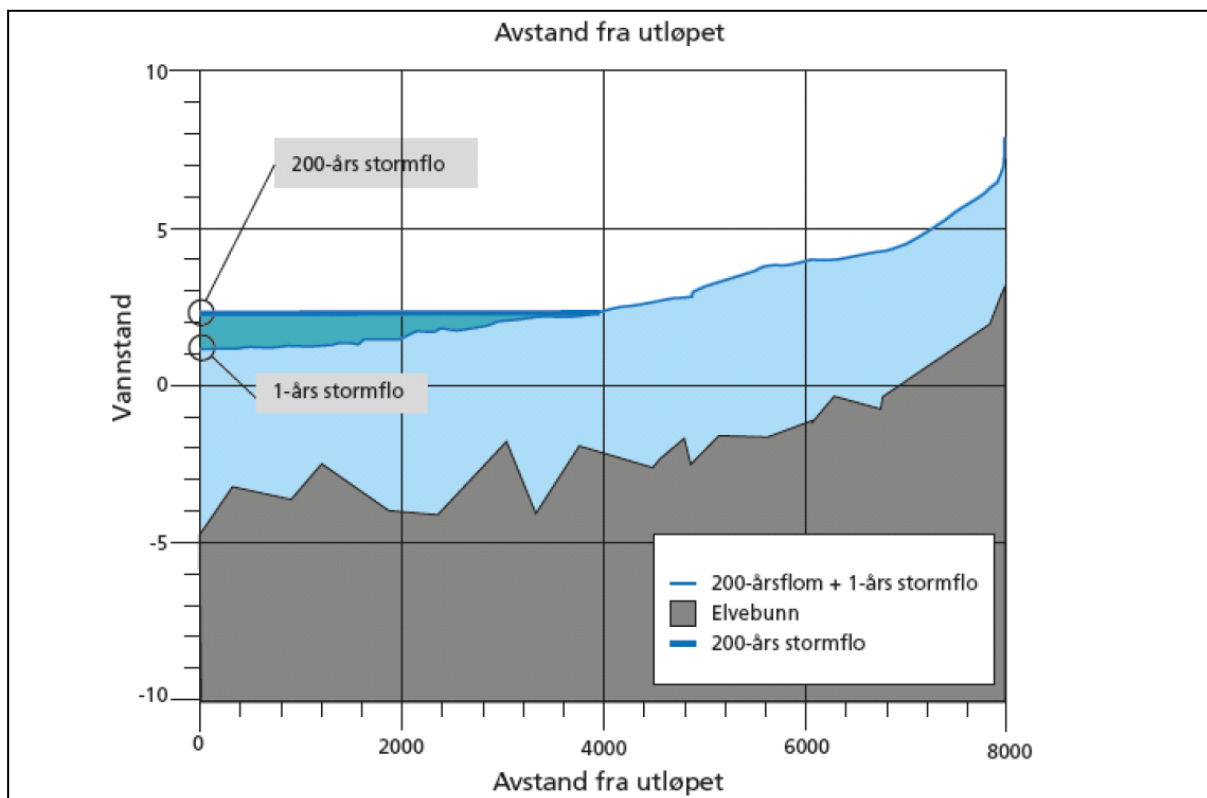
Figur 3-1 Kart som viser nedbørfelt til Møllendalselven og reguleringer (Kilde: Asplan Viak, 2020).

I flomsonekartleggingen ble vannstandsstiging og flomutbredelse ved 200-årsflom i fremtidens klima beregnet med en todimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS v. 5.0.7. Til terrengmodell ble det benyttet laserdatta (prosjekt Bergen 5 pkt 2016) hentet fra Kartverkets tjeneste Høydedata. Som nedre grensebetingelse, ble det benyttet havnivå ved 1-års stormflo inkl. havnivåstigning, i henhold til anbefalinger i NVEs rapport *Flom og stormflo* (83/2015). Resultatene fra de hydrauliske beregningene er omtalt i kapittel 3.2.

Det er ikke foretatt kartlegginger av flom med andre gjentaksintervall, heller ikke for dagens klima (uten klimapåslag).

3.1.3. Dimensjonerende flomkilde

For elver som har utløp i sjø, skal det benyttes den såkalte «lokkmetoden» som illustrert i Figur 3-2. Dette innebærer at det dimensjonerende flomkilden av elveflom og stormflo ved et punkt i elven, er den som gir størst vannstand (forutsatt de har samme gjentaksintervall).



Figur 3-2 Illustrasjon av lokkmetoden, der en elv har utløp i sjø (Kilde: NVE rapport 83/2015).

3.1.4. Hensyn til usikkerheter i beregninger

I flomsonekartlegginger vil det være usikkerhet knyttet til flomverdi, ruhet og terrengdata. Dette kan gi utslag i økte vannstander enn det beregningene tilsier.

Det er også knyttet usikkerhet til stormflo og fremtidig havnivåstigning. Bølgepåvirkning er ikke inkludert i tallene, noe som vil være avhengig av lokale faktorer som vind, strøm, topografi, sjøbunnforhold og strandkant. Videre er det også knyttet usikkerhet til fremtidige endringer i vindforhold som følge av klimaendringer, og følgelig bølgeforhold (DSB, 2016).

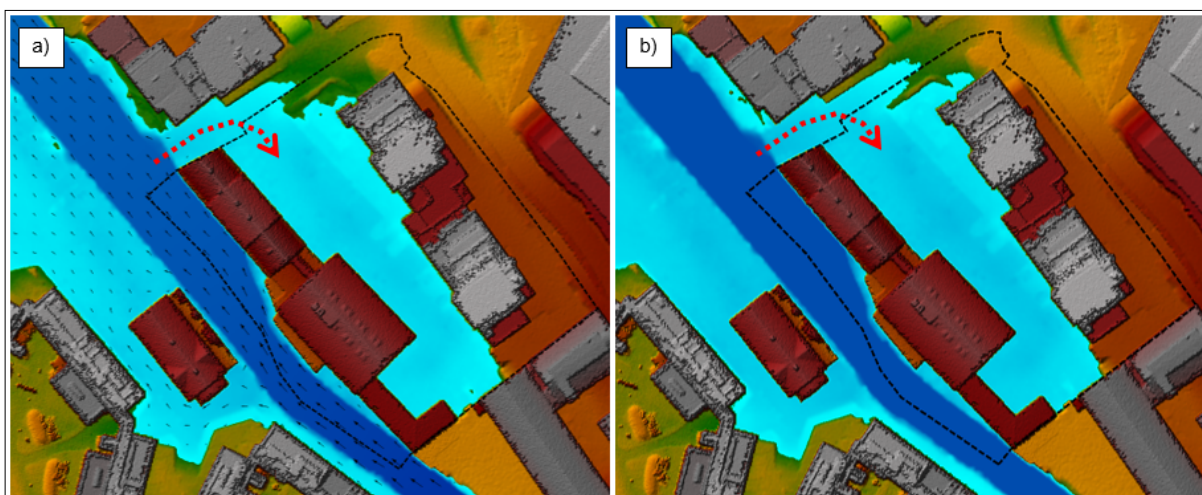
I NVEs retningslinje *Flaum- og skredfare i arealplanar* (2014) er det anbefalt å bruke en sikkerhetsmargin for vannstigning mellom 30 til 50 cm i planlegging. I flomfarevurderingen av Møllendalsveien 64 (Asplan Viak, 2020), er det valgt å benytte en sikkerhetsmargin på 30

cm basert på en vurdering av usikkerheter i beregningene. Det er ikke grunnlag for å velge en annen sikkerhetsmargin for Møllendalsveien 63.

Altså, for å hensynta usikkerheter i beregningene, er det anbefalt å legge til **30 cm** på beregnede flom- og havnivåer.

3.2. Eksisterende situasjon

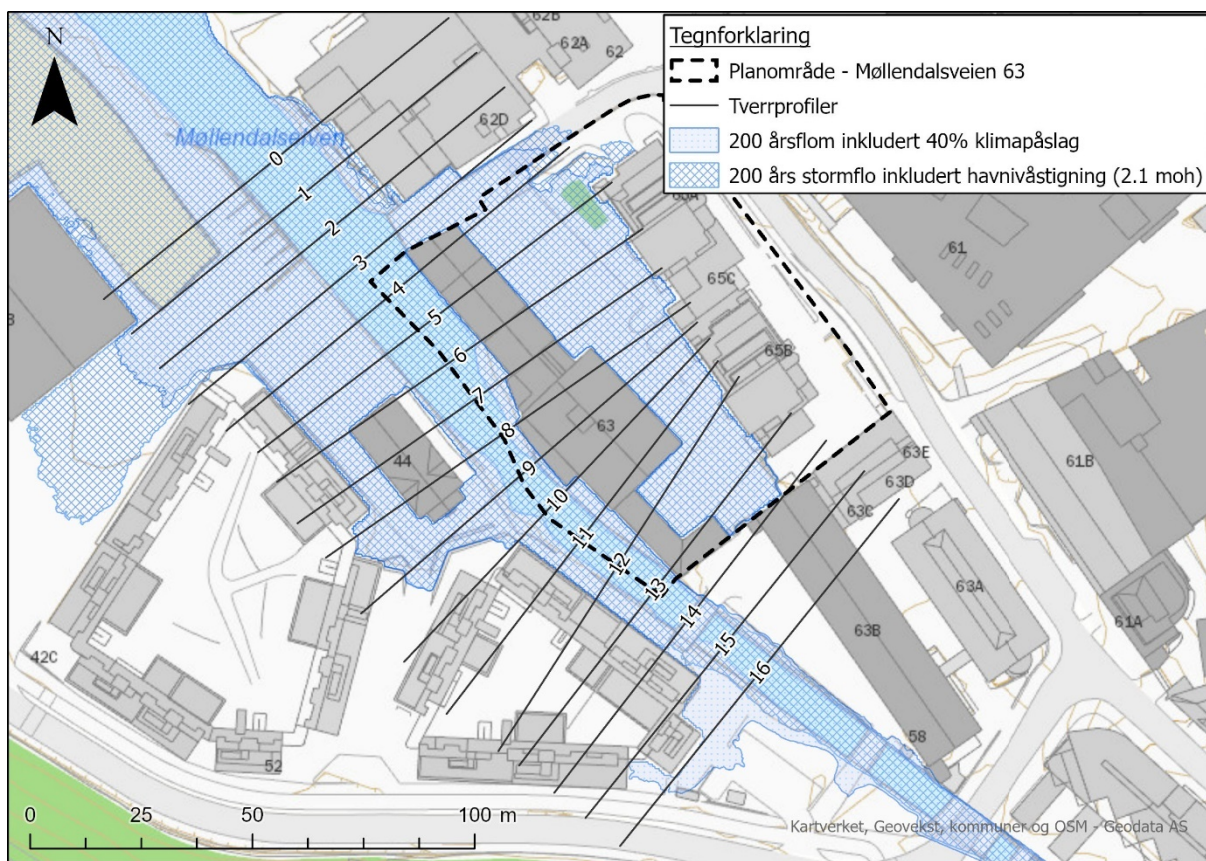
Modellert utbredelse av elveflom og stormflo med 200-års gjentaksintervall i fremtidens klima ved planområdet, er vist i Figur 3-3. En kan se at nokså store områder blir oversvømt. I dag fungerer eksisterende bygg som en «flomvoll», men vannet strømmer allikevel inn i planområdet gjennom åpningen mellom Møllendalsveien 63 og 62.



Figur 3-3 Modellert utbredelse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag (a) og 200-års stormflo inkl. havnivåstinging (b) i HEC-RAS ved Møllendalsveien 63.

Kartutsnitt som sammenligner flomutbredelsen ved elveflom og stormflo er vist i Figur 3-4. Det er tatt ut 15 profiler (0 til 14) av elveløpet med ca. 10 meters avstand langs plangrensen, hvor beregnede vannstander er gitt i Tabell 3-3. En kan se at stormflo gir høyere vannstand enn elveflom opptil ca. midt i planområdet (ved profil 8), mens oppstrøms dette er det elveflommen som er dimensjonerende.

Flomsikkert nivå for tiltak i sikkerhetsklasse F2 for flom, er gitt av den høyeste vannstanden ved en 200-års hendelse i fremtidens klima pluss sikkerhetsmargin på 30 cm. Dette betyr at for Møllendalsveien 63, varierer flomsikkert nivå mellom **2.4 moh** nord i planområdet (stormflo) til ca. **2.7 moh** i sør (elveflom).



Figur 3-4 Kartutsnitt som viser flomsoner og plassering av tverrprofil langs Møllendalsveien 63.

Tabell 3-3 Vannstand ved elveflom og stormflo med 200-års gjentakintervall i fremtidens klima, samt flomsikkert nivå (inkludert 30 cm sikkerhetsmargin) for profiler langs planområdet.

Profil nr.	200-årsflom + 40% klimapåslag [moh]	200-års stormflo + havnivåstigning [moh]	Dimensjonerende flomkilde	Flomsikkert nivå [moh]
0	1.89	2.10	stormflo	2.40
1	1.91	2.10	stormflo	2.40
2	1.94	2.10	stormflo	2.40
3 (ny GS-bro)	1.96	2.10	stormflo	2.40
4 (plangrense nord)	1.98	2.10	stormflo	2.40
5	2.00	2.10	stormflo	2.40
6	2.02	2.10	stormflo	2.40
7	2.05	2.10	stormflo	2.40
8 (midt i planområdet)	2.10	2.10	stormflo/elveflom	2.40
9	2.16	2.10	elveflom	2.46
10	2.21	2.10	elveflom	2.51
11	2.25	2.10	elveflom	2.55
12	2.30	2.10	elveflom	2.60
13 (plangrense sør)	2.34	2.10	elveflom	2.64
14	2.40	2.10	elveflom	2.70
15	2.44	2.10	elveflom	2.74
16	2.49	2.10	elveflom	2.79

3.3. utfordringer for ny og bevart bebyggelse

Flomsonekartleggingen av Møllendalselven (Asplan Viak, 2020), viser at Møllendalsveien 63 er utsatt for oversvømmelse fra både elveflom og stormflo i eksisterende situasjon.

På grunn av føringer for planområdet (se kapittel 2.1) vil det imidlertid være utfordrende å sikre ny og bevart bebyggelse på Møllendalsveien 63 mot flom/oversvømmelse.

3.3.1. Cementstøperiet

Cementstøperiet er regulert med hensynssone bevaring. Støperiet ligger i området hvor stormflo er dimensjonerende ved 200-års gjentaksintervall i fremtidens klima. Det er usikkert om stormflo er dimensjonerende for andre gjentaksintervall og referanseperioder, men dette kan ansees som sannsynlig.

Cementstøperiet ligger lavt over havet, med plan 1/bakkeplan på ca. kote 1.5 moh. Dette er betydelig lavere enn flomsikkert nivå (2.4 moh inkl. sikkerhetsmargin) ved ønsket bruk av bygget (næring, bolig - sikkerhetsklasse F2). Flomsikkert nivå for sikkerhetsklasse F1 kan forventes å være på 2.2 moh (20-års stormflo + havnivåstigning + sikkerhetsmargin). Altså selv ved annen bruk av støperiet (boder osv.) vil ikke sikkerheten mot flom være ivarettatt. Det bemerkes imidlertid at bygget mest sannsynlig ikke er utsatt for oversvømmelse i dagens klima, da dagens stormflo-nivåer ligger under 1.5 moh (se Tabell 3-1).

Siden bygget skal bevares, er det ikke mulig å heve byggehøyden over flomsikkert nivå eller dimensjonere/konstruere det slik at det tåler flom. Videre kan det bli problematisk å flomsikre bygget ved bruk av murer (se kapittel 3.4).

Uten flomsikring er det en risiko for at den gamle grunnmuren til Cementstøperiet (som er eksponert mot elven) blir utsatt for erosjon. Vannhastighetene (og følgelig erosjonspotensialet) i elven vil være størst når havnivået er lavt. Dette gir imidlertid også lavere vannstander i elven, og det er usikkert om flomnivået når opp til grunnmuren i en slik situasjon. Erosjonsfare i elven har ikke blitt vurdert ifm. tidligere kartlegginger.

3.3.2. Ny bebyggelse

Ny bebyggelse planlegges i området hvor elveflom er dimensjonerende ved 200-års gjentaksintervall i fremtidens klima. Her varierer flomsikkert nivå for sikkerhetsklasse F2 mellom 2.4 til 2.7 moh.

