

Oppdragsgiver: Eggen Arkitekter AS
Oppdragsnavn: Stabbursmoen skole - Overordnet VAO-plan
Oppdragsnummer: 639082-01
Utarbeidet av: Jon Bergersen Zeigler og Hege Merete Kalnes
Oppdragsleder: Anders Alstad Prøsch
Dato: 09.06.2023
Tilgjengelighet: Åpent

Notat Flomvurdering Stabbursmoen

Sammendrag

Det er utført flomsonekartlegging av 200-årsflom i et fremtidig klima ved Stabbursmoen skole, basert på flomberegninger og hydraulisk modellering. Resultatene viser at dagens bekkelukking (som er antatt å være i dårlig teknisk tilstand) har for dårlig kapasitet og at en får store vanddybder oppstrøms skoleområdet. Med et 60 % sikkerhetspåslag, for å hensynta usikkerheter i beregningene, vil en få flomvann inn på skoleområdet. Det samme gjelder hvis bekkelukkingen blir tett. Altså ligger skolen flomutsatt til, og det er behov for tiltak for å redusere flomfaren.

For å sikre skoleområdet mot flom, og forbedre den tekniske tilstanden, er det to tiltak som kan gjennomføres. Det er enten å oppgradere/bytte ut dagens bekkelukking, eller å åpne bekken. Det er gjort beregninger og vurderinger av disse tiltakene. Ved en oppgradering av bekkelukkingen, er det sett på to alternativer med Ø1600 rør og Ø2400 rør (begge betong). Et Ø1600 rør er tilstrekkelig til å hindre oversvømmelse av skoleområdet, men oppfyller ikke krav i SVVs Vegnormal N200 og det vil være en risiko knyttet til tilstopping. Et Ø2400 rør oppfyller kravene, selv med 1/3 tilstopping av gjennomløpet, og anbefales fremfor Ø1600 av denne grunn. Ved bekkeåpning, er det tatt utgangspunkt i en utforming med bunnbredde på 3 meter, og sidehelning på 1:3. Beregningene viser at dette er tilstrekkelig for å håndtere dimensjonerende flom inkludert sikkerhetspåslag.

Sammenligning av konsekvenser, viser at en oppgradering av bekkelukkingen og bekkeåpning gir tilnærmet den samme konsekvensen nedstrøms. Det anbefales derfor, fra et hydrologisk perspektiv, å benytte bekkeåpning da en har bedre hydraulisk kontroll og det er mindre risiko knyttet til tilstopping. Videre er bekkeåpning det beste alternativet hvis det skal tilrettelegges for fiskevandring.

Versjonslogg:

02	09.06.23	Oppdaterte beregninger for tett bekkelukking (kap. 5)	HMK	JBZ
01	24.04.23	Oppdaterte beregninger for bekkeåpning	HMK	JBZ
00	16.02.23	Utkast	JBZ	HMK
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Forutsetninger og grunnlag	5
2.1. Generelle forutsetninger	5
2.2. Dimensjonerende gjentakintervall for flom	5
2.3. Beregningsforutsetninger	5
2.4. Utarbeidelse og bruk av flomsoner	6
3. Flomberegning	7
3.1. Beskrivelse av nedbørfeltet	7
3.2. Tilgjengelige observerte data	8
3.3. Beregning av 200-årsflom	9
3.4. Klimapåslag	11
3.5. Endelig estimat på 200-årsflom	11
4. Hydraulisk beregning	12
4.1. Programvare og modelltype	12
4.2. Modelloppsett	12
4.3. Resultater	16
4.4. Følsomhetsanalyse	17
5. Vurdering av gjentettet bekkelukking	18
5.1. Analyse med gjentettet bekkelukking	18
5.2. Risikoreduserende tiltak	19
6. Klassifisering, sikkerhetspåslag og flomsonekart	20
7. Vurdering av tiltak	23
7.1. Ny kulvert	24
7.2. Bekkeåpning	25
7.3. Sammenligning av konsekvenser	27
8. Konklusjon og anbefalinger	32
Kilder	34
Vedlegg	34

1. Innledning

Det skal bygges ny skole på Stabbursmoen, på samme tomt som dagens skole. Oversiktskart over skoleområdet er vist i Figur 1-1.

Tomta ligger rett ved en lukket bekk med tilhørende aktsomhetszone for flom - se Figur 1-2. Bekken er en del av Sørå-vassdraget, og ble lukket forbi skoletomta på 70-tallet. For å avklare reell flomfare ved skolen, er det behov for en detaljert flomsonekartlegging.

Dagens bekkelukking består av 2 x Ø1000 mm korrugerte stålrør med antatt dårlig teknisk tilstand. Prosjektet ønsker derfor å oppgradere denne med nye rør. Vassdraget har for øvrig en genetisk signifikant sjørrretstamme, og det vurderes også å tilrettelegge for fiskevandring.



Figur 1-1. Eksisterende Stabbursmoen skole. Bekkelukking indikert med svart pil.



Figur 1-2. Aksomhetssone for flom fra NVE-Atlas.

2. Forutsetninger og grunnlag

Flomutredningen baserer seg på følgende forutsetninger og grunnlag:

2.1. Generelle forutsetninger

- Det gjøres beregning av flomsonens utbredelse i dagens situasjon med eksisterende bekkelukking, til vurdering av dagens kapasitet og flomfare ved skoleområdet.
- Det er gjort vurderinger av et «worst-case-scenario», hvor bekkelukkingen er helt tett, og sett på risikoreduserende tiltak i forbindelse med dette.
- Det er gjort vurderinger og beregninger for tiltak (oppgradering av lukking og bekkeåpning), og sett på konsekvenser av disse. For oppgradering av lukking benyttes eksisterende terreng som grunnlag, mens for bekkeåpning er det tatt utgangspunkt i skisser for foreslått bekketrasé.
- Elvebunn er ikke oppmålt. Det benyttes best tilgjengelige laserdata fra Statens kartverk (høydedata.no).
- Beregningen forutsetter at vannet ikke tar nye veier under flom som følge av erosjon eller masseavlagring (terrengt forholdet seg konstant).
- Beregningene hensyntar ikke eventuell vannstrømning gjennom masser i bakken – analysen ser på grunnen som helt tett.
- Alle høydenivåer er gitt i NN2000.

2.2. Dimensjonerende gjentaksintervall for flom

- Tiltaket plasseres i sikkerhetsklasse F2 i henhold til TEK17 §7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*. Dette betyr at bygninger skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot 200-årsflom i fremtidens klima.

2.3. Beregningsforutsetninger

Flomberegninger

- Flomberegningen gjelder for et punkt rett nedstrøms dagens bekkelukking. (Nedbørfeltet er beregnet herfra).
- Vassdraget er ikke regulert, men delvis urbanisert med blant annet kulverter og lukkede strekk i bekken oppstrøms, som i praksis vil begrense tilrenningen. Flomberegningen tar ikke høyde for dette.
- Nedbørfelt genereres ved hjelp av SCALGO Live, mens feltegenskaper genereres i NVEs kartapplikasjon NEVINA.
- Klimapåslag velges på bakgrunn av anbefalingene i NVE-veileder 01/2022.

Hydrauliske beregninger

- Programvare benyttet: HEC-RAS 2D v.6.3.0.
- Terrengmodell basert på laserdata fra høydedata.no lastet ned desember 2022
- Kulverter er målt inn med dimensjon og høyde bunn-i-rør februar 2023.
- Det benyttes normalstrømning som nedstrøms grensebetingelse.
- Modellen er ikke kalibrert. I stedet gjøres følsomhetsanalyse.