Dersom hele planområdet ikke sikres ved bruk av flommurer (se kapittel 3.4), vil det være utsatt for oversvømmelse. Ved å heve byggehøyden til inngangspartier og boder i plan 1,

kan en sikre disse mot flom og ivareta kravene i TEK 17 §7-2. Dette er imidlertid ikke mulig for parkeringsanlegget (som ligger på ca. kote +1.8 moh) på grunn av overgangen til eksisterende terreng. Et alternativ til å heve byggegrunnen er beskrevet i NVEs retningslinje *Flaum- og skredfare i arealplanar* (2014):

«Bygg med tilhørende installasjoner kan konstruerast slik at dei toler å bli utsette for overfløyning. Eit eksempel er å bygge parkeringshall i første etasje og sørge for å plassere installasjoner som ikkje toler vatn i flaumsikker høgde...»

Altså kan kravene i TEK17 §7-2 oppfylles ved å dimensjonere og konstruere parkeringsanlegget slik at det tåler flom.

Gateplan ved de nye blokkene er planlagt til å ligge på ca. kote 1.6-1.8 moh. Dette er nokså lavt under flomsikkert nivå, og det kan opptre større vanddybder. Fellesløsning/dekke (på kote 5.4 moh) gjør det imidlertid mulig å gå tørrskodd til inngangspartier på plan 2. Altså er NVEs anbefaling til flomfrie rømningsveier (se kapittel 2.2.2) ivarettatt.

3.3.3. Ny GS-bro

Planlegging av ny GS-bro er ikke en del av planarbeidet for Møllendalsveien 63. Utformingen av broen har imidlertid mye å si for flomsituasjonen i og utformingen av planområdet. Plassering av den nye GS-broen er vist i Figur 2-1.

I gjeldende plan for broen, er brodekke planlagt å ligge på kote 1.75 moh. Dette er under flomsikkert nivå. Med en slik høyde, vil en få en tilsvarende situasjon som i dag, hvor flomvann strømmer inn i planområdet gjennom åpningen mellom Møllendalsveien 63 og 62. Altså selv om en flomsikrer langs selve planområdet, vil det fortsatt være utsatt for oversvømmelse pga. den lave høyden til broen.

Dersom broen heves til kote 2.9 moh, som foreslått i planforslaget til Møllendal vest, vil det være mulig å hindre flomgjennomstrømningen mellom Møllendalsveien 63 og 62. Dette er imidlertid svært høyt over gulv og terrenghøyde ved Cementstøperiet, og kan by på utfordringer for utformingen av den nordvestlige delen av planområdet.

3.4. Flomsikring

Som følge av begrensinger i forhold til eksisterende terreng og bebyggelse, er det ikke mulig å heve hele planområdet over flomsikkert nivå. Følgelig må en eventuell flomsikring ivaretas ved å benytte flommur, evt. i kombinasjon med en forhøyet elvepromenade. Det er også mulig å utforme og konstruere bygningsfasader/grunnmurer som en flommur.

Flommur trenger mindre plass enn flomvoller, og er velegnet for et slikt område hvor det er trangt mellom vassdrag og bebyggelse.

Flomsikringen av planområdet må sees i sammenheng med planlegging og bygging av ny GS-bro. Dette er både på grunn av at høyden på broen bestemmer muligheten for flomsikring, samt at broens fundament/brohode blir en del av sikringstiltaket. Det er derfor naturlig at en eventuell flomsikring skjer i to steg;

- **Flomsikring steg 1:**

Søndre del mellom Møllendalsveien 63B og Cementstøperiet etableres samtidig med utbyggingen av ny bebyggelse i planområdet.

- **Flomsikring steg 2:**

Nordre del fra og med Cementstøperiet og opp til Møllendalsveien 62, inkludert ny bro, etableres ifm. bygging av broen.

I steg 1 etableres flommur langs ny bebyggelse, med en minimum høyde tilsvarende flomsikkert nivå (elveflom; 2.4 moh i nord, 2.7 moh i sør). Der det er mulig, heves elvepromenaden til samme nivå som flommuren for å skape bedre utsyn til elven.

I steg 2 etableres flomsikring for Cementstøperiet og ny bro. Flommuren må etableres ut i elveleiet, i tilstrekkelig avstand fra Cementstøperiet slik at det er plass til ny fundamentering og slik at en unngår å undergrave eksisterende fundamenter. Det kan også bli nødvendig at flommuren må trekkes vekk fra fasaden, slik at den ikke dekker til nedre del av vinduer i Cementstøperiet. Det er naturlig å tenke seg at flommuren legges ca. 3 meter fra Cementstøperiets yttervegg, slik at forlengelsen av elvepromenaden kan legges på utsiden av Cementstøperiet. Høyden på muren må være minimum 2.4 moh.

Merk at gjennomførelsen av steg 2 avhenger av om ny bro bygges med tilstrekkelig høyde. Dersom høyden på brodekke legges lavere enn flomsikkert nivå (2.4 moh), vil ikke flomsikringen ha ønsket effekt (se kapittel 3.3.3).

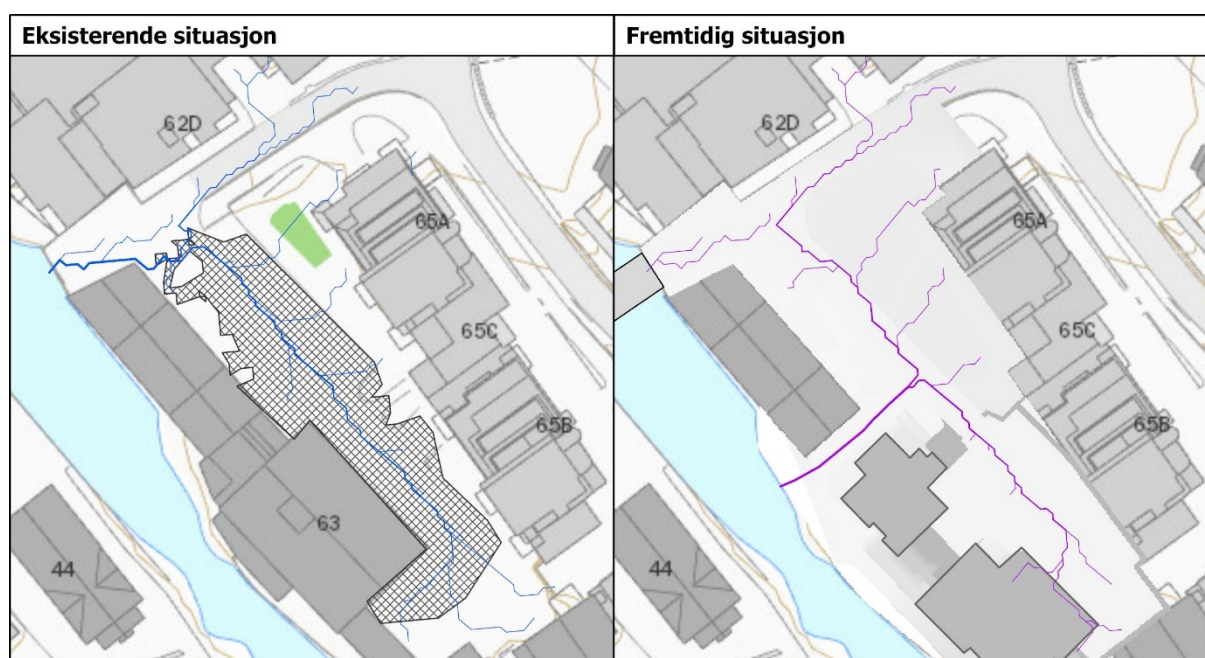
Hvis ikke steg 2 av flomsikringen blir gjennomført, kan sikkerheten mot flom ivaretas for ny bebyggelse ved å heve inngangspartier og boder over flomsikkert nivå og dimensjonere og konstruere garasjeanlegg til å tåle flom (se kapittel 3.3.2). Med steg 1 for flomsikring, sørger en for at den søndre delen av planområdet er sikret mot elveflom (opptil 2.7 moh), slik at kun vannstand ved stormflo blir dimensjonerende (2.4 moh).

Flomsikringstiltakene kan føre til endringer i elveleiet. Sikring den søndre delen av planområdet (steg 1) vil ikke føre til en nevneverdig innsnevring av dagens elveløp, da eksisterende bygg (som skal rives) ligger svært tett på elvebredden. Det vil imidlertid bli

problematisk å flomsikre Cementstøperiet og broen (steg 2) uten at tverrsnittet til elveløpet reduseres. NVE har i forbindelse med planarbeidet for Møllendalsveien 64 stilt krav til at elvebredden ikke skal innsnevres, og et planforslag med flomsikringstiltak for Cementstøperiet (steg 2) risikerer derfor innsigelse fra NVE.

3.5. Flom og avrenning ut av planområdet

For å finne ut hvor avrenning og eventuelt flomvann vil samle seg opp og strømme ut av planområdet, er det foretatt analyser i overflatemodellen SCALGO Live. Resultatet (genererte dreneringslinjer og forsenkninger) er vist i Figur 3-5. Planområdet har et lokalt nedbørfelt på ca. 0.6 ha.



Figur 3-5 Kartutsnitt som viser dreneringslinjer og forsenkninger (skravert) ved planområdet ved eksisterende situasjon, og anbefalt fremtidig situasjon.

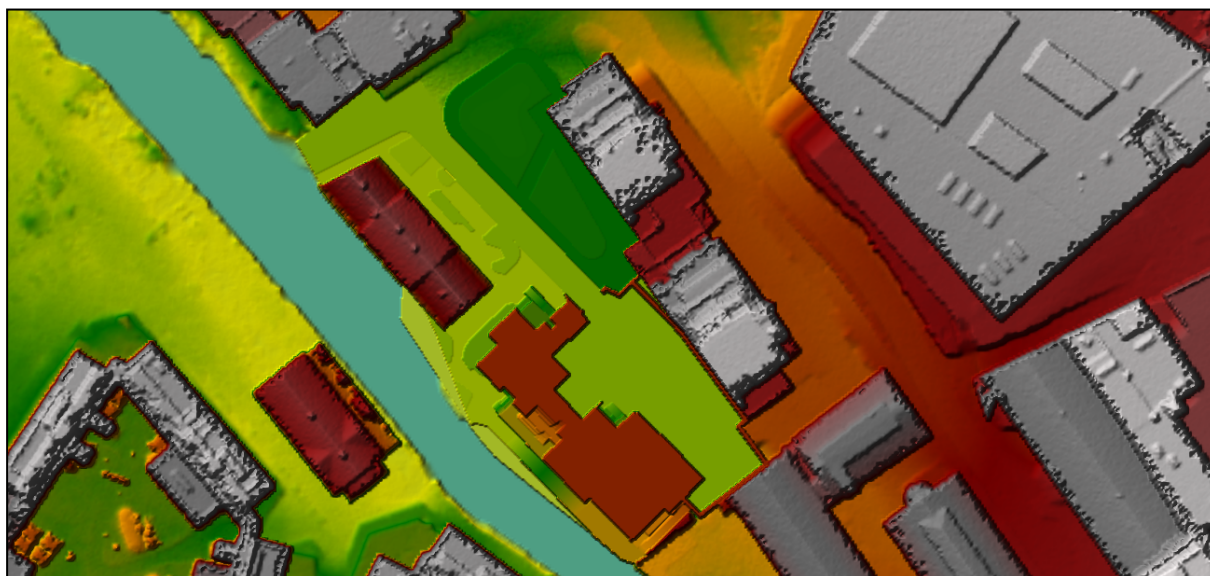
I eksisterende situasjon er det en større forsenkning midt i planområdet, med en maksimal dybde på ca. 20 cm ved lavpunktet midt i forsenkningsarealet. Når denne forsenkningen er fylt opp, vil vannet strømme videre gjennom åpningen mellom Møllendalsveien 62 og 63. Ved en større regnhendelse og/eller resesjon av stormflo eller elveflom, er det mulig at denne forsenkningen forblir vannfylt over en lengre periode med mindre sluk i bunnen av forsenkningen fører bort vannmengdene.

Generelt er det ønsket at flomhåndtering skal skje åpent og ikke være avhengig av infrastruktur under bakken, da sluk kan bli tette og/eller ledninger være overbelastet. Det er derfor anbefalt at planområdet utformes slik at en har tilstrekkelig med fall til et utløp i elven. Det vil være problematisk å beholde dagens utløp mellom Møllendalsveien 62 og 63, da Cementstøperiet skal bevares og det er usikkert hvordan vegen til ny GS-bro utformes. Det er derfor naturlig å utnytte seg av åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse. Det er anbefalt å opparbeide en renne eller lignende, omtrentlig fra dagens lavpunkt i planområdet, som går gjennom åpningen og ut til elven, og sørge for at gateplan og garasjeanlegg har en helning mot denne rennen. Med disse tiltakene kan avrenning og flomvann strømme ut av planområdet uten vannoppsamlinger.

Dersom hele planområdet flomsikres (se kapittel 3.4), vil det ikke være mulig å ha et «åpent» utløp til Møllendalselven. En eventuell flommur vil hindre at flomvann trenger inn, men også at avrenning kan strømme fritt ut. I dette tilfellet må det anlegges et rør med tilbakeslagsventil i muren ved utløpspunktet.

3.6. Vurdering av fremtidig/prosjekttert situasjon

For å kartlegge konsekvenser av tiltak i planområdet på flomsituasjonen i Møllendalselven, er det utført hydraulisk analyse av fremtidig/prosjekttert situasjon. Denne analysen baserer seg på det samme hydrologiske og hydrauliske grunnlaget som ligger til grunn for flomsonekartleggingen av eksisterende situasjon, men med en oppdatert terrengmodell (se Figur 3-6).



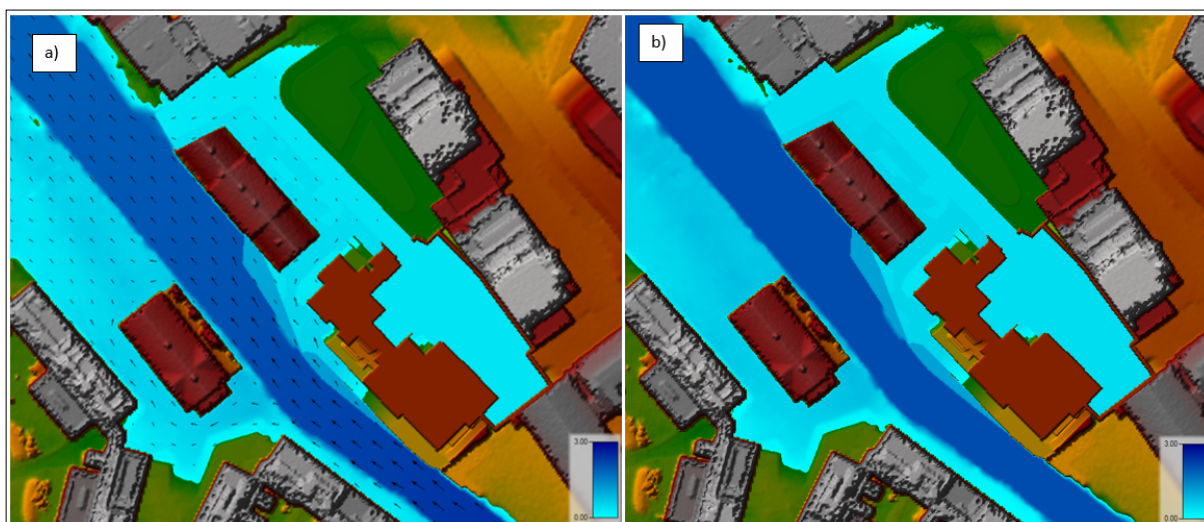
Figur 3-6 Terrengmodell for fremtidig/prosjekttert situasjon (basert på 3D modell fra LINK Arkitektur, 18.11.21).

Det er benyttet en 3D-modell av planområdet, oversendt av LINK Arkitektur 18.11.2021. Denne modellen inkluderer kun flomsikringstiltak innen steg 1 (se kapittel 3.4), da det er usikkert hvordan endelig utforming for ny GS-bro vil bli. Det vil si at det er lagt inn en mur for å beskytte den søndre delen av planområdet mot oversvømmelse, hvorav muren går langs en forhøyet elvepromenade samt bygningsfasader/grunnmurer. Det er videre forutsatt at inngangspartier og boder i plan 1 heves over flomsikkert nivå (2.4 moh), og at parkeringsanlegg dimensjoneres for å tåle oversvømmelse.