2.4. Utarbeidelse og bruk av flomsoner

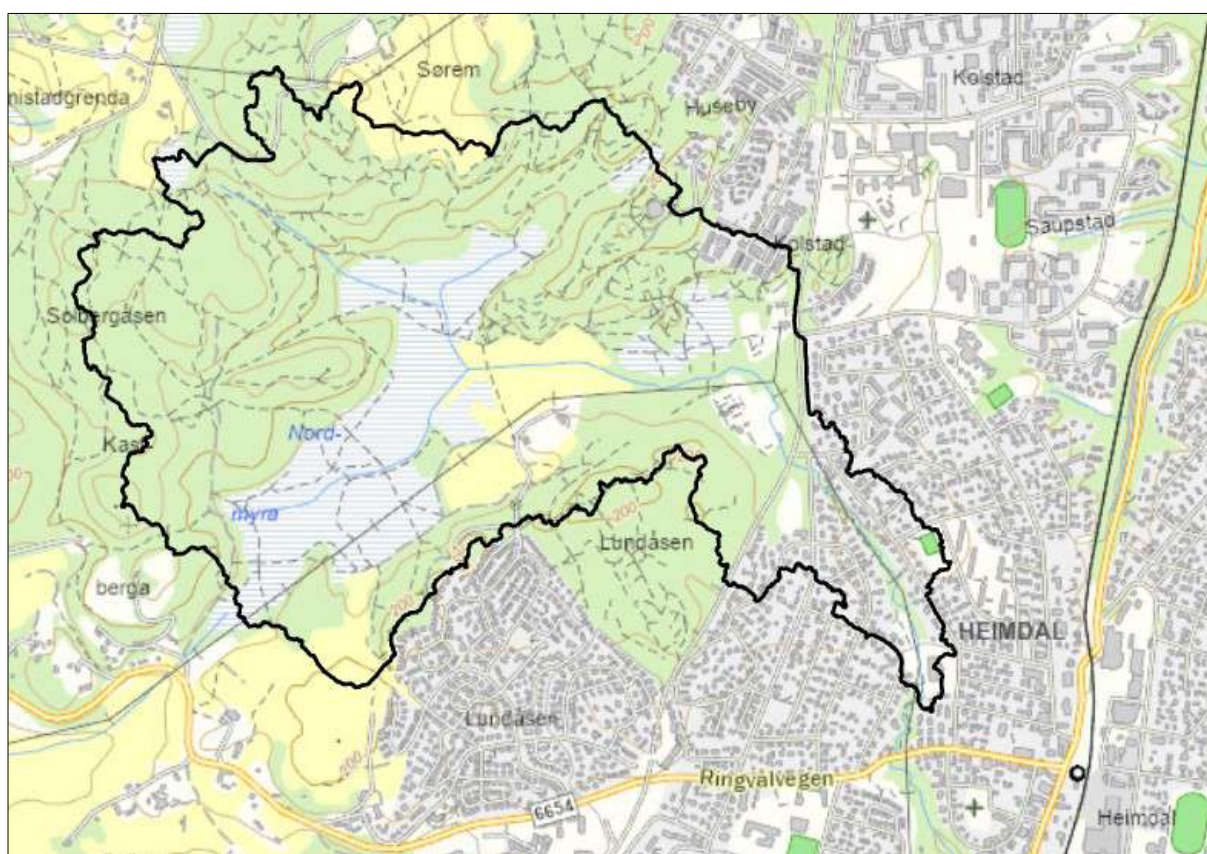
- I henhold til NVEs veileder *Sikkerhet mot flom (3/2022)*, er det gjort en klassifisering av flomberegningene og den hydrauliske modellen basert på kvaliteten av grunnlaget som er benyttet samt følsomhetsanalyser. Klassifiseringen er så benyttet til å bestemme et sikkerhetspåslag på vannføringen, som den hydrauliske modellen kjøres for.
- Det endelige flomsonekartet er utarbeidet for en «flomsikker situasjon» som inkluderer sikkerhetspåslag. Dette avviker noe fra metodikken beskrevet i NVE veileder 3/2022, hvor det beskrives å legge til en ekstra høyde/sikkerhetsmargin basert på resultatene med sikkerhetspåslag. Å benytte flomsonekart som inkluderer sikkerhetspåslag er imidlertid fordelaktig, da en kan avlese flomsikker sone og flomsikkert nivå direkte.

3. Flomberegning

3.1. Beskrivelse av nedbørfeltet

Nedbørfeltet er generert med SCALGO Live og vises i Figur 3-1. Beregnet feltstørrelse er 2,24 km². Tilsvarende avgrensning med NEVINA gir ca. likt nedbørfelt.

Feltparametere er listet i Tabell 3-1. Feltet består hovedsakelig av skog, men har også en betydelig myrandel på 12 % og urbaniseringsgrad på 8 %. Feltareal og effektiv sjøprosent tilsier lite flomdemping og spisse flomforløp i feltet. Samtidig er høydeforskjellen liten, og skogandelen stor, noe som vil bidra med flomdemping.



Figur 3-1. Nedbørfelt for bekken i punkt rett nedstrøms bekkelukkingen ved skolen.

Tabell 3-1. Feltegenskaper generert i NEVINA.

Felt	Areal [km ²]	Eff. sjø [%]	Felt- lengde [km]	Høyde [moh]		Relieff forhold [m/km]	Skog [%]	Snau- fjell [%]	q _N * [l/s·km ²]
				H _{min}	H _{maks}				
Stabbursmoen	2.24	0.0	2.5	152	262	14.8	61.6	0.0	15.5

* Spesifikk middelavrenning i referanseperioden 1961-90 gitt av NVEs avrenningskart.

3.2. Tilgjengelige observerte data

3.2.1. Vannføringsdata

Det finnes ingen kjente vannføringsmålinger i vassdraget. Frekvensanalyse må dermed basere seg på referansestasjoner. Nærliggende målestasjoner for vannføring med feltareal < 50 km² vises i Figur 3-2. Informasjon om feltegenskaper og måledata for de mest relevante stasjonene, er listet i Tabell 3-2.



Figur 3-2. Vannføringsmålestasjoner med feltstørrelse < 50 km² i Trondheimsområdet.

Tabell 3-2. Nøkkeldata for nærliggende målestasjoner for vannføring.

Stasjonsnummer	Stabbursmoe	123.29.0	123.95.0	123.30.0
Stasjonsnavn		Svarttjønbekken	Kobberdammen	Øvre Hestsjøbekk
Areal [km ²]	2.24	3.43	1.02	1.77
Effektiv sjø [%]	0	0.9	11.8	0
Feltlengde [km]	2.5	2.5	1.5	1.8
Dyrket mark [%]	14.5	0	3.7	0
Myr [%]	12.4	15.5	14.6	35.8
Skog [%]	61.6	81.6	56.1	64.0
Sjø [%]	0	2.9	8.5	0.4
Snaujell [%]	0	0	12.2	0
Urban [%]	7.7	0	0	0
Høyde min [moh]	152	280	287	306
Høyde 50 [moh]	184	340	355	357
Høyde maks [moh]	262	512	546	512
Avrenning [l/s·km ²]	15.5	27.72	22.1	29.7
Observasjonsperiode	-	1995 - dd	2006 - dd.	1972 - dd
Antall år med data	-	49	14	28
Kurvekvalitet flom	-	Middels/Bra	Bra	Meget bra

3.2.2. Nedbørsdata

Det tas utgangspunkt i Trondheims nye IVF-kurve fra 2019, som er basert på et gjennomsnitt av oppdaterte IVF-kurvene fra seks målestasjoner i Trondheimsområdet: Voll, Risvolla, Lade, Ranheim, Saupstad og Sverresborg. Tabulerte verdier (mm) er gitt i Tabell 3-3.

Tabell 3-3. IVF kurve (mm nedbør) for Trondheim (Trondheim kommune, 2019).

		Regnvarighet [min]															
		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Gjentaksintervall [år]	2	1.0	1.7	2.3	3.2	4.5	5.4	5.9	6.8	8.1	9.0	10.7	12.4	15.0	22.0	31.0	40.8
	5	1.5	2.6	3.4	4.7	6.6	7.9	8.6	9.8	11.2	12.3	14.1	16.1	19.3	27.8	38.6	51.2
	10	1.9	3.2	4.3	5.9	8.1	9.7	10.5	11.9	13.5	14.7	16.6	18.8	22.4	32.1	44.1	58.7
	20	2.2	3.8	5.1	7.0	9.7	11.5	12.6	14.2	16.0	17.2	19.2	21.7	25.6	36.7	49.8	66.3
	25	2.3	4.0	5.5	7.5	10.3	12.2	13.2	14.9	16.9	18.1	20.1	22.6	26.7	38.2	51.7	68.9
	50	2.7	4.7	6.5	8.8	12.0	14.2	15.4	17.4	19.6	20.9	23.0	25.7	30.2	43.2	57.9	77.1
	100	3.1	5.5	7.5	10.2	13.8	16.3	17.8	20.2	22.7	23.9	26.1	29.1	34.0	48.6	64.6	85.7
	200	3.5	6.3	8.7	11.7	15.8	18.7	20.4	23.2	26.0	27.3	29.5	32.7	38.1	54.7	71.8	94.9

3.3. Beregning av 200-årsflom

For beregning av 200-årsflom benyttes følgende metoder:

- Lokal frekvensanalyse av vannføringsdata fra referansestasjoner
- NIFS-formelverk
- Nedbør-avløpsmodell (PQRUT)

Det henvises til NVEs veiledere 01/2022 og 03/2022 for nærmere beskrivelse av metodene.

3.3.1. Lokal flomfrekvensanalyse

Det gjøres frekvensanalyse på kulminasjonsverdier. Av stasjonene i Tabell 3-2 er det Svarttjørbekken og Øvre Hestsjøbekk som er aktuelle for flomfrekvensanalyse. Kobberdammen har for kort serie, høy effektiv sjøprosent og er også delvis regulert. Den kan riktignok brukes for estimat av middelflom.

Frekvensanalysene utføres på kulminasjonsverdier i programmet FlomAnalyse i Hydra II. Det benyttes Bayesiansk Gumbel-fordeling. Resultatene for 200-årsflom er vist i Tabell 3-4. Svarttjørbekken vektet høyest pga. lengst måleserie.

Resulterende vannmengder for Stabbursmoen fra lokal frekvensanalyse er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-4. Resultater fra lokal flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier.

Målestasjon	Parameterfordeling	Middelflom [l/s·km ²]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	Vekting
123.29.0 Svarttjørbekken	Gumbel	520	2.664	80 %
123.30.0 Øvre Hestsjøbekk	Gumbel	1022	2.499	20 %
Vektet snitt:		615	2.606	

Tabell 3-5. Resulterende vannmengde fra lokal frekvensanalyse på kulminasjonsverdier.

Felt	Middelflom		200-årsflom	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Stabbursmoen	615	1.38	1602	3.60

3.3.2. NIFS-formelverk

Regionalt formelverk for små nedbørfelt (også kalt NIFS-formelverk) er utarbeidet for små (< 50-60 km²) naturlige uregulerte felt. Formelverket består av to regresjonsligninger for beregning av flom, som bruker inngangsparameterne feltareal, spesifikk middelavrenning og effektiv sjøprosent. Den første ligningen er for estimat av middelflom (kulminasjonsverdi), som generelt har usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen er for vekstkurven (QT/QM), som ansees som svært robust for små felt (NVE, 2015).

Estimert middelflom, vekstkurveforhold og 200-årsflom fra NIFS er gitt i Tabell 3-6.

Tabell 3-6. Resultater fra NIFS-formelverk.

Felt	Middelflom [m ³ /s]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	200-årsflom [m ³ /s]
Stabbursmoen	1,18	2.841	3.34

Det gjøres i tillegg et estimat der det benyttes vektet snitt av middelflom fra både frekvensanalysen og NIFS, sammen med vekstfaktoren Q₂₀₀/Q_M fra NIFS. Denne gir kulminert 200-årsflom på **3,9 m³/s**.

3.3.3. Nedbør-avløpsmodell PQRUT

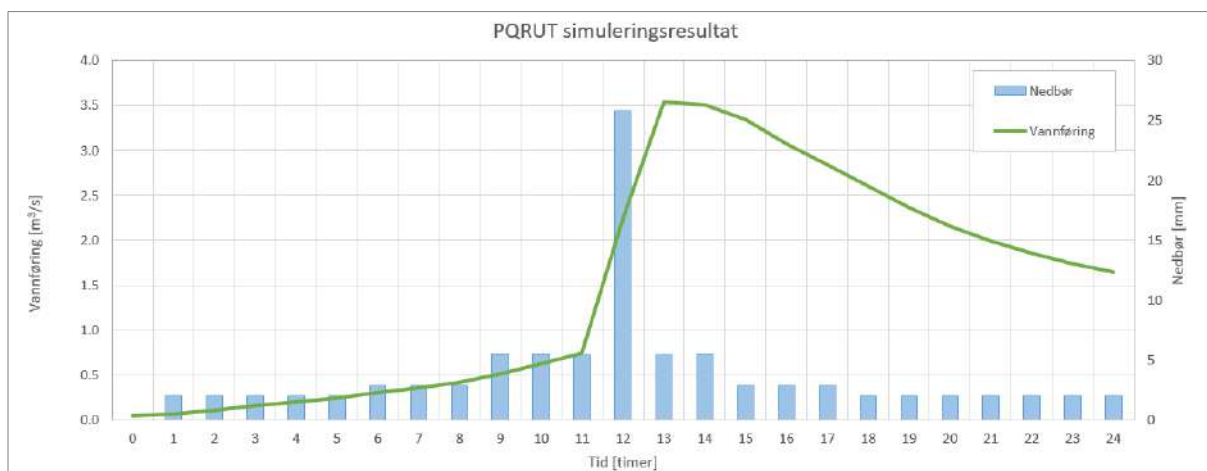
PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som beregner avrenning på grunnlag av nedbørdata, og ved hjelp av feltparametere for det aktuelle feltet. I disse beregningene, er det benyttet NVEs nett-versjon av modellen. Parameterne til den hydrologiske flommodellen bør helst bestemmes ved kalibrering mot observerte vannføringer. Siden det ikke finnes måleserier i vassdraget, er modellparameterne bestemt ut fra ligninger gitt i NVE-veileder 1/2022. Parameterne er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-7. Modellparametere for PQRUT fra 2016-ligninger.

Felt	K ₁ [1/time]	K ₂ [1/time]	T [mm]
Stabbursmoen	0.193	0.042	29.54

Nedbørsforløp er konstruert på bakgrunn av Trondheims nye IVF-kurve, vist i Tabell 3-3. Det er testet flere nedbørsforløp, og valgt det som gir den høyeste spissavrenningen i PQRUT. Det er ikke benyttet snøsmeltebidrag da feltet ligger i lavlandet nær kysten, og IVF-verdiene

er å anse som årsverdier. Sammenstilling av nedbør og resulterende flomforløp er vist i Tabell 3-3. Kulminert vannføring er 3,54 m³/s.



Figur 3-3. Nedbørsforløp og modellresultat fra PQRUT.

3.4. Klimapåslag

Basert på anbefalingene i NVE-veileder 1/2022 benyttes 40 % klimapåslag, fordi feltet er mindre enn 10 km².

3.5. Endelig estimat på 200-årsflom

Resultatene fra de ulike metodene er oppsummert i Tabell 3-8.

Endelig verdi for kulminert 200-årsflom settes til **4,0 m³/s** (1782 l/s/km²) fordi feltstørrelsen er liten, og fordi det er gjort inngrep i vassdraget oppstrøms. Feltet kan dermed ikke anses som 100 % naturlig, hvilket gir større usikkerhet i de benyttede flomberegningsmetodene. Erfaringstallene for 200-årsflom i Trøndelag (NVE-veileder 1/2022) tilsier at kulminert 200-årsflom bør ligge innenfor intervallet 800-3000 l/s/km². Den valgte verdien er dermed godt innenfor.

Tabell 3-8. Sammenstilling av kulminasjonsverdier fra flomberegningen.

Metode	200-årsflom (kulminasjon)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)	1602	3.6
Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)	1489	3.3
Forenklet lokal + RFFA-NIFS	1739	3.9
PQRUT	1577	3.5
Endelig estimat:	1782	4.0
Inkludert klimapåslag (40 %):	2495	5.6

4. Hydraulisk beregning

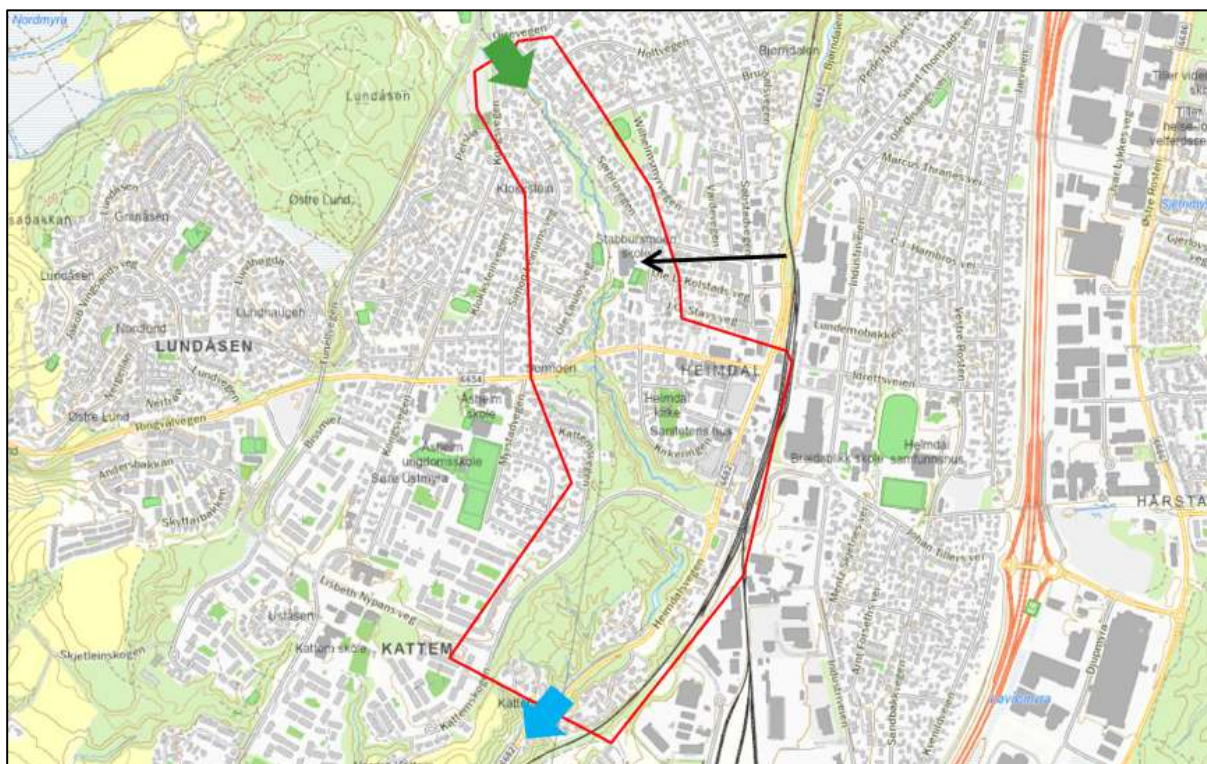
4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.3.0, som er utviklet av United States Army Corps of Engineers. Programmet kan utføre endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk (ikke-stasjonær) modellering. For detaljert informasjon om funksjonaliteter, modelloppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen til HEC-RAS. I dette prosjektet er det valgt å benytte dynamisk 2D-modell. En slik modell vil simulere strømning utenfor bekkeløp/over terreng bedre enn en tradisjonell 1D-modell.