3.6.1. Resultater fra hydraulisk analyse av fremtidig situasjon

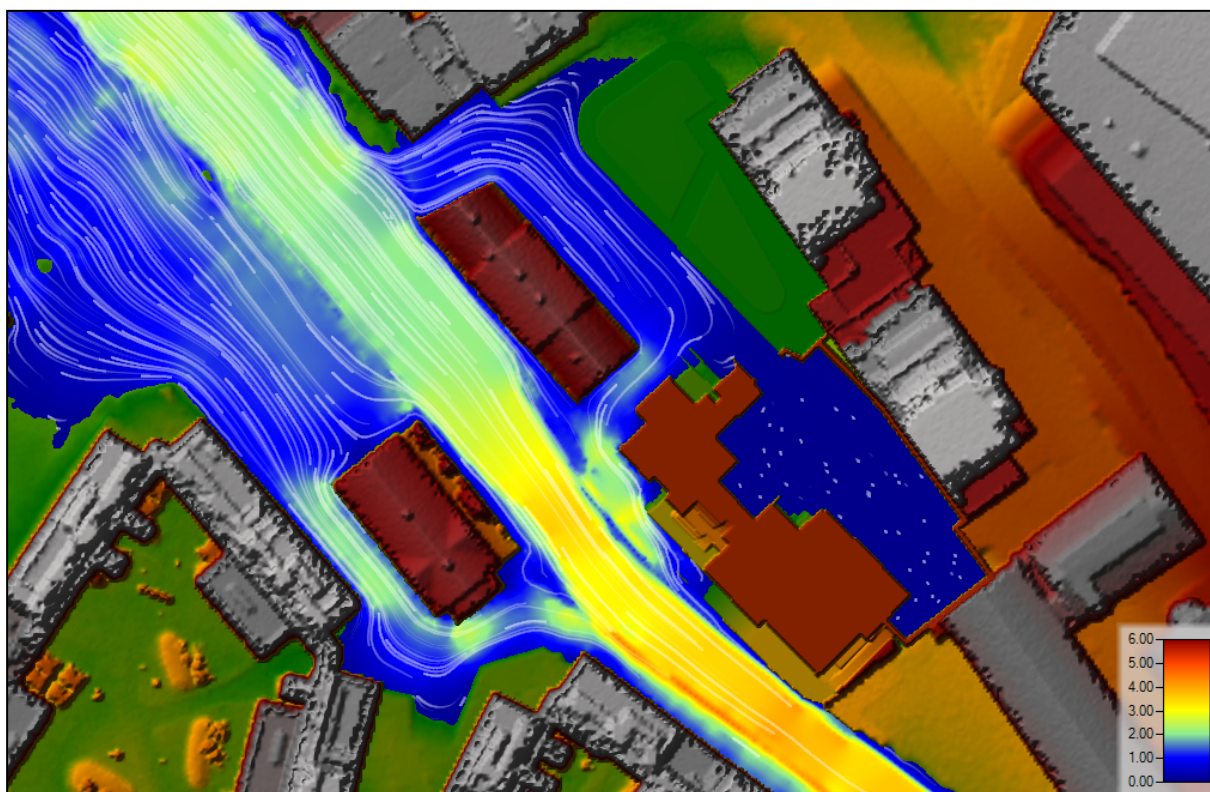
Resultatene fra analysen av fremtidig/prosjektert situasjon vist i Figur 3-7 og Figur 3-8.

En kan se at vannet strømmer inn i planområdet gjennom åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse, og at gatene og parkeringsanlegget blir oversvømt. Videre er det, som i eksisterende situasjon, elflom som er den dimensjonerende flomkilden i det sørøstlige delen av planområdet mens stormflo er dimensjonerende ved Cementstøperiet i nordvest.



Figur 3-7 Modellert utbredelse og vanndybde i meter ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag (a) og 200-års stormflo inkl. havnivåstigning (b) i HEC-RAS for fremtidig/prosjektert situasjon.

Deler av elvepromenaden blir oversvømt, og det er stedvis nokså høye vannhastigheter over terrenget her (opptil 3 m/s) under elflom. Det er også relativt store vannhastigheter gjennom åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse – opptil 1.7 m/s. Det kan følgelig bli nødvendig å erosjonssikre/beskytte disse områdene, spesielt den sørøstlige fasaden til Cementstøperiet.



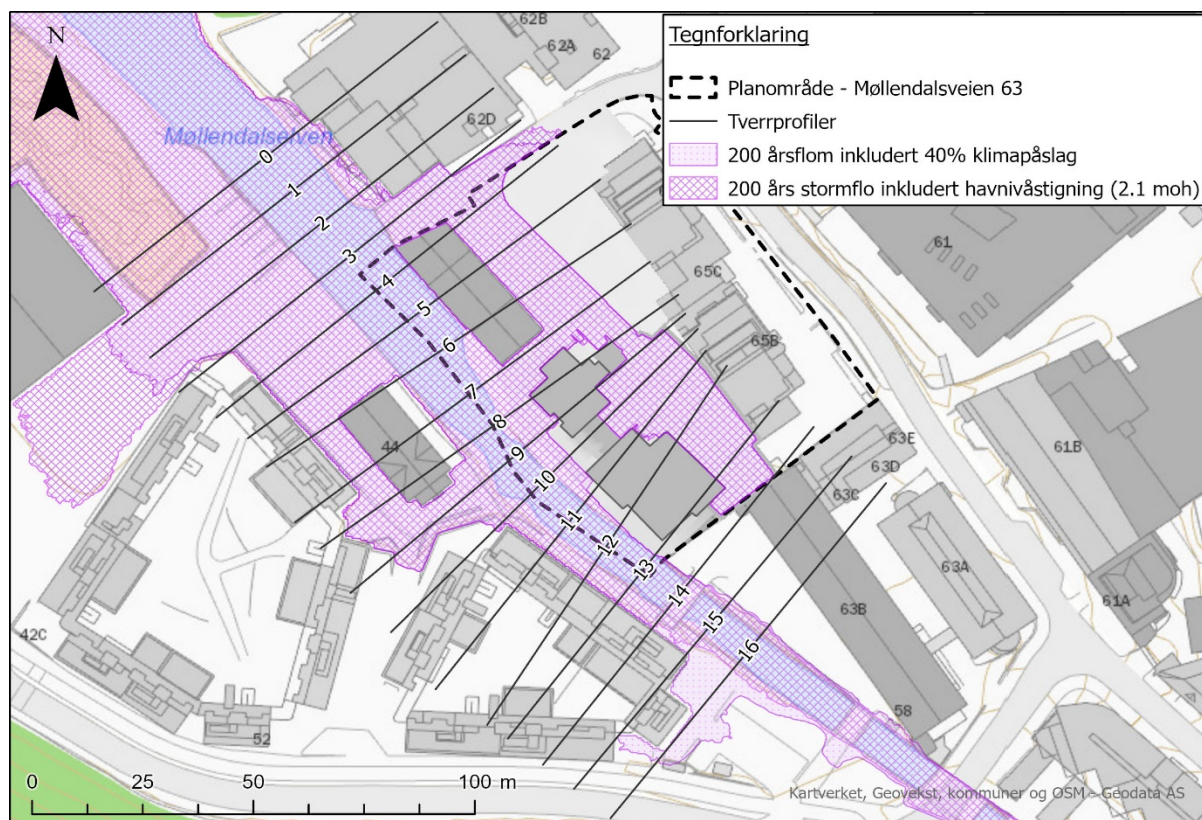
Figur 3-8 Modellert strømningshastighet i m/s ved elveflom (200-årsflom inkl. 40% klima) i HEC-RAS for fremtidig/prosjektert situasjon.

3.6.2. Endringer grunnet tiltak

For å kartlegge endringer i flomsituasjonen, er resultater for eksisterende og fremtidig/prosjektert situasjon hentet ut og sammenlignet for 17 utvalgte tverrsnitt – se Figur 3-9 og Tabell 3-4. Vannlinjer og vannhastigheter i disse profilene er også illustrert i diagrammer i Vedlegg 3.

En kan se at tiltakene i Møllendalsveien 63 har nokså liten innvirkning på flomsituasjonen i elvetrauet, og tilnærmet ingen innvirkning på situasjonen oppstrøms og nedstrøms planområdet. På grunn av åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse, har flommen et større areal å bre seg utover i, noe som fører til en noe redusert vannstand og til dels vannhastighet. Helt sørøst i planområdet, der en har en forhøyet elvepromenade, er tverrsnittet til elven litt redusert, som fører til en liten økning i vannhastighet. Også langs Cementstøperiets østlige side er vannhastigheten noe økt ift. eksisterende situasjon.

Totalt sett ansees konsekvensene av tiltakene på flomsituasjonen i Møllendalselven å være minimale, og flomfaren vil ikke bli økt. Tiltakene vil ikke ha noen innvirkning på stormflo.



Figur 3-9 Kartutsnitt som viser flomsoneer for fremtidig/prosjektert situasjon og tverrprofil.

Tabell 3-4 Resultater fra hydraulisk analyse av elveflom (200-årsflom inkl. 40% klima). Angitte verdier er maksverdier som opptrer i elvetrauet.

Profil nr.	Eksisterende situasjon		Fremtidig situasjon		Endring	
	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]
0	2.26	1.89	2.26	1.89	0.00	0.00
1	2.26	1.91	2.27	1.91	+0.01	0.00
2	2.33	1.94	2.33	1.94	0.00	0.00
3	2.07	1.96	1.98	1.96	-0.09	0.00
4	2.10	1.98	2.03	1.98	-0.07	0.00
5	2.32	2.00	2.09	2.00	-0.23	0.00
6	2.55	2.02	2.51	2.02	-0.04	0.00
7	2.92	2.06	2.91	2.06	-0.01	0.00
8	3.94	2.10	3.43	2.10	-0.51	0.00
9	3.65	2.16	3.41	2.15	-0.24	-0.01
10	3.36	2.21	3.25	2.19	-0.11	-0.02
11	3.39	2.25	3.44	2.23	+0.05	-0.02
12	3.39	2.30	3.52	2.28	+0.13	-0.02
13	3.82	2.34	4.01	2.33	+0.19	-0.01
14	3.62	2.40	3.65	2.39	+0.03	-0.01
15	3.61	2.44	3.61	2.43	0.00	-0.01
16	3.64	2.49	3.65	2.48	+0.01	-0.01
Min:					-0.51	-0.02
Gjennomsnitt:					-0.05	-0.01
Maks:					+0.19	0.00

4. Konklusjon og anbefalinger

Flomvurderingen av Møllendalsveien 63, viser at planområdet er utsatt for oversvømmelse av både flom og stormflo. Vurderingen er basert på flomsonekartlegging av Møllendalselven, for en returperiode på 200 år i fremtidens klima (gjelder for sikkerhetsklasse F2 for flom).

I den nordlige delen av planområdet er det stormflo som er dimensjonerende, med et flomsikkert nivå på 2.4 moh. Fra ca. midt i planområdet og sørover, hvor det planlegges ny bebyggelse, er elveflom dimensjonerende med et flomsikkert nivå fra 2.4 til 2.7 moh.

Som følge av begrensinger i forhold til eksisterende terreng og bebyggelse, er det ikke mulig å heve hele planområdet over flomsikkert nivå. Følgelig må en eventuell flomsikring ivaretas ved å benytte flommur, evt. i kombinasjon med en forhøyet elvepromenade for å skape bedre utsyn til elven. Det er også mulig å utforme og konstruere bygningsfasader/grunnmurer som flommur.

Flomsikring av planområdet avhenger i stor grad av planlagt GS-bro over Møllendalselven; flomvannet vil strømme inn til planområdet gjennom åpningen mellom Møllendalsveien 62 og 63 dersom broen blir utformet med for lav høyde. Det er derfor naturlig at flomsikringen skjer i to steg, med tilhørende forutsetninger, konsekvenser og utfordringer;

- Steg 1) Flomsikre søndre del av planområde (ny bebyggelse)
 - Etableres samtidig med utbygging av ny bebyggelse
 - Tillater oversvømmelse av planområdet, men med et redusert flomsikkert nivå til 2.4 moh i søndre del
 - Tillate at Cementstøperiet er utsatt for flom (disp. fra TEK 17 §7-2)
 - Dimensjonere og konstruere garasjeanlegg i ny bebyggelse slik at det tåler flom, med tekniske installasjoner over flomsikkert høyde
 - Heve inngangspartier og boder i ny bebyggelse over flomsikkert nivå
- Steg 2) Flomsikre nordre del av planområdet (Cementstøperi og ny GS-bro)
 - Etableres i forbindelse med bygging av ny bro
 - Sammen med steg 1, vil steg 2 medføre at hele planområdet sikres mot oversvømmelse
 - Forutsetter at ny GS-bro blir bygget med høyde over flomsikkert nivå
 - Gir mindre bruk av fasader mot elven for eksisterende og ny bebyggelse
 - Gir redusert tverrsnitt i elv - fare for innsigelse fra NVE

Steg 1 legger opp til at ny bebyggelse sikres mot flom, uavhengig om et eventuelt steg 2 gjennomføres. Hydraulisk analyse av fremtidig/prosjektert situasjon med steg 1 av flomsikring, viser at vannhastighetene over den lavereliggende delen av elvepromenaden, samt gjennom åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse, kan bli nokså høye. Det er følgelig anbefalt å undersøke om det er behov for å erosjonssikre/beskytte disse områdene. Dette gjelder spesielt den sørøstlige fasaden til Cementstøperiet, til dels også langsiden mot øst, da vannhastighetene langs bygget er noe økt sammenlignet med eksisterende situasjon. Tiltakene i planområdet har for øvrig nokså liten innvirkning på flomsituasjonen i Møllendalselven, og ingen innvirkning på situasjonen oppstrøms og nedstrøms. Generelt er vannhastigheter, og til dels vannstand, i elvetrauet noe redusert ift. eksisterende situasjon. Helt sørøst i planområdet, der en har en forhøyet elvepromenade, er tverrsnittet til elven litt redusert, noe som fører til en liten økning i vannhastighet. Totalt sett ansees konsekvensene av tiltakene på flomsituasjonen i Møllendalselven å være minimale, og flomfaren vil ikke bli økt.

For å sørge for at flomvann og avrenning kan strømme uhindret ut av planområdet, uten vannoppsamlinger, er det anbefalt at planområdet utføres med fall til et utløp i Møllendalselven i åpningen mellom Cementstøperiet og ny bebyggelse.

Kilder

- **Asplan Viak** (2020). Flomsonekartlegging Møllendalselven. Versjon 02 datert 25.09.2020. Oppdragsnummer 628769-01.
- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). Byggteknisk forskrift. TEK17.
- **DSB** (2016). Havnivåstigning og stormflo. DSB-veileder.
- **NVE** (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Revidert 22. mai 2014. NVE retningslinje 2/2011
- **Ryalen, P. C., Orvedal, K.** (red) (2015). Flom og stormflo. NVE rapport 83/2015.

Vedlegg

Vedlegg 1 Stormflonivåer hentet fra Kartverket - Se havnivå

Vedlegg 2 Oversiktskart

Vedlegg 3 Tverrprofiler

Vedlegg 4 Flomsonekart - eksisterende situasjon

Vedlegg 5 Flomsonekart - fremtidig situasjon

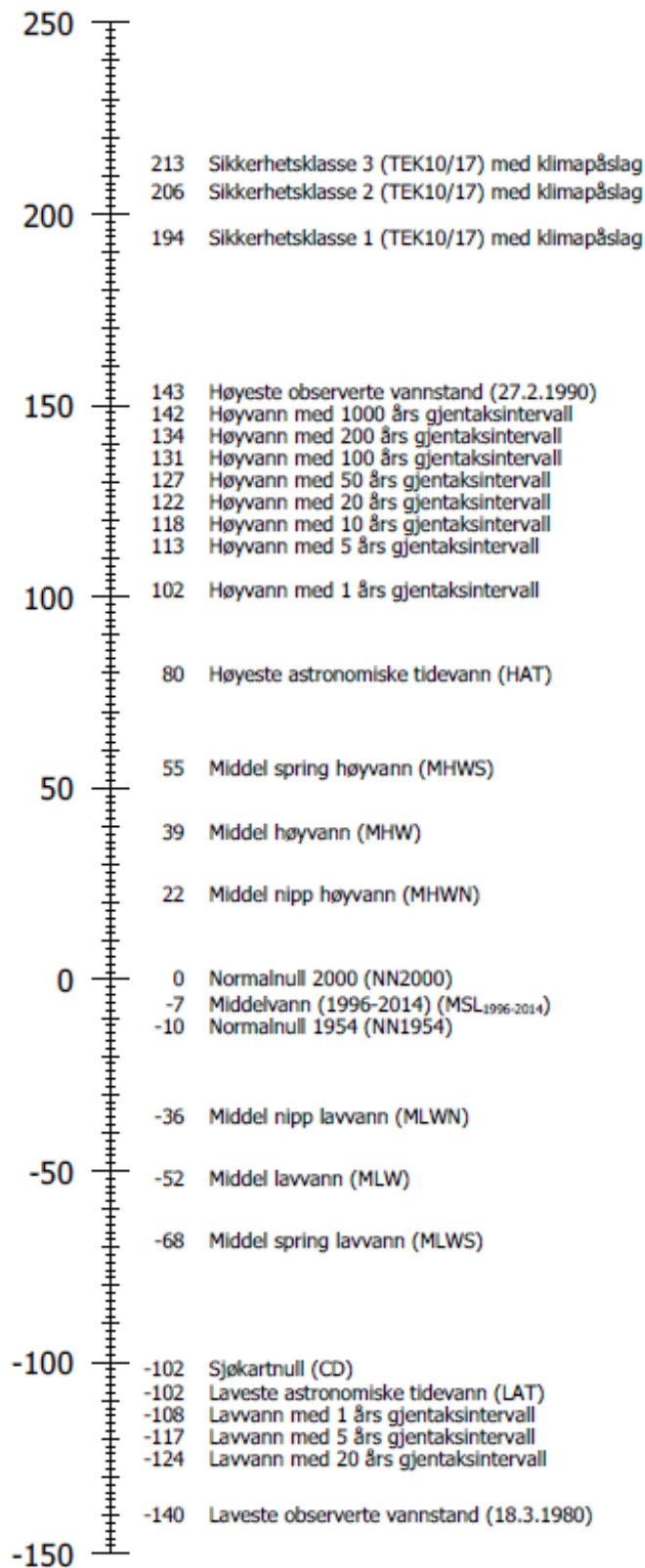
Vedlegg 1 - Stormflonivåer

23. september 2021



Møllendal

Nivåskisse med de viktigste vannstands nivåene og ekstremverdier



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000.

Vedlegg 1 - Stormflonivåer

Tall som presenteres her er basert på rapporten «Sea Level Change for Norway - Past and Present Observations and Projections to 2100», bestilt av Miljødirektoratet. Rapporten inneholder de offisielle tallene.

Hvordan havnivåendringen blir, avhenger av hvor stort utslipp av klimagasser vi kommer til å ha fremover. Ulike utslippsscenarioer for klimagasser er beskrevet i den femte hovedrapporten til FNs klimapanel (IPCC), og tre av disse er vurdert her.

RCP2.6 innebærer drastiske utslippskutt allerede fra 2020

RCP4.5 innebærer små endringer av utslipp fram til 2050 og deretter utslippskutt

RCP8.5 innebærer at utslippene av klimagasser fortsetter å øke i dagens tempo

Tallene gjelder for Bergen kommune. Utgangspunktet for modellene er Bergen.

	2041-2060	2081-2100	2100
Lavt utslipp (RCP2.6)	16 cm (4 – 27 cm)	22 cm (3 – 41 cm)	23 cm (2 – 45 cm)
Redusert utslipp (RCP4.5)	16 cm (5 – 27 cm)	31 cm (10 – 51 cm)	33 cm (11 – 55 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	20 cm (7 – 33 cm)	47 cm (23 – 71 cm)	53 cm (26 – 80 cm)

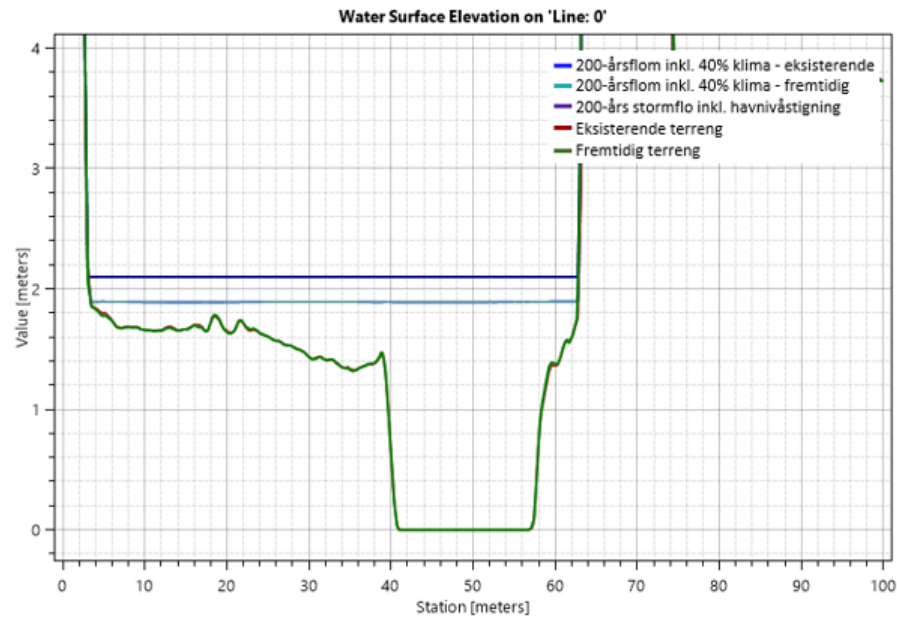
Tabellen presenterer framskrivinger for framtidig havnivå for årene fram til 2100 sammenlignet med perioden 1996-2005. Tabellen viser framskrivningenes middelveier samt nedre og øvre grense for det sannsynlige intervallet for havnivåendringene.

Vedlegg 2 - Oversiktskart

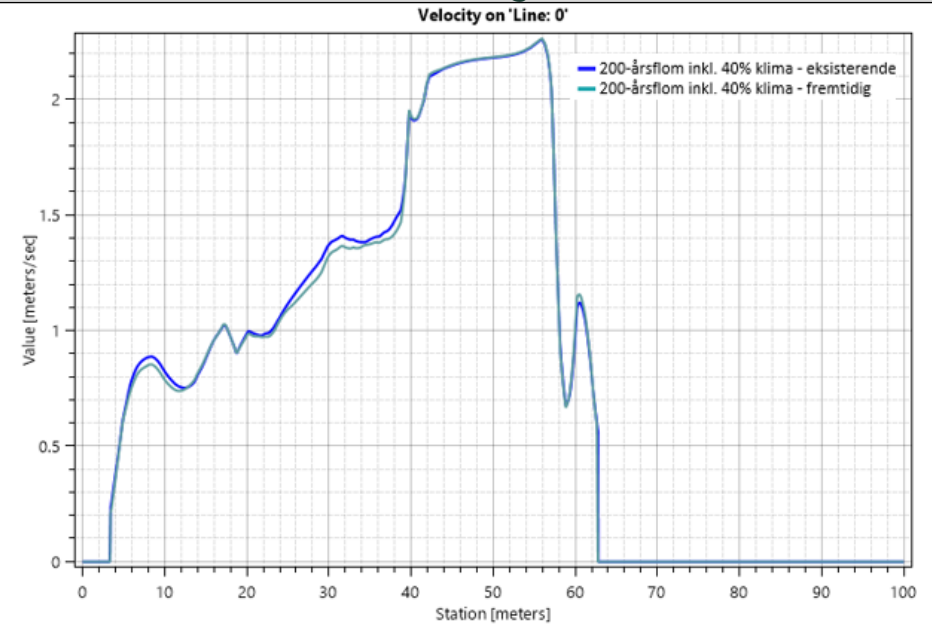


Vedlegg 3 - Tverrprofiler

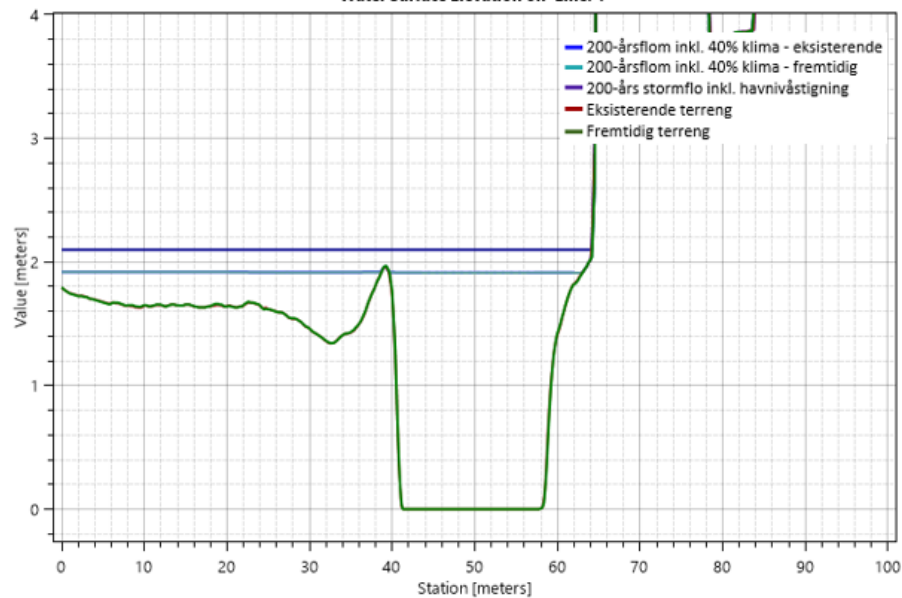
Vannstand



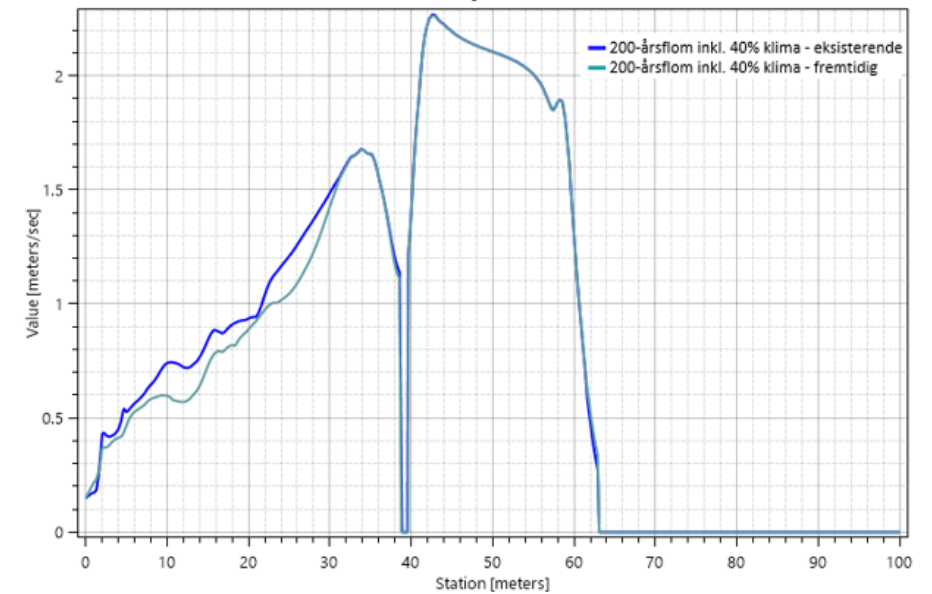
Vannhastighet



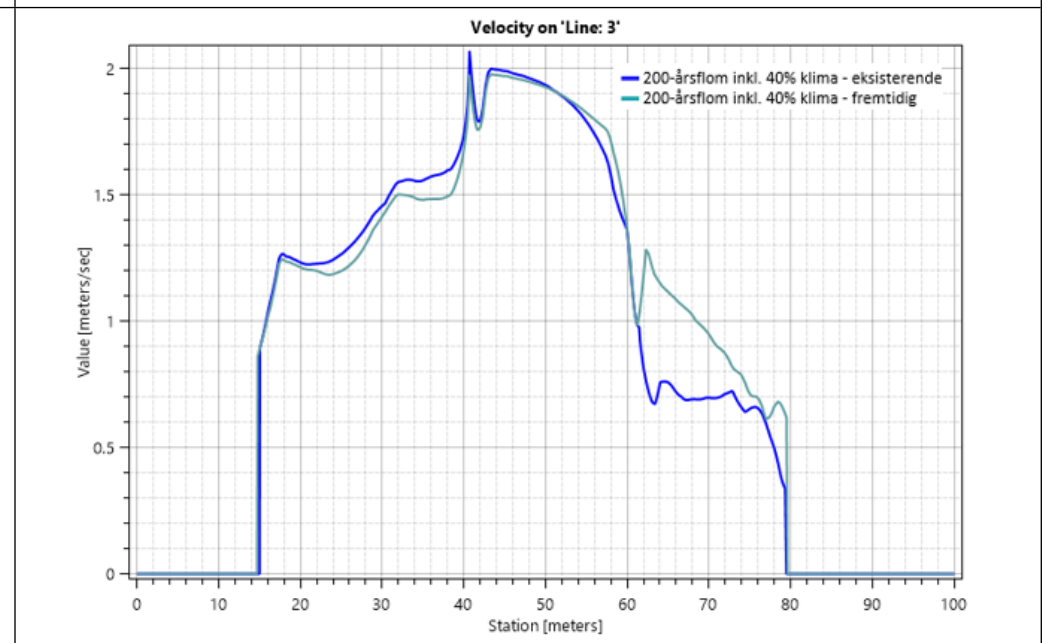
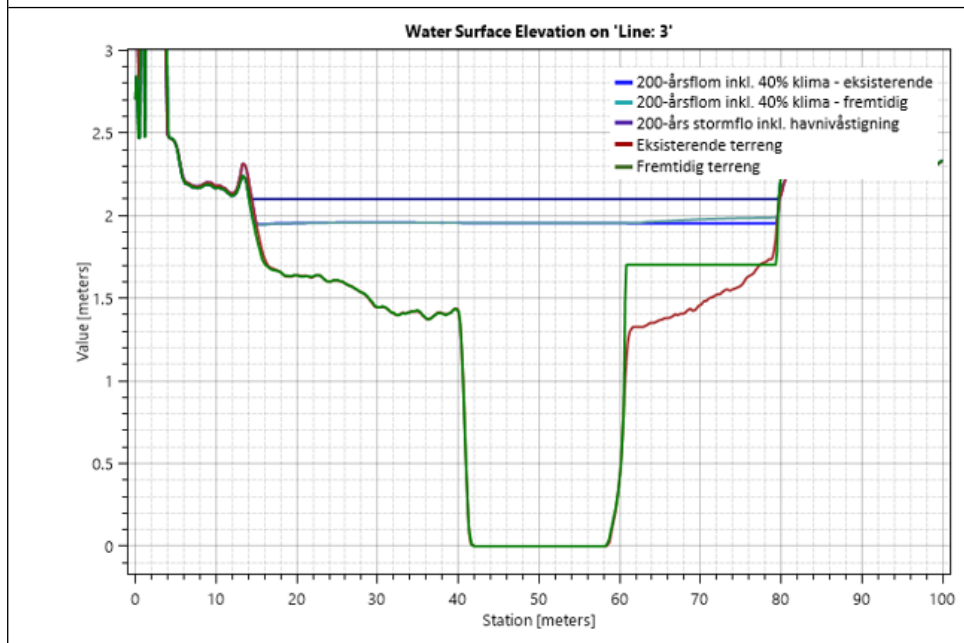
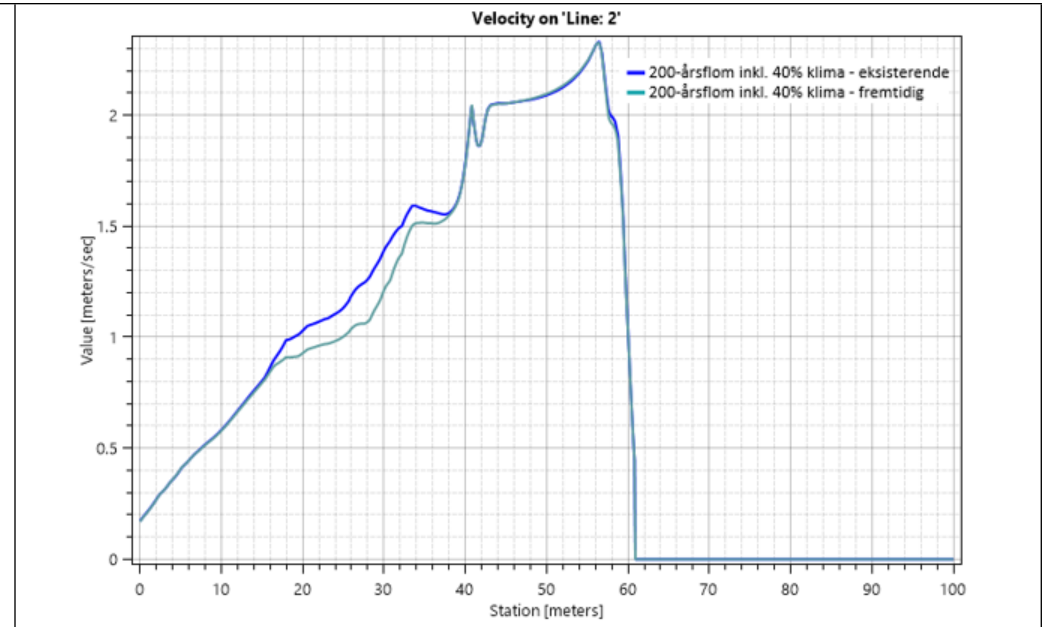
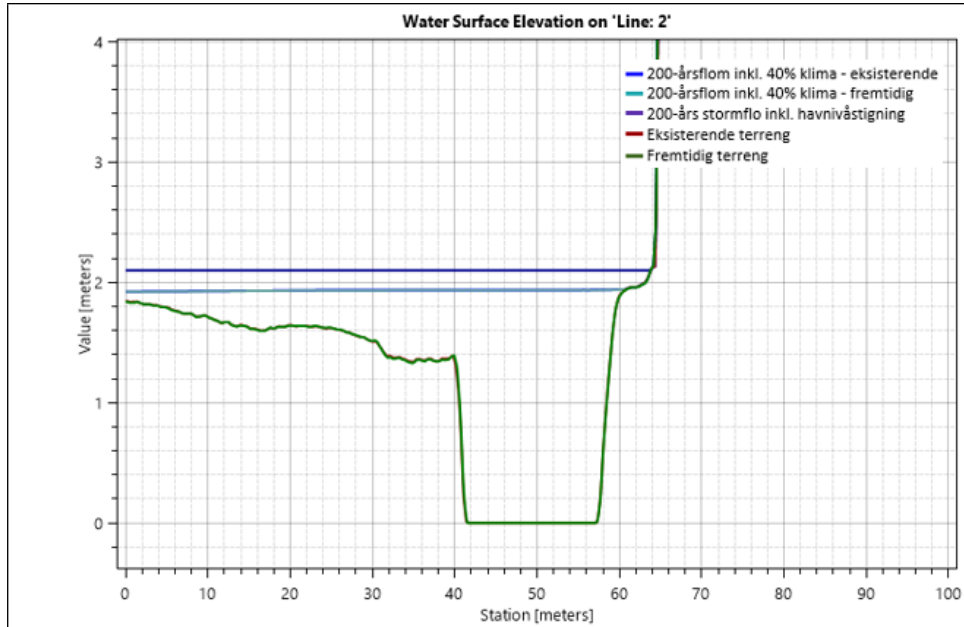
Water Surface Elevation on 'Line: 1'