4.2. Modelloppsett

4.2.1. Analyseområde

Modellen settes opp for elvestrekningen mellom Kongsvegen 97 og Heimdalsvegen 73, som vist i Figur 4-1.



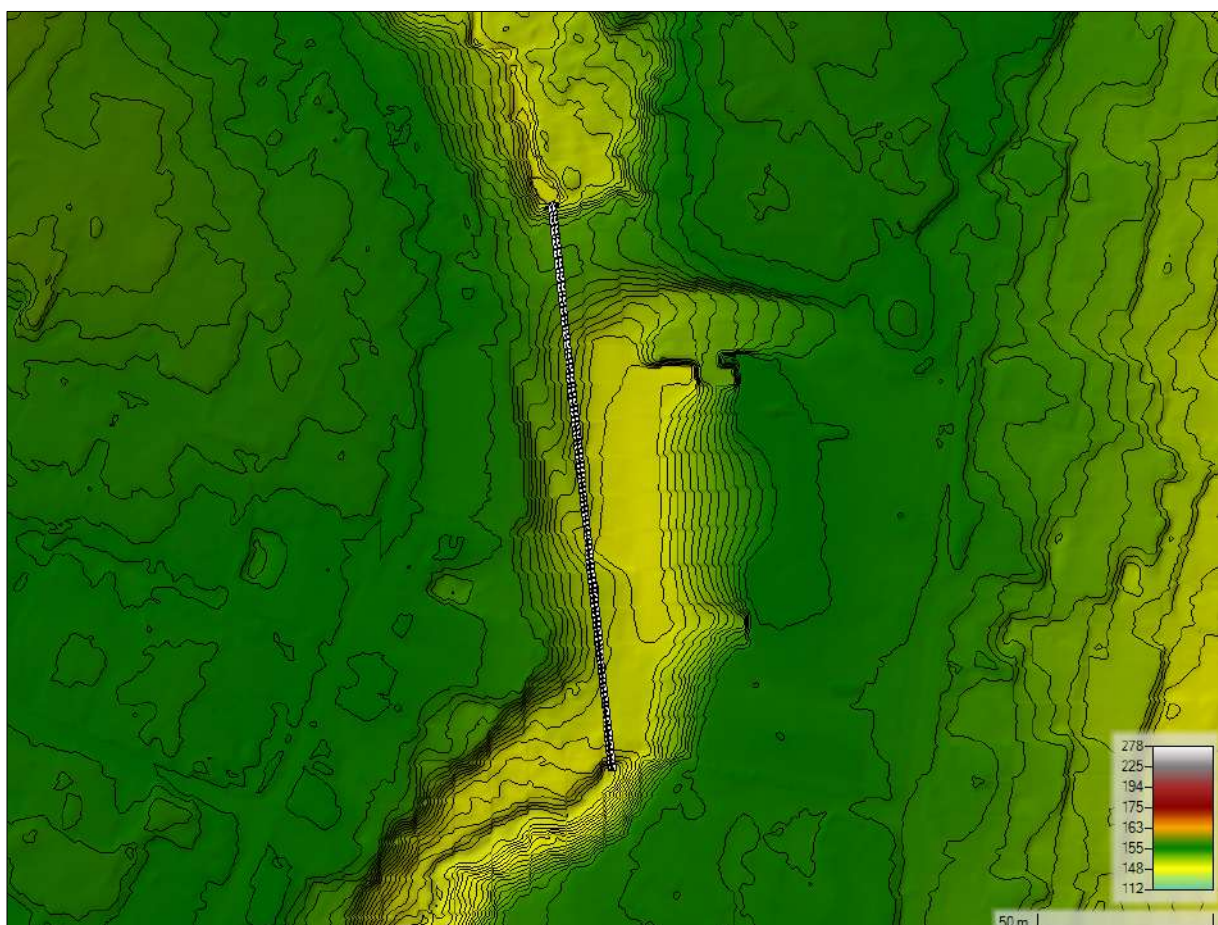
Figur 4-1 Analyseområdet for den hydrauliske beregningen, markert med rødt. Vann kommer inn i nordre ende av modellen (grønn pil) og går ut i søndre (blå pil). Stabburmoen skole markert med svart pil.

4.2.2. Beregningsnett 2D

Modellen settes opp med variabel rutestørrelse. Grunnoppløsningen er 20 m, med finere ruteoppløsning (2- 10 m) langs knekklinjer for bekkeløp og veier, og ved kulvertinnløp.

4.2.3. Terrengmodell

Terrengmodellen er basert på laserdata med 1 meters oppløsning (Nasjonal detaljert høydemodell) fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata.no. Bygninger er ikke lagt inn i terrenget. Ved kulvertinnløp og utløp er terrenget lokalt justert for å matche innmålte høyder. Utsnitt av terrengmodellen ved skolen er vist i Figur 4-2.



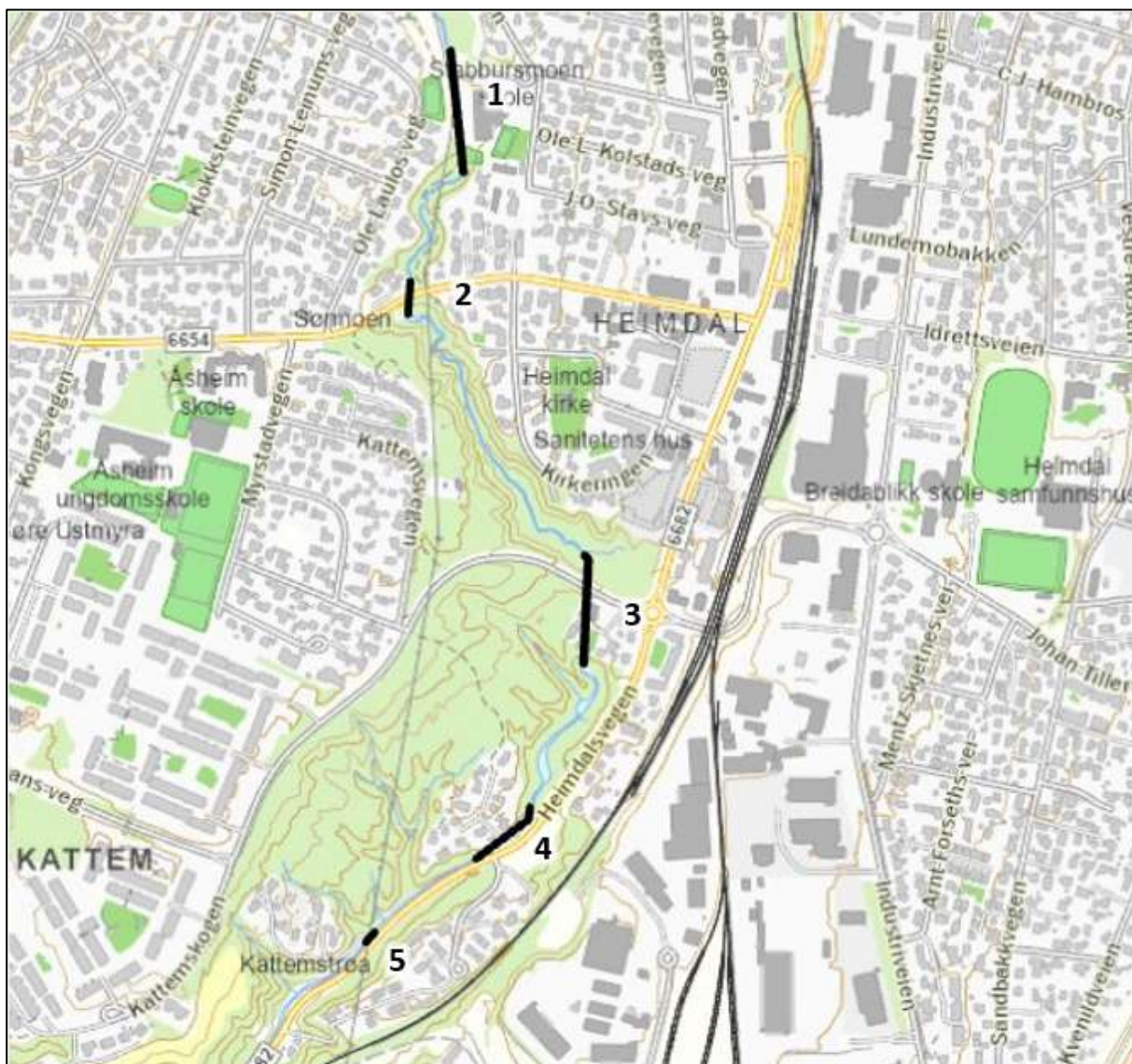
Figur 4-2. Utsnitt av terrengmodellen rundt skolen, der dagens bekkelukking lagt inn.