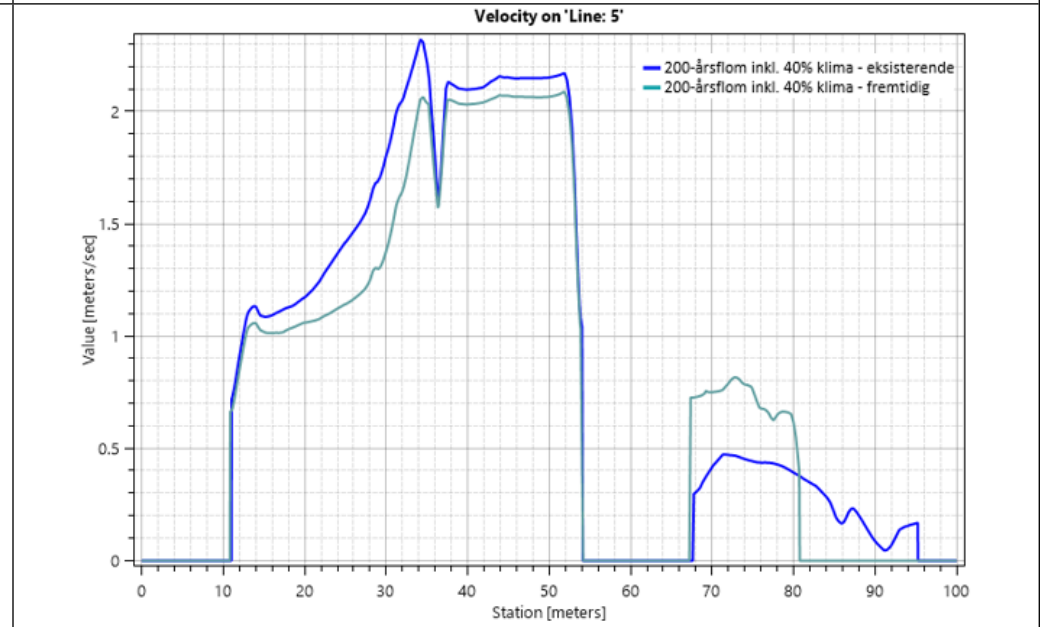
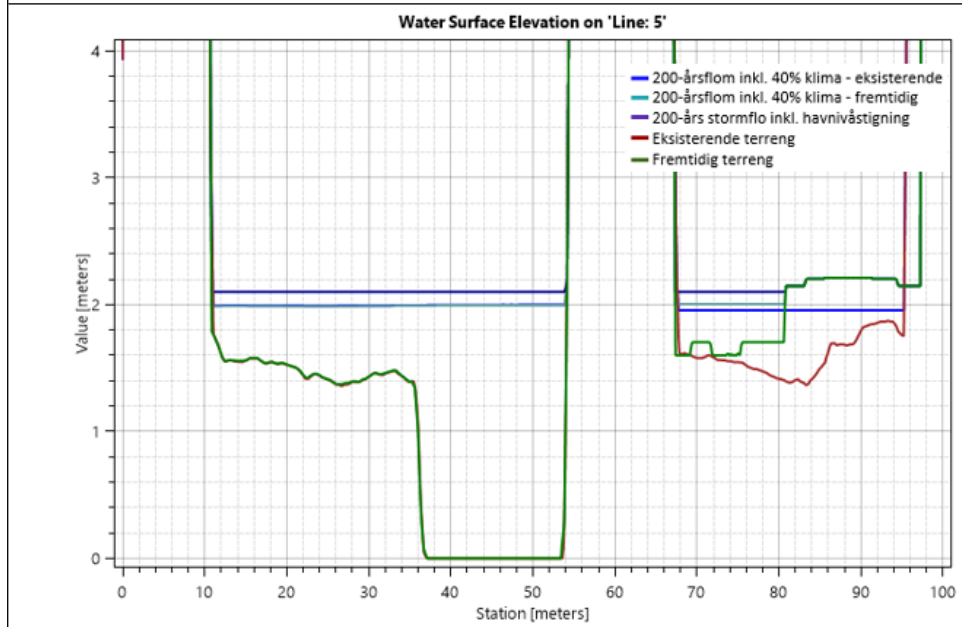
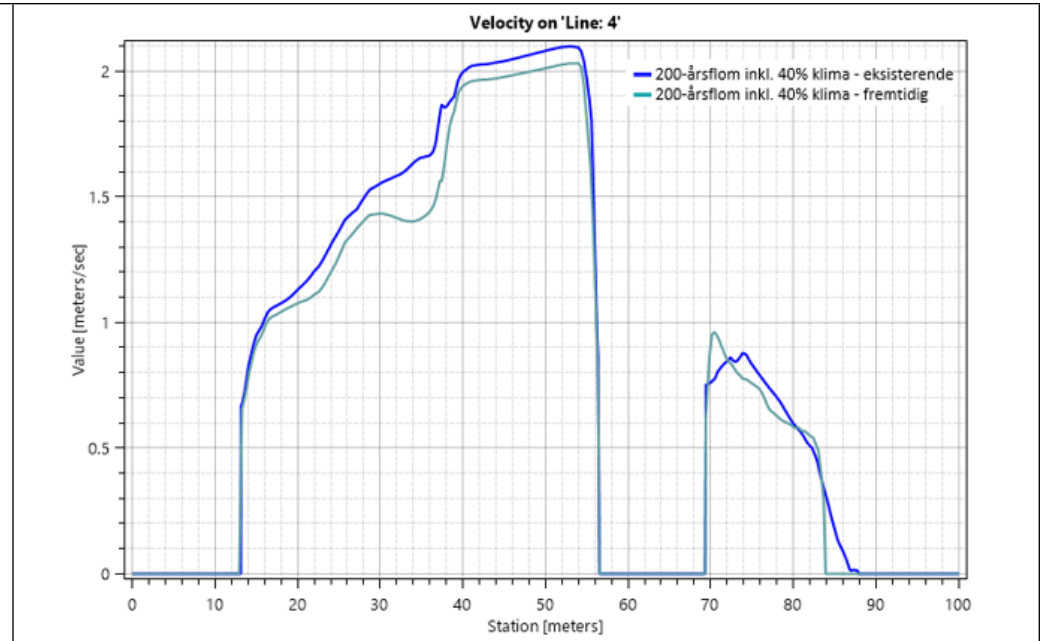
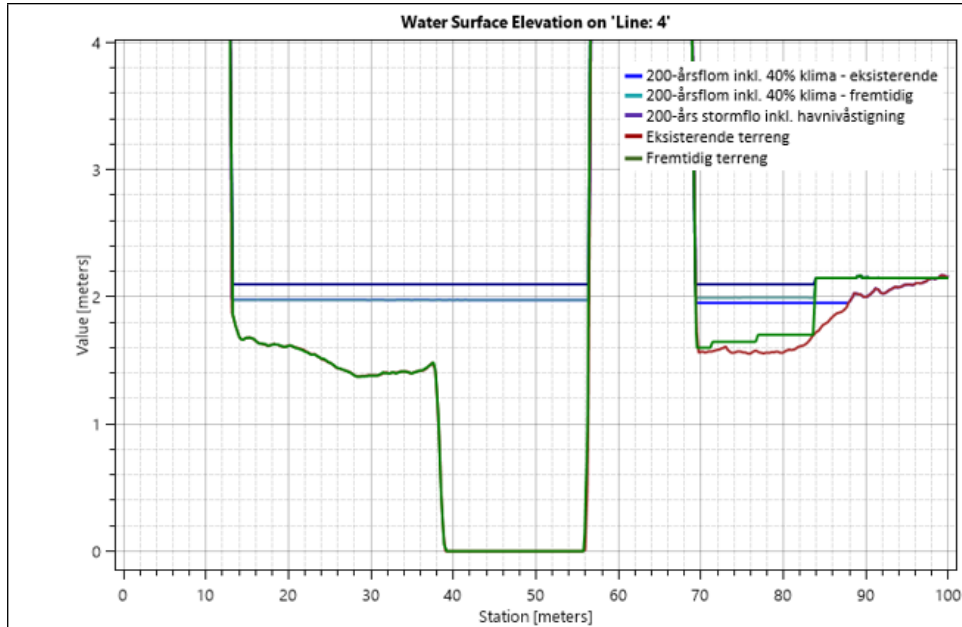
Velocity on 'Line: 1'



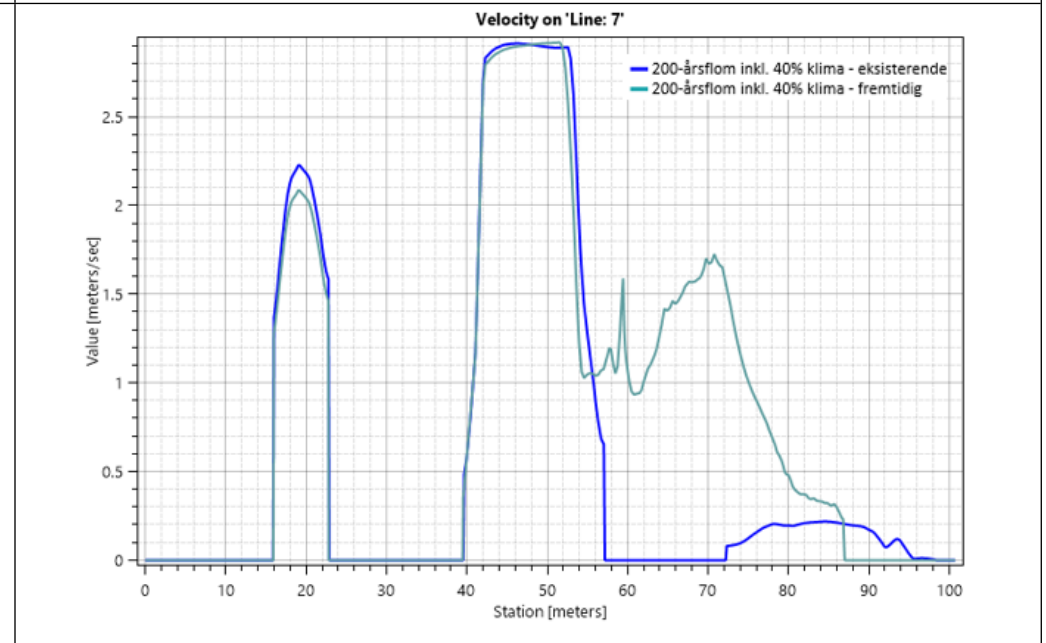
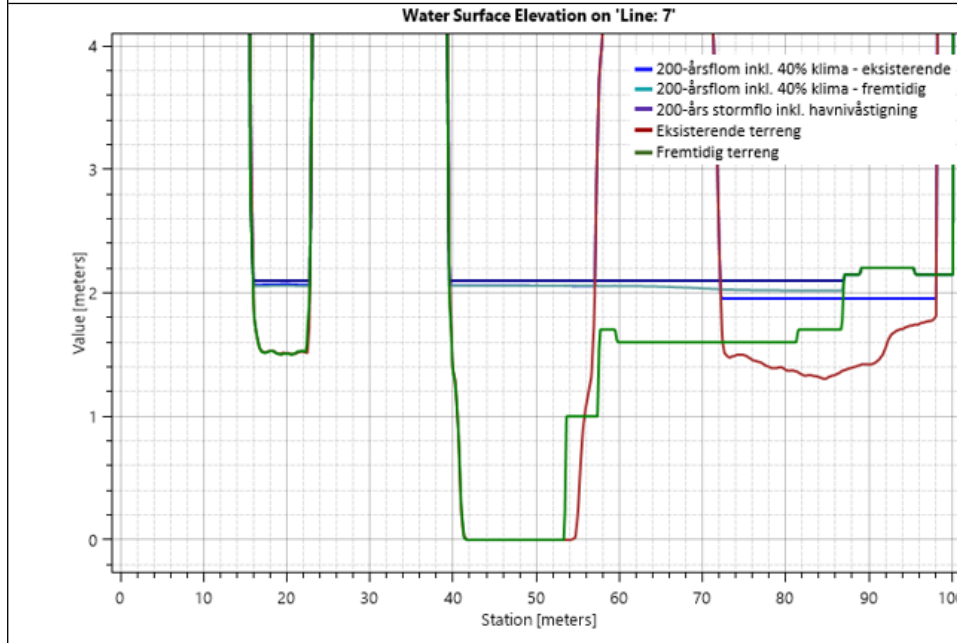
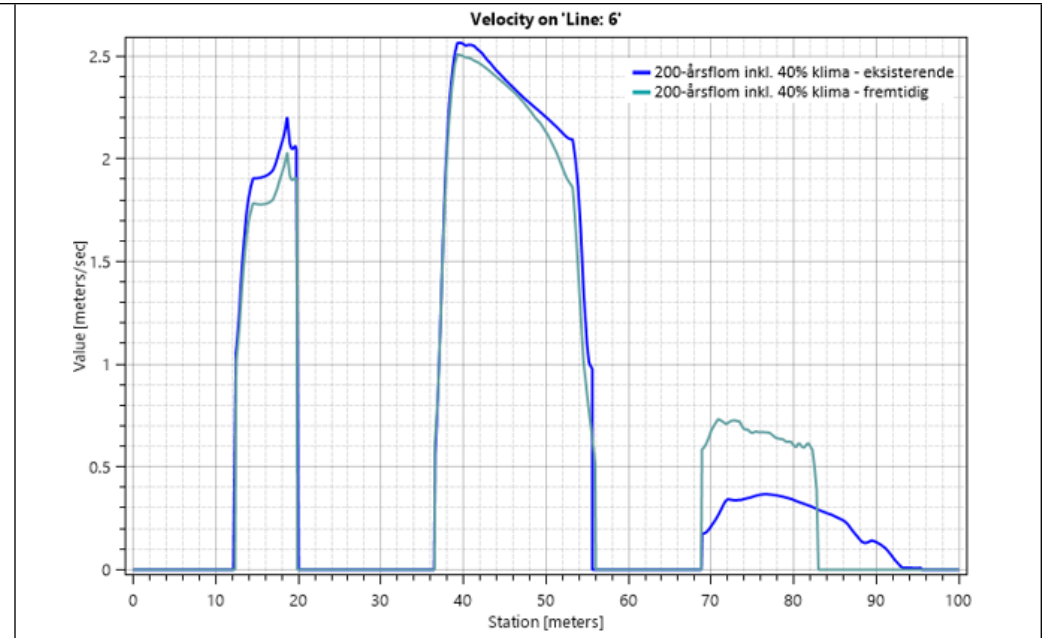
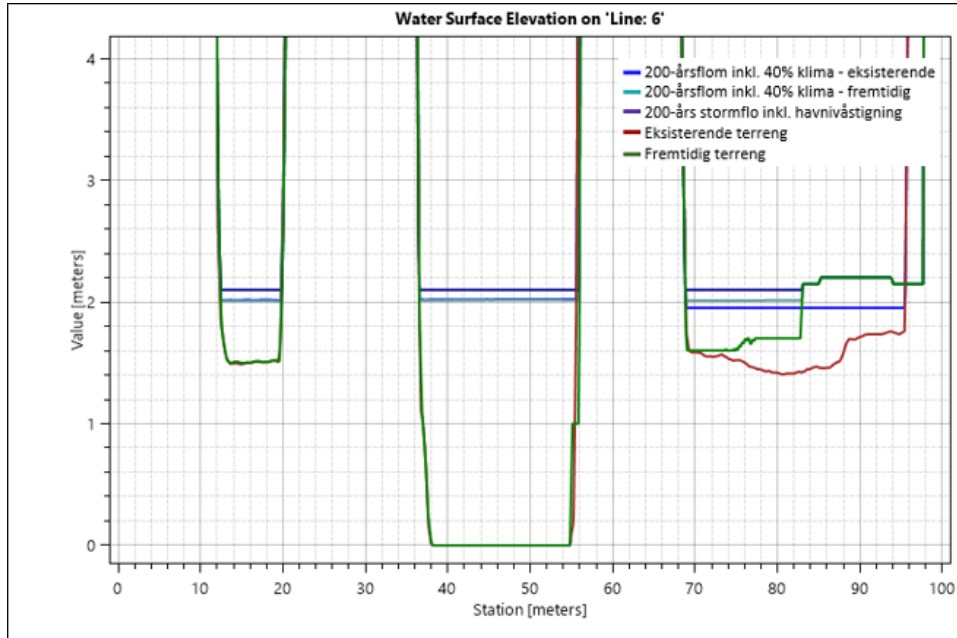
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