4.2.4. Konstruksjoner i vassdraget

Kulverter som er inkludert i modellen er listet i Tabell 4-1 og vist i Figur 4-3.

Tabell 4-1. Oversikt over kulverter lagt inn i modellen.

Nr.	Navn	Beskrivelse	Diameter (mm)	Lengde (m)
1	Bekkelukking forbi skolen	2 x korrugerte stålrør	D = 1000	160
2	Kulvert Ringvålvegen	1 x betong	D = 2000	40
3	Kulvert Kattemsbogen	2 x korrugert stålrør	D = 1000	150
4	Kulvert Heimdalsvegen 41	1 x betong (antatt)	D = 1400 (antatt)	100
5	Kulvert Heimdalsvegen 73	1 x betong (antatt)	D = 1600 (antatt)	20



Figur 4-3. Plassering av kulverter lagt inn i modellen.

4.2.5. Friksjonsforhold/kalibrering

Det er lagt inn konstant Manning-ruhetsverdi for hele strømningsarealet, ut fra erfaringstall i Vassdragshåndboka. Verdien er satt til $n=0,04$ som er på den konservative siden. Det finnes ingen samhørende målinger for vannføring/vannstand i elva, så kalibrering er dermed ikke mulig. Det utføres i stedet følsomhetsanalyse på endring i ruhet og vannføring. Basert på dette defineres til slutt et sikkerhetspåslag på vannføringen, som så gir anbefalt sikkerhetsmargin innenfor flomsonen.

4.2.6. Grensebetingelser

For innløpet i oppstrøms ende av modellen, brukes et konstruert flomforløp med kulminasjon lik beregnet 200-årsflom med klimapåslag som øvre grensebetingelse. Flomforløpet er konstruert på grunnlag av flomberegningene med PQRUT (Figur 3-3), med kulminasjon tilpasset den endelige valgte verdien inkludert klimapåslag.

Ved utløpet i nedstrøms ende, brukes antagelse om normalstrømning som nedre grensebetingelse.

4.2.7. Øvrige modellparametere

Det benyttes Diffusion Wave bølgeligning og ett sekunds tidssteg. Beregningstid er 24 t for flomforløp, eller inntil flommen har nådd sin maksimale dybde.

4.3. Resultater

Dybdeplott for dagens situasjon er vist i Figur 4-4. Dette viser at dagens bekkelukking forbi skolen (2 x Ø1000 mm) tilsynelatende har akkurat nok kapasitet til at det ikke blir oppstuvning inn på skoletomta. Dybden ved kulvertinnløpet blir riktignok opp mot 5,1 m - altså er det stort vanntrykk på fyllingen. Videre tar beregningene ikke hensyn til tilstopping av gjennomløpet - noe som vil gi ytterligere oppstuvning.

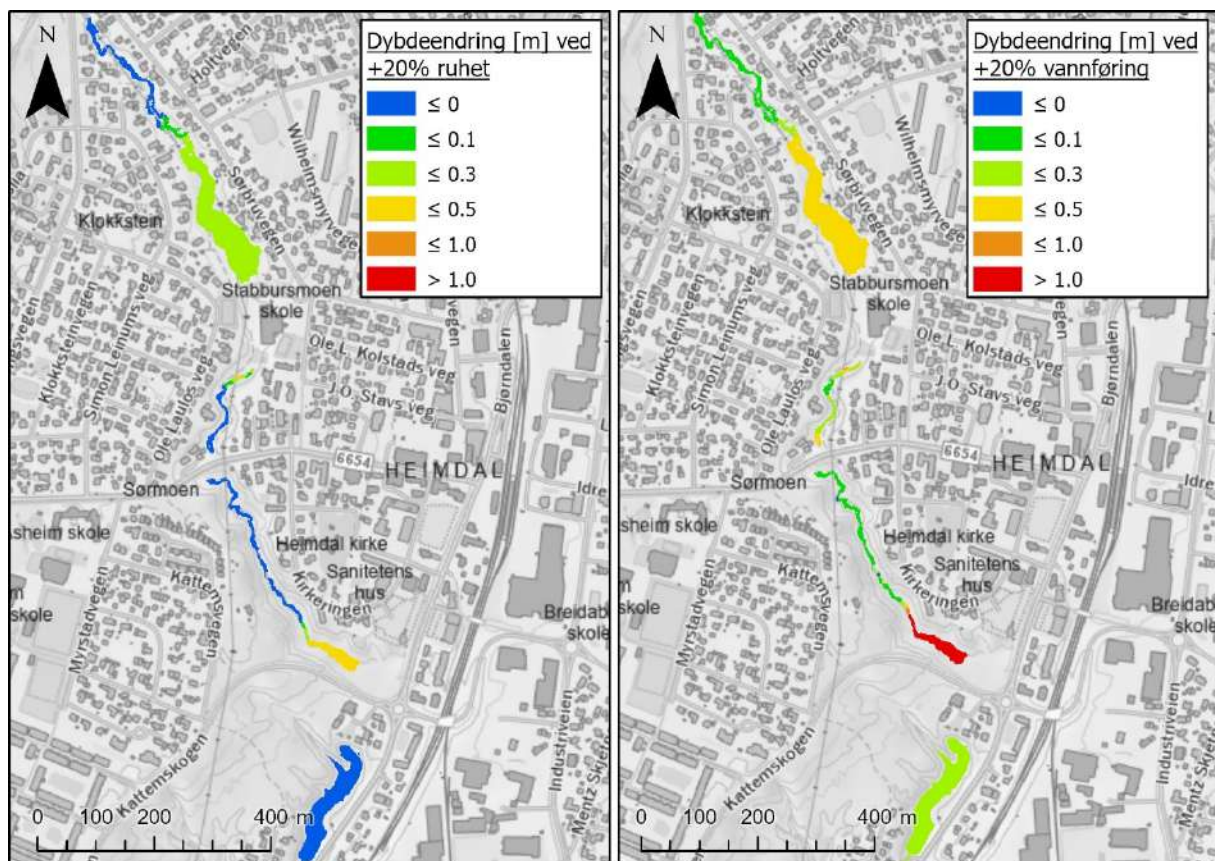


Figur 4-4. Dybdeplott for 200-årsflom med 40 % klimapåslag med dagens terreng/bekkelukking.

4.4. Følsomhetsanalyse

For å kunne kalibrere en modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring i det aktuelle vassdraget. Dette finnes ikke for bekken langs Stabbursmoen skole. Uten kalibrering, vil det være usikkerhet knyttet til benyttede ruhetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er også usikkerhet knyttet til flomberegningene, og benyttet vannføring. Det er derfor foretatt følsomhetsanalyser, der den hydrauliske modellen er kjørt med en økning i ruhet på +20 % og vannføring +20 %.

Resultatene fra analysen er vist i Figur 4-5. Ved skoleområdet, gir økningen i ruhet en økning i vannstand som er mindre enn 30 cm, mens økningen i vannføring gir noe større utslag - ca. 40 cm. De største økningene i vannstand opptrer oppstrøms kulverter/bekkelukkinger. Kapasiteten til kulvertene reduseres som følge av den økte ruheten, og de fleste av lukkingene har allerede for liten kapasitet så økningen i vannføring gir ytterligere oppstuvning.



Figur 4-5. Resultater fra følsomhetsanalyser, med økt ruhet og vannføring.

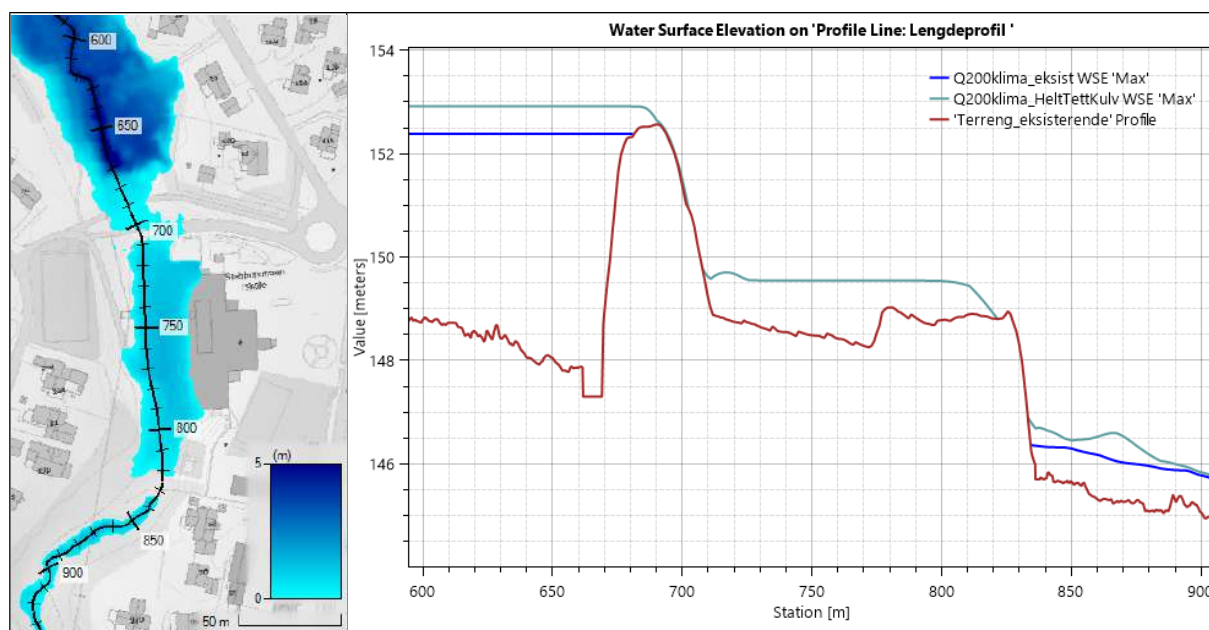
5. Vurdering av gjentettet bekkelukking

Det er alltid en risiko for at bekkelukkinger, spesielt hvis de har små dimensjoner, kan bli gjentettet. Det er hovedsakelig bekkeinntaket som utsatt for gjentetning, av både sedimenter, vegetasjon og søppel. Beregningene i foregående kapitler tar ikke hensyn til gjentetning, og selv med åpne gjennomløp og inntak får en betydelig oppstuvning. Det er derfor her sett nærmere på konsekvenser av gjentetting.

5.1. Analyse med gjentettet bekkelukking

For å vurdere et «worst-case-scenario», er det gjort beregninger hvor begge løp/inntak er helt tett. Resultatet er vist i Figur 6-1. En kan se at vannet vil strømme over vegen, og inn i skoleområdet. Vanddybdene i skoleområdet kan bli opptil 1.5 meter, og langs den vestlige fasaden til bygget er vanddybden ca. 1 meter.

Under en slik situasjon, vil det være en betydelig drukningsfare for barn som ferdes ute på skoleområdet. Det er også en inngang til skolebygget på den vestlige fasaden, som vannmengdene kan trenge inn i. Altså kan det forventes skader på både utsiden og innsiden av bygget.



Figur 5-1. Venstre: Dybdeplott for 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag med helt tett bekkelukking. Høyre: Lengdeprofil forbi skolen som sammenligner vannstand med åpent og tett gjennomløp.

5.2. Risikoreduserende tiltak

Som er forebyggende tiltak, bør det foretas jevnlig rensk av bekkelukkingen/inntaket. Spesielt i forkant av flomsituasjoner (når det er meldt store nedbørsmengder) er det viktig å kontrollere og eventuelt renske inntak.

Dersom en slik ekstremsituasjon mot formodning oppstår, må det iverksettes krisetiltak. Beregningene indikerer at det vil ta ca. 7 timer fra vannstanden ved innløpet til bekkelukkingen begynner å stige, til vegen overtoppes og man får vann inn på skoleområdet. Det bemerkes at dette er en «teoretisk» situasjon, og at det i realiteten kan ta lengre eller kortere tid. Vannstanden vil imidlertid trolig stige såpass raskt, at det vil være farlig/umulig å renske inntaket når flommen først har startet. Akutt rensk av inntak må i så fall gjøres med gravemaskin. Et aktuelt krisetiltak er å evakuere barn og voksne fra skoleområdet, og sørge for at ingen beveger seg inn i det flomutsatte området. Det kan også gjøres tiltak for å begrense skadene på skolebygget, som å sette ut mobile flomvegger, sandsekker eller vannpølser. Beregningene indikerer imidlertid at vannstanden på skoleområdet vil stige raskt når vegen først er overtoppet (ca. 1-2 timer), så slike tiltak må utføres med en gang flommen oppdages.

6. Klassifisering, sikkerhetspåslag og flomsonekart

For å kunne ta hensyn til usikkerhet i beregningene i størst mulig grad, anbefaler NVE (veileder 3/2022) at det legges til et sikkerhetspåslag på vannføringen, slik at flomsikker sone og nivå kan bestemmes. Sikkerhetspåslaget skal velges ut ifra en klassifisering av flomberegningene og den hydrauliske modellen, basert på kriterier gitt i NVE veileder 3/2022 - se Tabell 6-1 til Tabell 6-3.

Datagrunnlaget for flomberegningene ansees som noe sparsomt, da det ikke er målinger i vassdraget og det er nokså stor avstand til referansestasjonene. Det er imidlertid gjort et konservativt valg i endelig flomverdi, og det er derfor vurdert at flomberegningene havner i **Klasse 4**.

Klassifiseringen av den hydrauliske modellen er vurdert på følsomhetsanalysene og skjønn. Analysene viser at modellen er noe følsom, spesielt mot endringer i vannføring, og den er heller ikke kalibrert. Det er derfor valgt å plassere den hydrauliske modellen i **Klasse E**.

Klasse 4 for flomberegninger, og klasse E for hydraulisk modell, tilsier at det skal benyttes et **sikkerhetspåslag på 60%**.

Tabell 6-1 Klassifisering av flomberegninger (NVE veileder 3/2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i, eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

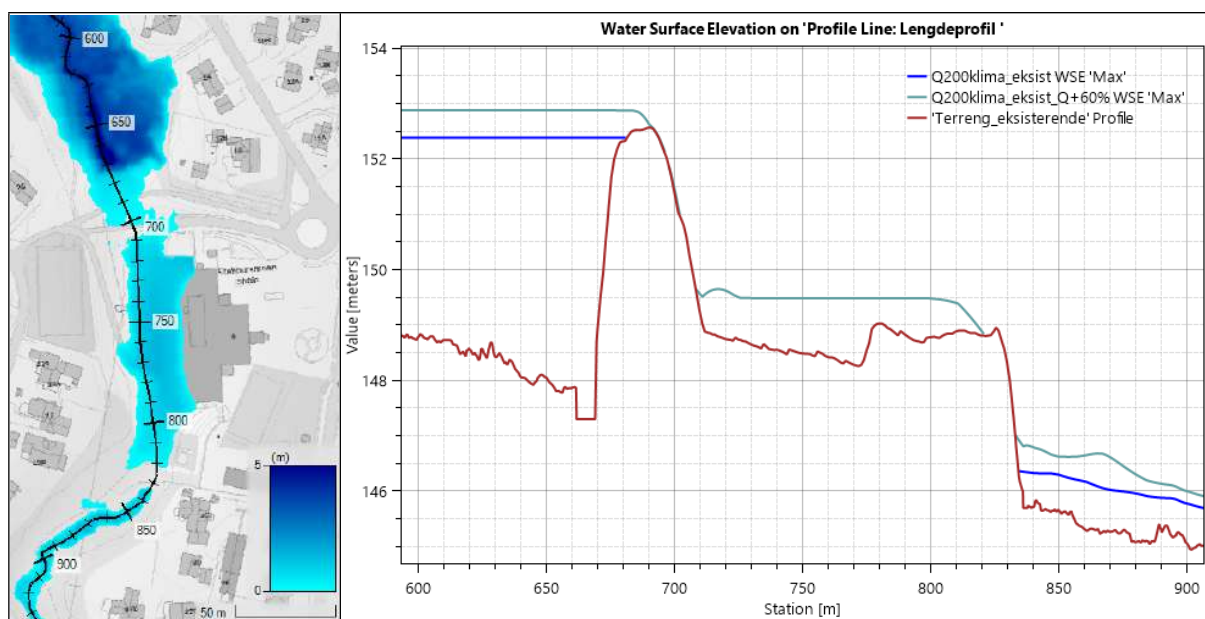
Tabell 6-2 Klassifisering av hydraulisk modell (NVE veileder 3/2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 - 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringene i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.

Tabell 6-3 Sikkerhetspåslag på vannføring basert på klassifisering av beregninger (NVE veileder 3/2022).