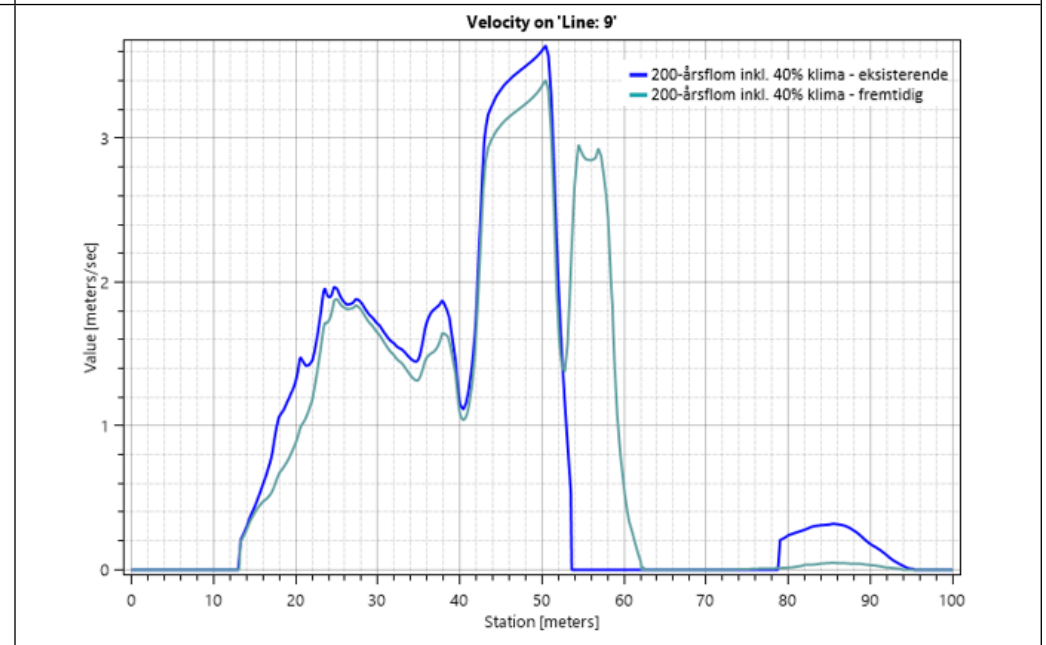
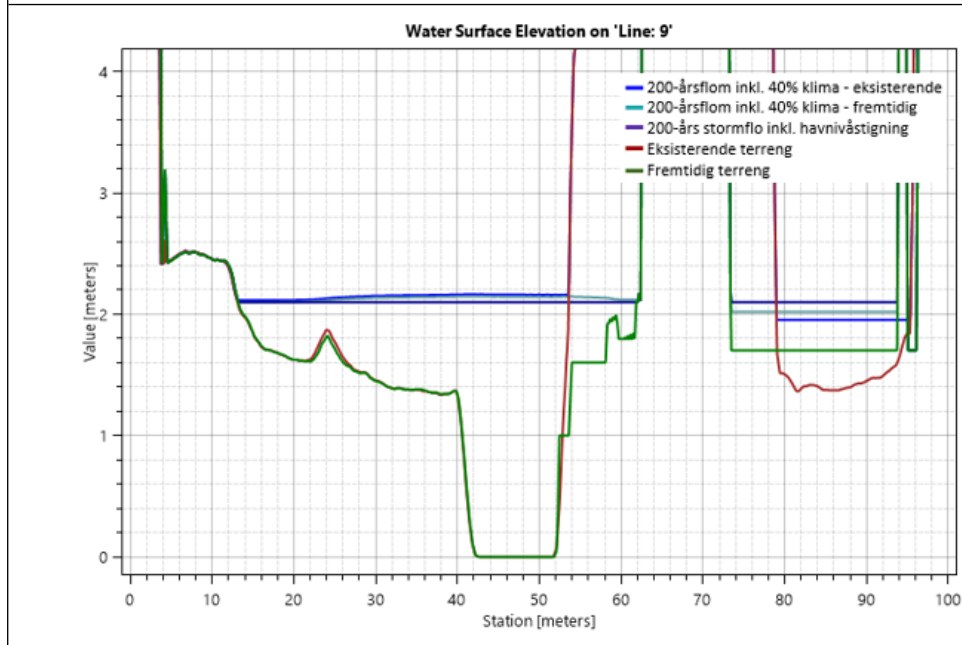
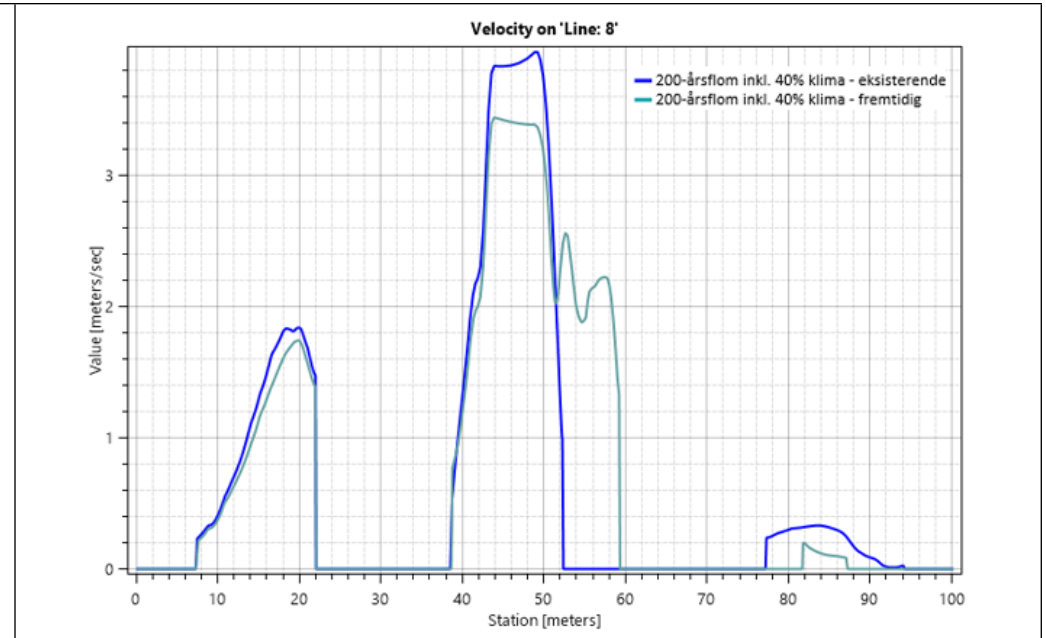
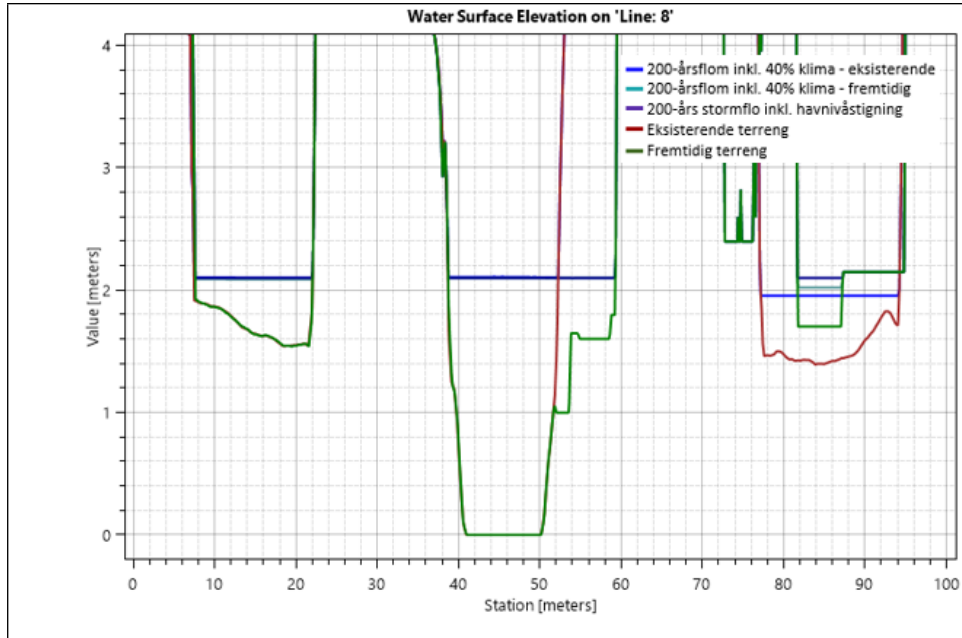
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



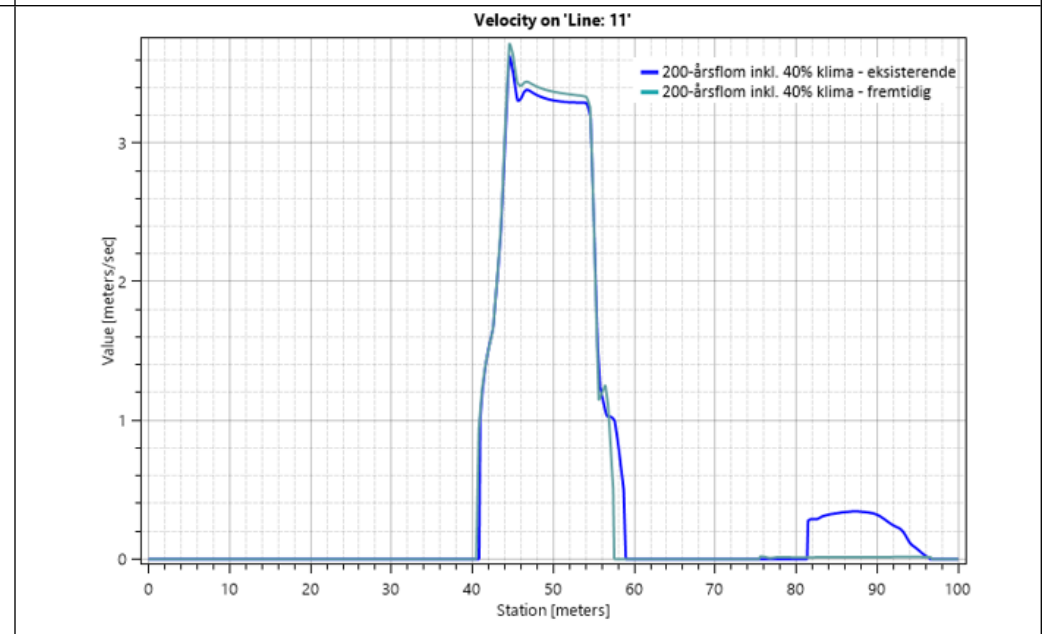
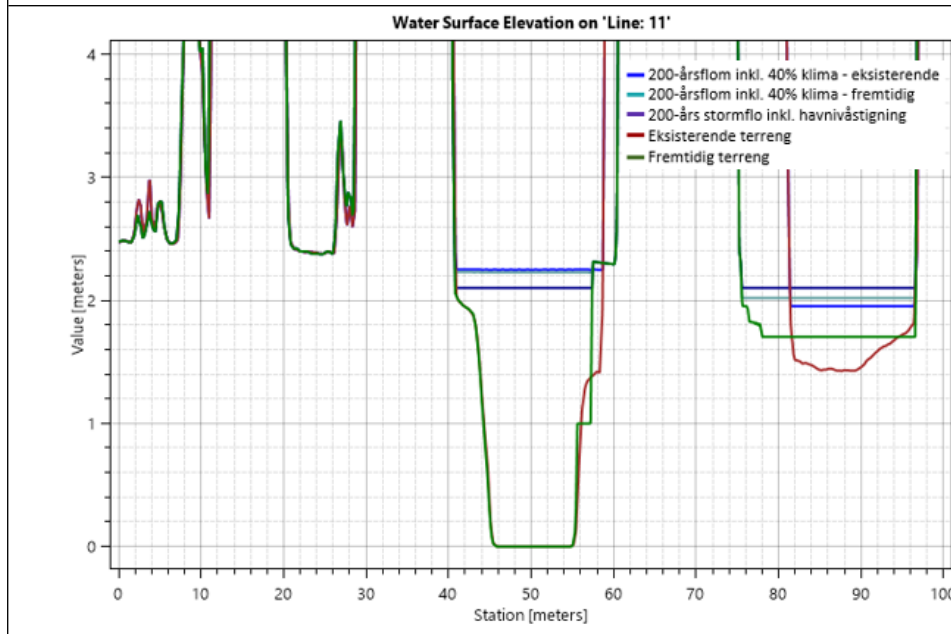
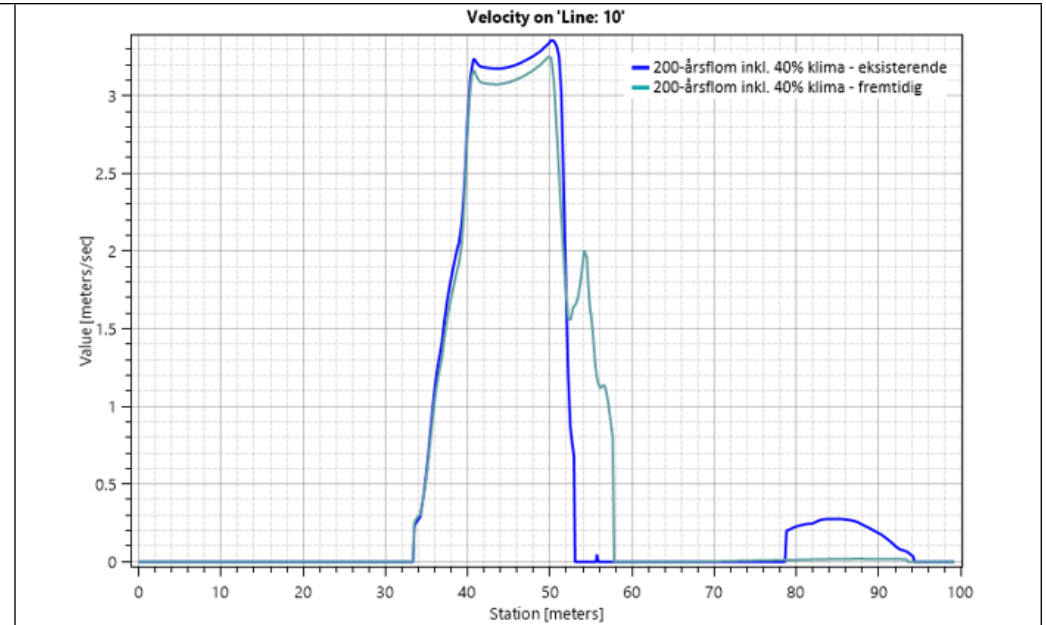
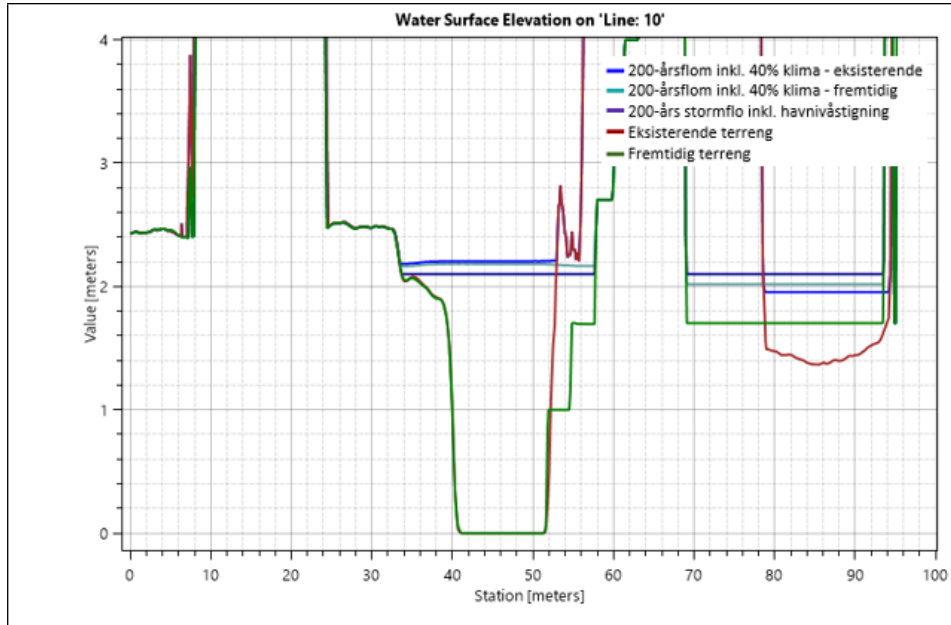
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