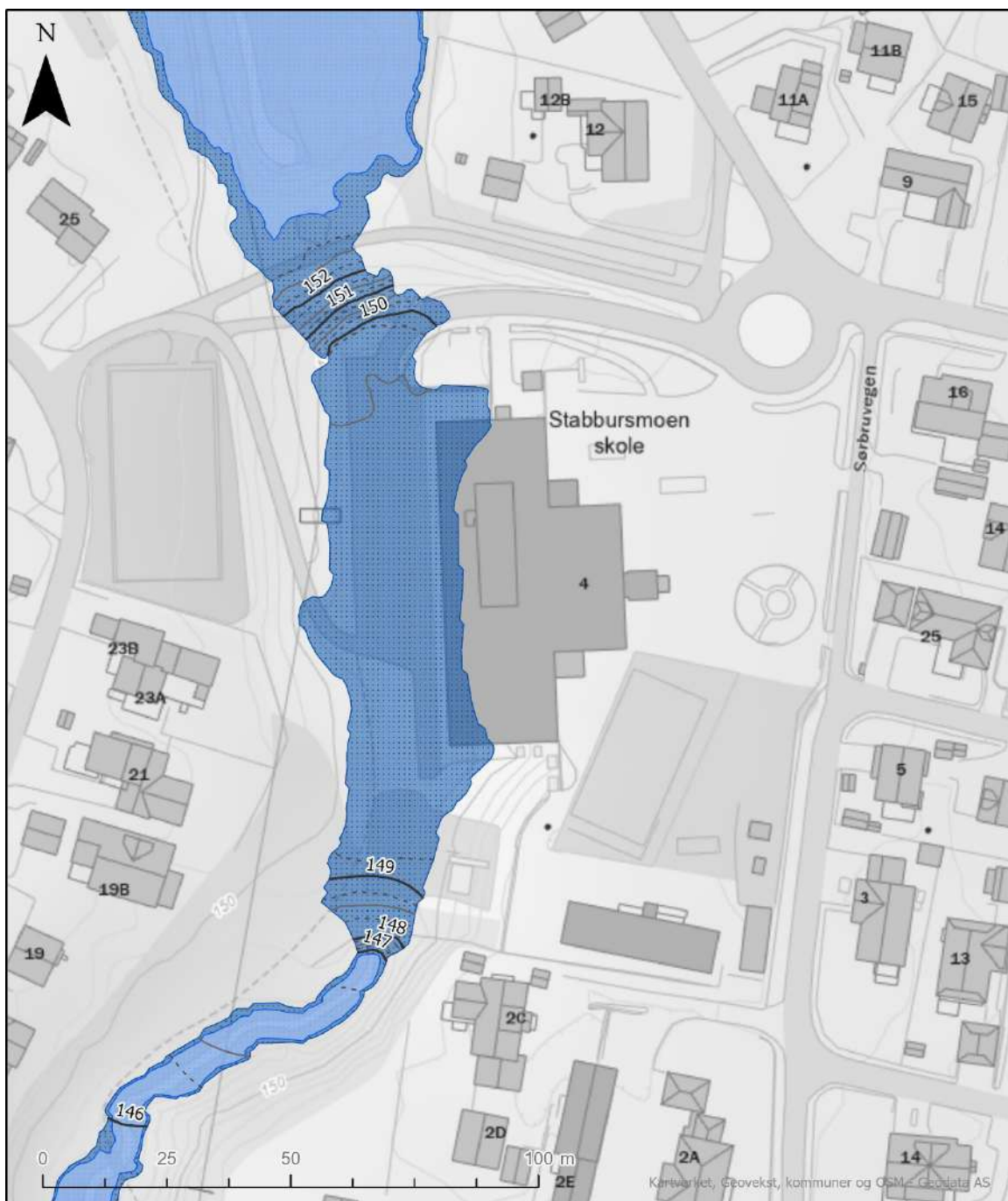
Klassifisering av hydraulisk modell	Sikkerhetspåslag				
	Klasse E	40%	45%	50%	60%
	Klasse D	20%	30%	40%	50%
	Klasse C	15%	20%	30%	40%
	Klasse B	10%	15%	20%	30%
	Klasse A	5%	10%	15%	25%
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 - 5	
Klassifisering av flomberegninger					

Resultater fra modellkjøring med 60% sikkerhetspåslag er vist i Figur 6-1. Med dette påslaget blir vegen overtoppet, og vi får vann inn på skoleområdet. En kan se at situasjonen er svært lik «worst-case-scenariot» med fullstendig tett bekkelukking (se kapittel 5), bare med noe lavere vannstand.



Figur 6-1. Venstre: Dybdeplott for 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 60% sikkerhetspåslag, dagens situasjon. Høyre: Lengdeprofil forbi skolen som sammenligner vannstand med og uten sikkerhetspåslag. Det er kun med sikkerhetspåslaget at det flommer over skolens område.

Endelig flomsonekart er utarbeidet for en såkalt «flomsikker situasjon», som inkluderer sikkerhetspåslaget på 60%. Altså kan flomsikker sone og flomsikkert nivå leses direkte fra kartet. Dette er vist i Figur 6-2 (samt Vedlegg 1), sammen med flomsone uten sikkerhetspåslag til sammenligning. Fra kartet kan det avleses at minimum flomsikkert nivå for skoleområdet ligger på kote **+149.5**. Dette legger til grunn dagens terreng med dagens 2 x Ø1000 mm bekkelukking. Beregningen må oppdateres med nytt terreng når dette er prosjektert.



<p>Flomsonekart Stabbursmoen</p> <p>NB: Verdier i kart angir flomsikkert nivå i moh (NN2000). Det er benyttet 60 % sikkerhetspåslag på vannføringen.</p>	<p>Tegnforklaring</p> <ul style="list-style-type: none"> Flomsone Q200 + 40%klima Flomsone Q200 +40%klima + 60%sikkerhetspåslag
<p>Oppdragsgiver: Eggen Arkitekter AS Oppdragsnr.: 639082-01 Utarbeidet av: JZ / HMK Status: Leveranse Dato: 21.04.2023</p>	<p>Flomsikre koter (m/ 60%sikkerhetspåslag), ekvidistanse</p> <ul style="list-style-type: none"> 100 cm 50 cm 25 cm

Figur 6-2. Flomsonekart for dagens situasjon (bekkelukking 2 x Ø1000 mm rør), med og uten 60 % sikkerhetspåslag. Flomkotene er fra beregningen med 60 % sikkerhetspåslag.

7. Vurdering av tiltak

De hydrauliske beregningene viser at dagens bekkelukking ved Stabbursmoen skole har for dårlig kapasitet, og hvis en hensyntar usikkerheter i form av et sikkerhetspåslag vil en få vann inn på skoleområdet. I tillegg antas dagens lukking (2 x Ø1000 mm korrugerte stålrør) å ha en dårlig teknisk tilstand, og bør uansett byttes ut med hensyn til dette.

For å sikre skoleområdet mot flom, og forbedre den tekniske tilstanden, er det to tiltak som kan gjennomføres. Det er enten å oppgradere/bytte ut dagens bekkelukking, eller å åpne bekken. I prosjekter som involverer eksisterende lukkede bekker, bør det alltid gjøres en vurdering av mulighetene for gjenåpning. Nedenfor er det listet opp argumenter for henholdsvis beholde og oppgradere lukking, og gjenåpning av bekken:

Argumenter for å beholde/oppgradere lukking:

- Mer sammenhengende areal til skoleområdet.
- Skolens akebakke beholdes.
- Ingen større endringer i forhold til dagens situasjon. Eksisterende strømningsforhold beholdes (antagelig). Trolig ingen overraskelser ved flom.
- Mindre risiko for at barn skal havne i bekken/komme i kontakt med vannet.
- Terrenget over lukkingen kan kjøres på og brukes til parkering.
- Unngår dyp kanal.