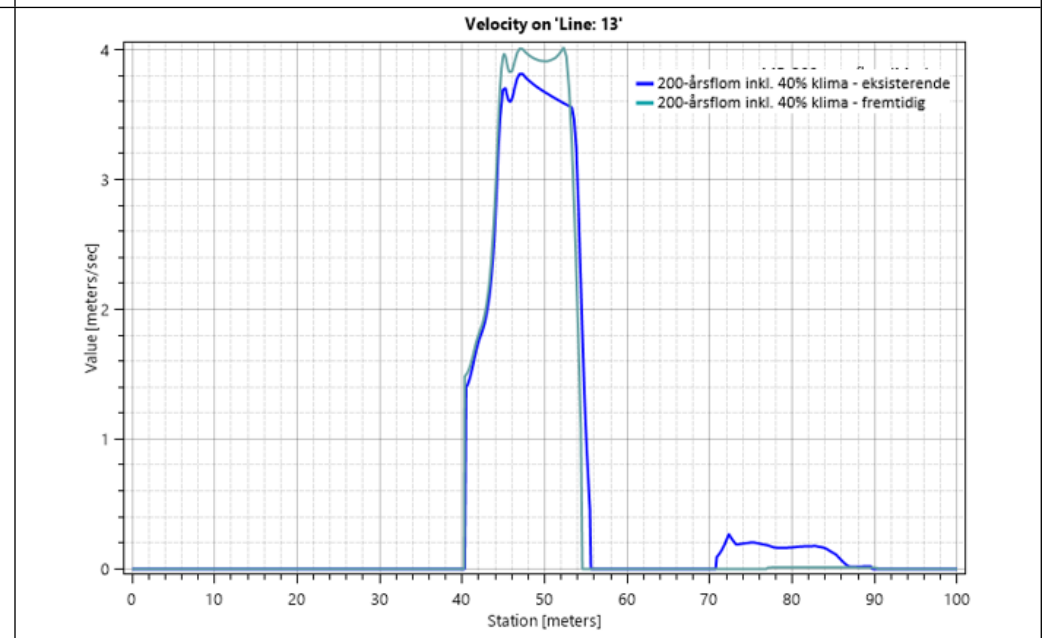
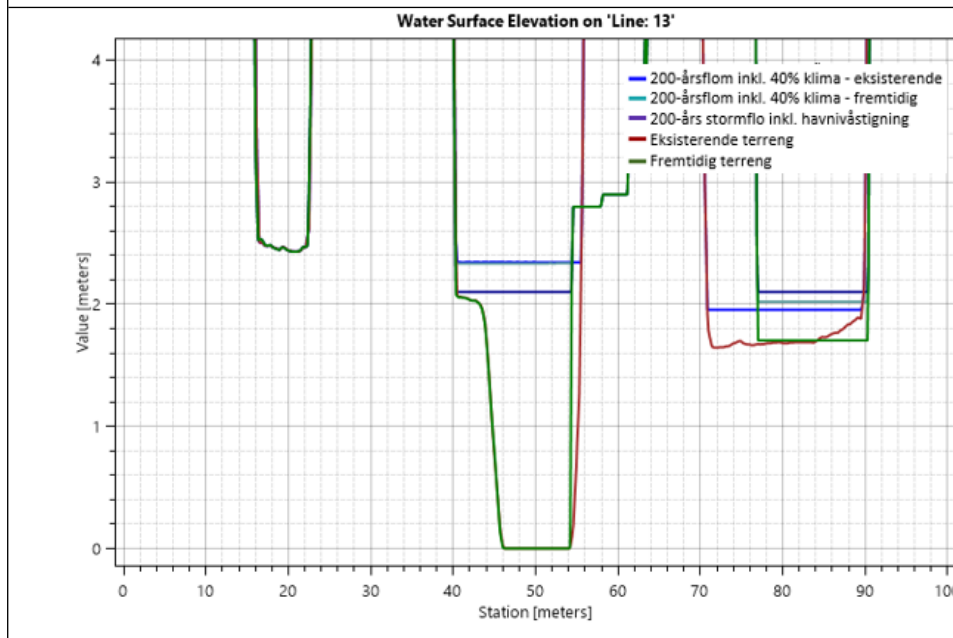
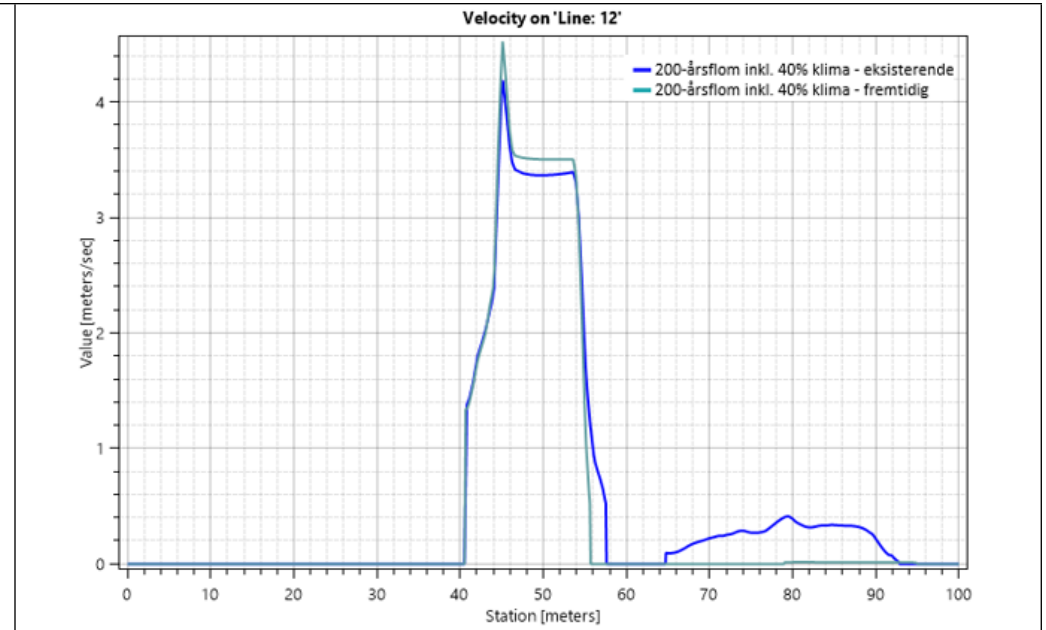
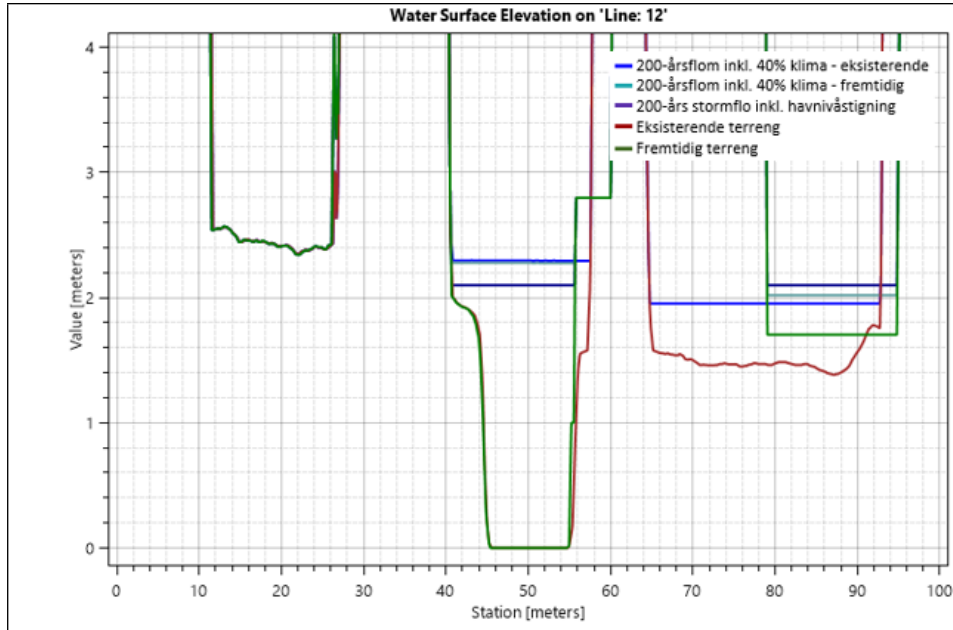
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



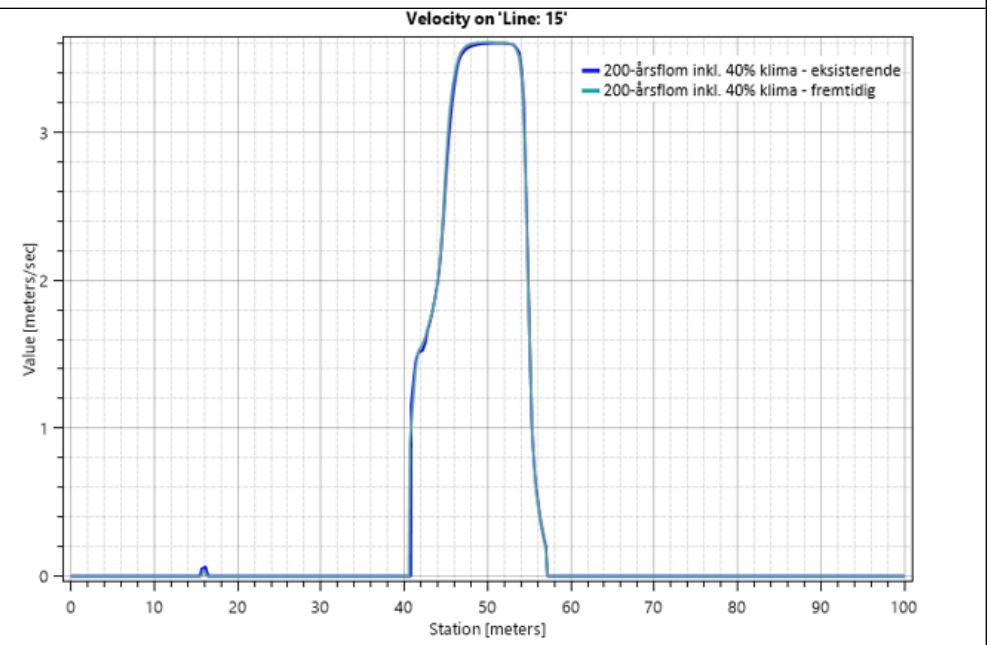
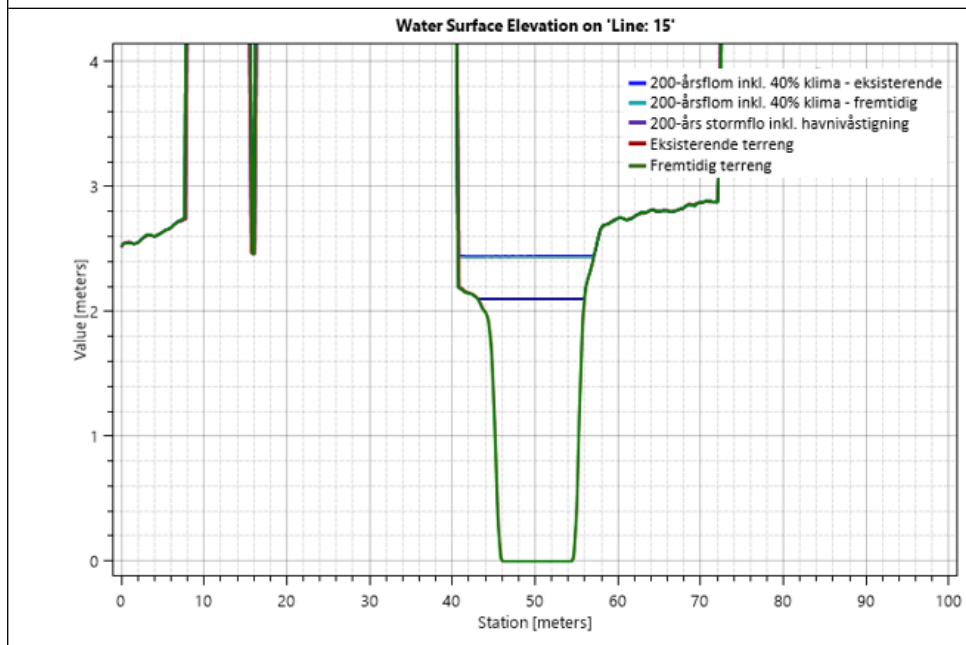
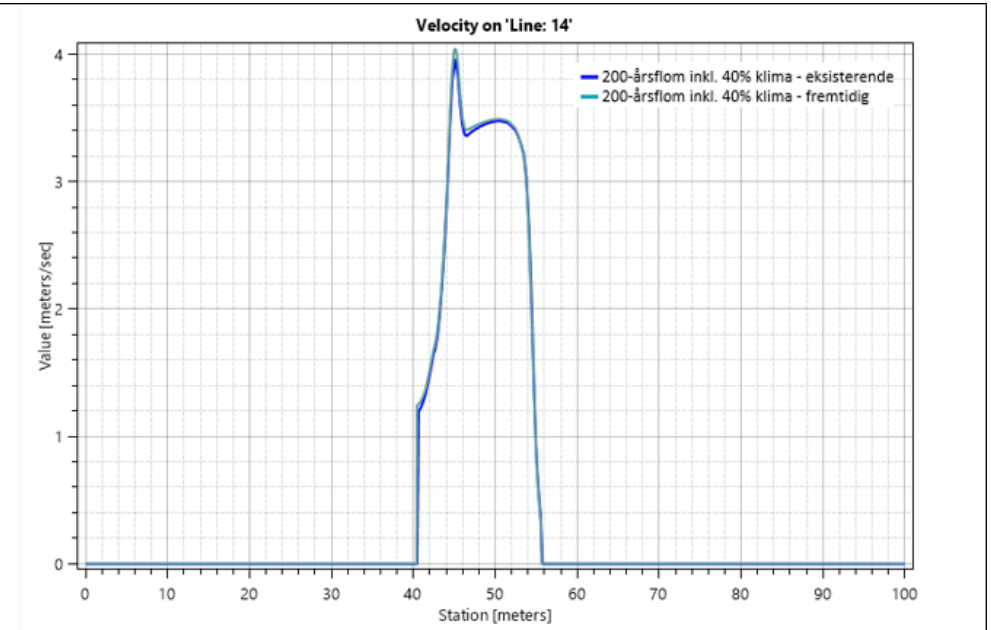
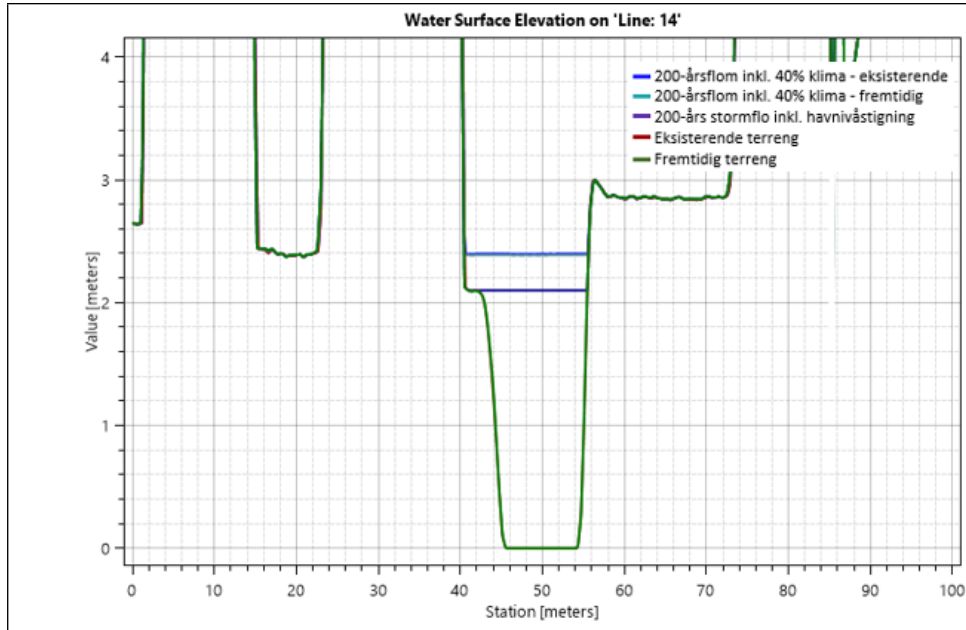
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



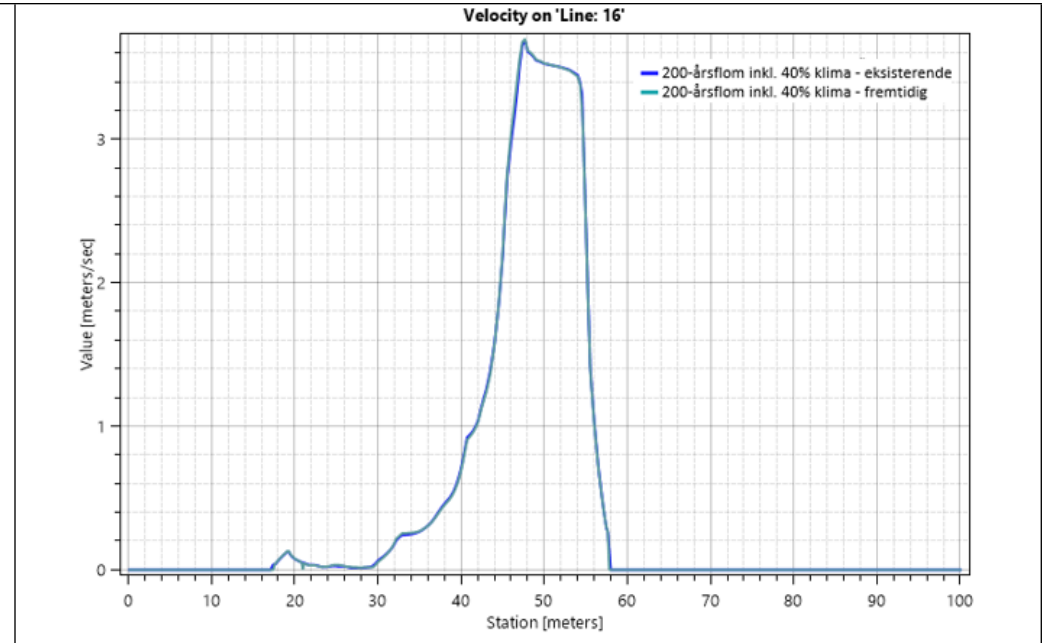
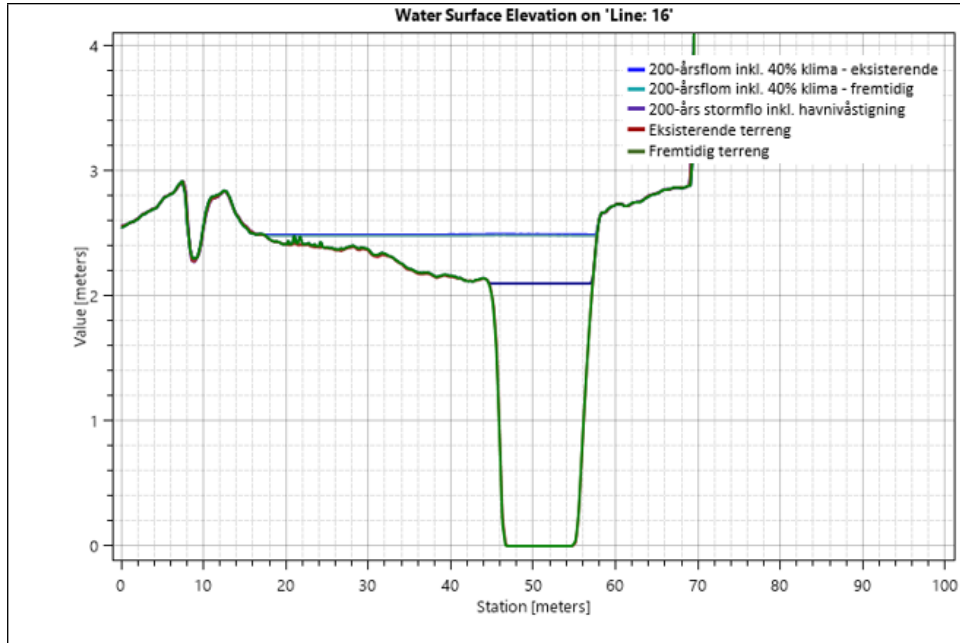
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



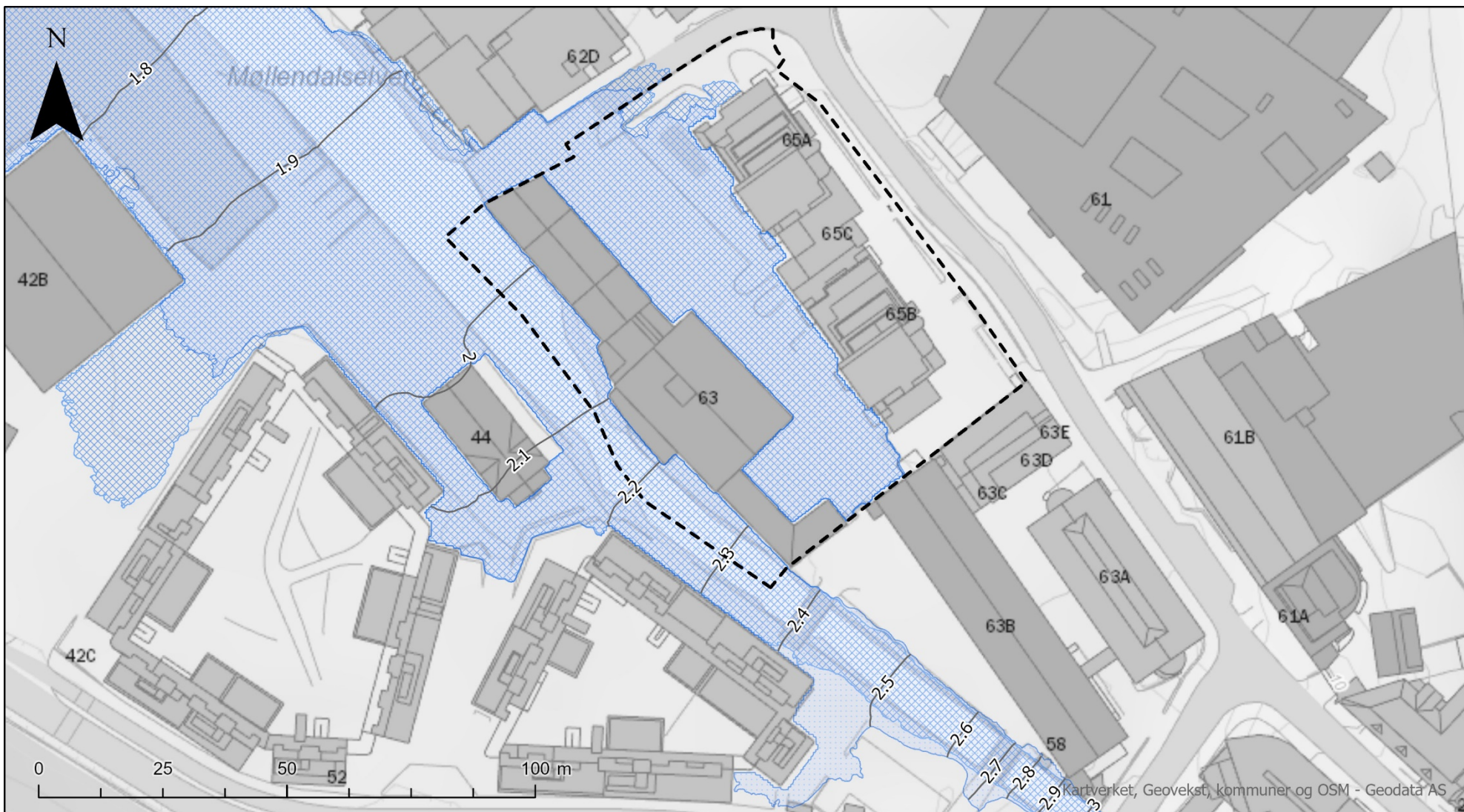
Vedlegg 3 - Tverrprofiler



Vedlegg 3 - Tverrprofiler



Vedlegg 4 - Flomsonekart eksisterende situasjon



Flomsonekart Møllendalsveien 63

Eksisterende situasjon

NB! Verdier oppgitt i kart inkluderer ikke anbefalt sikkerhetsmargin på 30 cm.

Planområde - Møllendalsveien 63

Beregnet vannstand v/ 200-årsflom inkl. 40% klima (moh)

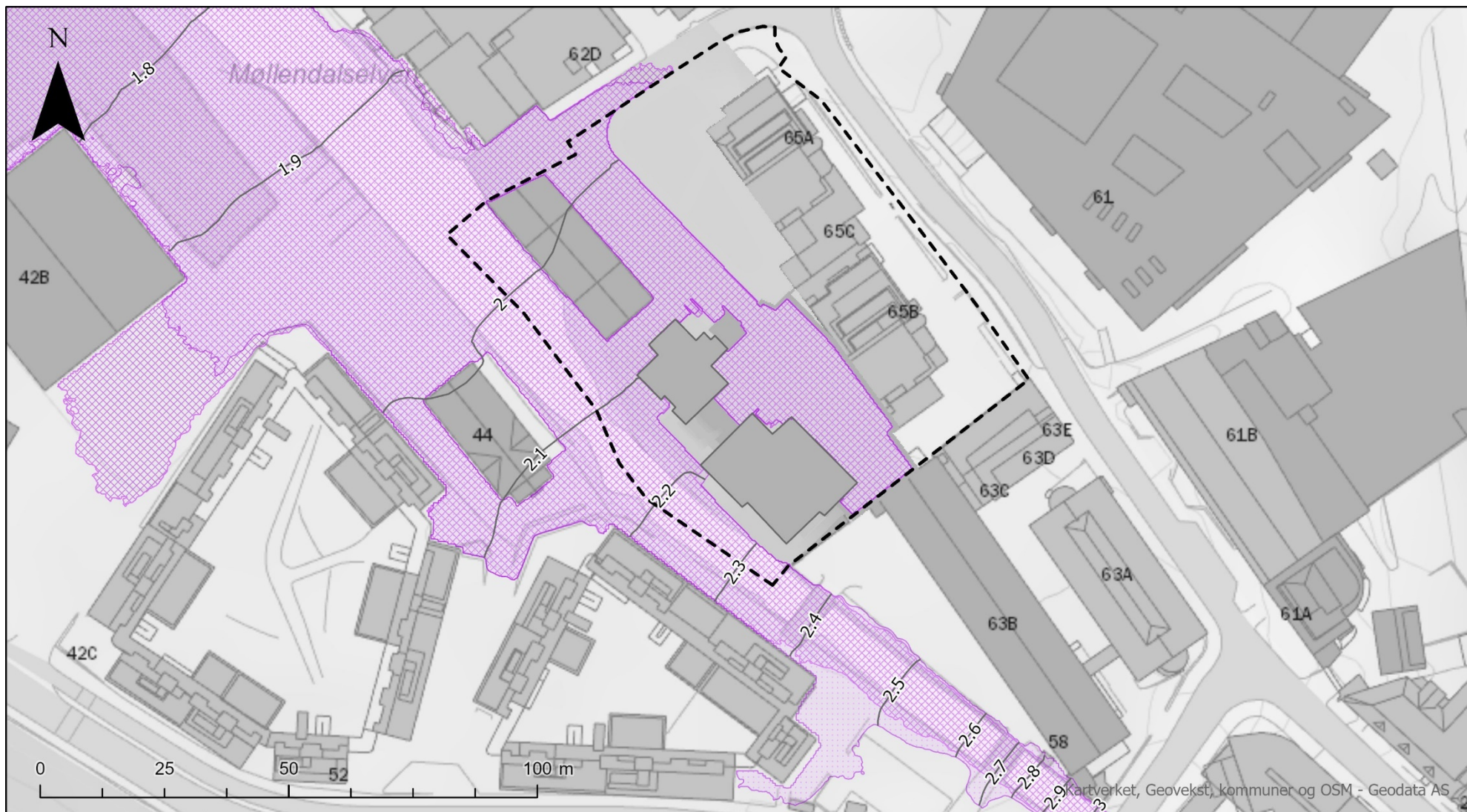
200 årsflom inkludert 40% klimapåslag

200 års stormflo inkludert havnivåstigning (2.1 moh)

Oppdragsgiver: Møllendal 63 AS
Oppdragsnr.: 632794-01
Utarbeidet av: HMK
Dato: 21.09.2021

 asplan
viak

Vedlegg 5 - Flomsonekart fremtidig situasjon



Flomsonekart Møllendalsveien 63

Fremtidig situasjon

NB! Verdier oppgitt i kart inkluderer ikke anbefalt sikkerhetsmargin på 30 cm.

Planområde - Møllendalsveien 63

Beregnet vannstand v/ 200-årsflom inkl. 40% klima (moh)

200 årsflom inkludert 40% klimapåslag

200 års stormflo inkludert havnivåstigning (2.1 moh)

Oppdragsgiver: Møllendal 63 AS
Oppdragsnr.: 632794-01
Utarbeidet av: HMK
Dato: 21.12.2021

 asplan viak