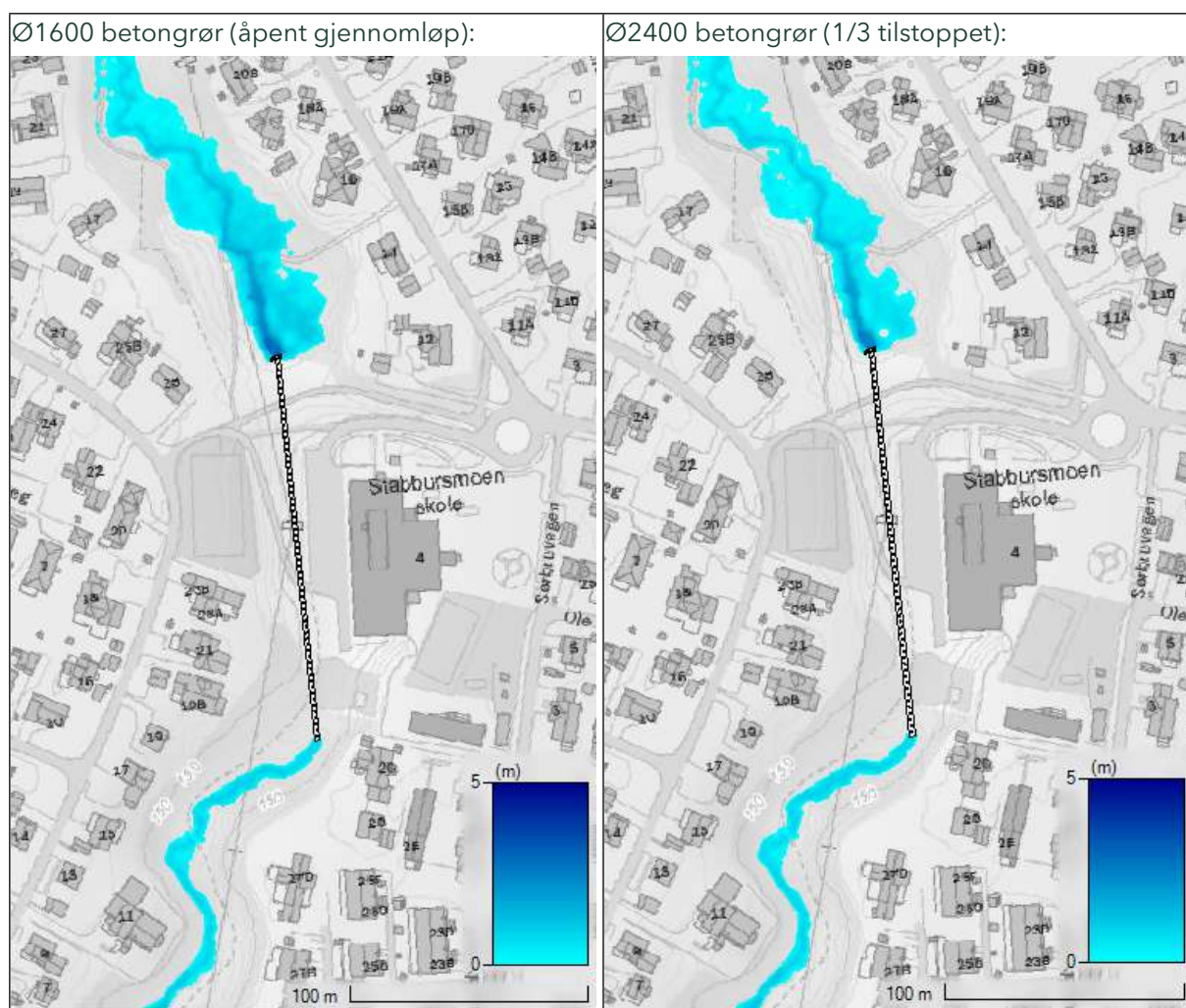
Argumenter for åpning:

- Gunstig for fiskevandring og biologisk mangfold generelt (planter, dyr og insekter).
- Kan brukes i naturfagundervisningen på skolen.
- Fremmer lek og aktivitet året rundt.
- Bekkeåpning er i vinden, både politisk og i fagmiljøene.
- Bedre hydraulisk kontroll ved flom (man ser vannets nivå til enhver tid).
- Mindre farlig for barn å falle i en åpen bekk enn å forville seg inn i en lang kulvert.
- Bidrar til forbedret vannkvalitet i bekken.
- Positiv omtale i mediene.
- Tilfører merverdi for turgåere.
- Minimalt vedlikeholdsbehov.
- Bedre kapasitet ved flom, liten sjanse for tilstopping.

Begge tiltakene vil føre til en viss endring i flomsituasjonen både oppstrøms og nedstrøms skoleområdet. En større kapasitet vil redusere oppstuvning og da flomfaren oppstrøms, men kan medføre økt flomfare nedstrøms som følge av mindre fordrøyning og da økte flomvannmengder. Det er derfor gjort hydrauliske beregningene for de to tiltakene, for vurdering av konsekvenser.

7.1. Ny kulvert

Hvis en oppgraderer bekkelukkingen, vil det være sannsynlig at det byttes ut med betongrør. Videre er det her sett på to situasjoner for kulvertutbygging; 1xØ1600 mm rør og 1xØ2400 mm rør. Det er gjort hydrauliske beregninger for begge rørdimensjoner, og det er benyttet samme terreng som dagens. Resultatene er vist i Figur 7-1. Det er også gjort beregninger med 60% sikkerhetspåslag, som viser at skoleområdet ikke blir oversvømt med de nye lukkingene.



Figur 7-1. Dybdeplott for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag, med ny bekkelukking og dagens terreng. Venstre: 1x Ø1600 mm betongrør, med åpent gjennomløp. Høyre: 1xØ2400 mm betongrør, med 1/3 tilstoppet gjennomløp (tilfredsstiller krav i Vegnormal N200).

Den første (Ø1600) er valgt fordi det representerer en tilnærmet ren utskifting av lukkingen, som ikke gir vesentlig endring av flomforholdene nedstrøms. Hydrauliske resultater for en slik situasjon, er vist til venstre i Figur 7-1. Beregnet maksdybde ved innløpet med Ø1600-rør blir ca. 2.8 m, mot 5.1 m med dagens rør.

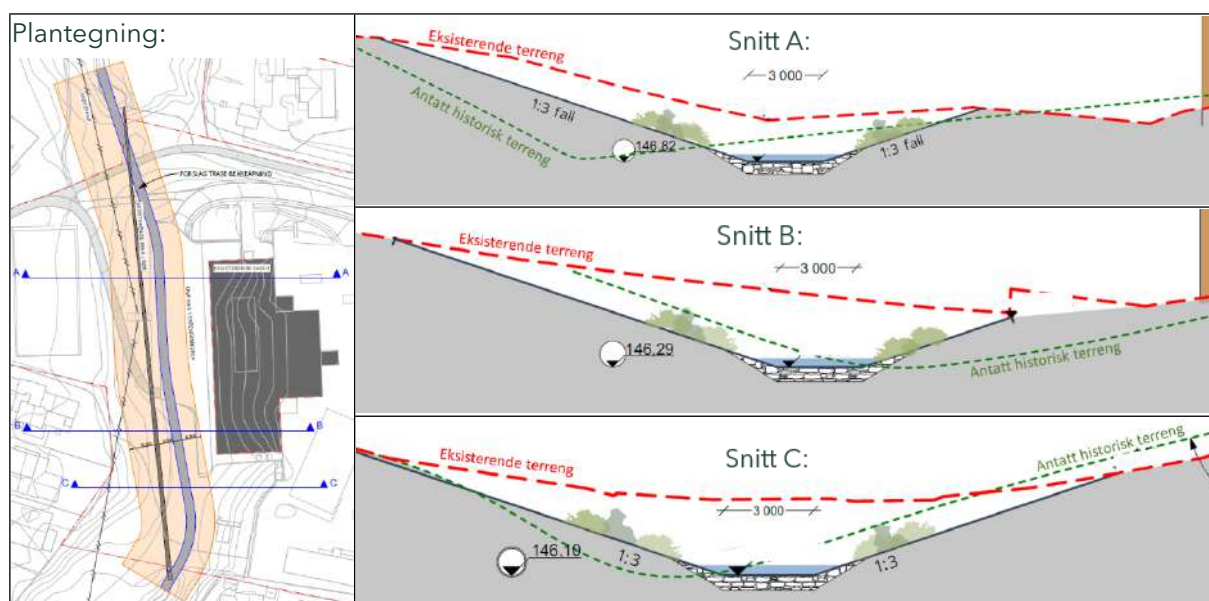
Sett opp mot krav i Statens vegvesens Vegnormal N200 er riktignok Ø1600 for lite, da dybden ved kulvertinnløp ikke skal overstige topp rør ved dimensjonerende flom. Det er heller ikke hensyntatt at kulverten kan bli tilstoppet, som er et krav i N200. Veien som krysser over er riktignok *ikke* eid av Vegvesenet, og kravet er dermed ikke absolutt. Det anbefales likevel på generelt grunnlag å følge anbefalingene fra N200.

Om en skal tilfredsstillere kravet til innløpsdybde i N200, må ny kulvert ha innvendig diameter minst 2000 mm. For å også tilfredsstillere kravet om kapasitet med 1/3 av rørdimensjonen gjentattet, må en opp i 2400 mm innvendig diameter. N200 tillater oppstuvning over innløpet tilsvarende 0,1 x rørdiameter ved bruk av tett sikring i overliggende fylling. Resultatene for en slik situasjon (Ø2400, 1/3 tilstoppet) er vist til høyre i Figur 7-1. Flomsituasjonen blir omtrentlig tilsvarende som for den åpne Ø1600 røret, med en noe redusert vanddybde på 2.4 m. Med et åpent gjennomløp, vil Ø2400 gi betydelig mindre oppstuvning enn et Ø1600 rør.

I en eventuell detaljprosjektering av oppgradert bekkelukking, må det tas stilling til om kravene i Vegnormal N200 skal oppfylles. Det må da også sees på utforminger for inntakskonstruksjon, og om og eventuelt hvordan det skal tas hensyn til fiskevandring. Fiskevandring er spesielt utfordrende for slike lange bekkelukkinger.

7.2. Bekkeåpning

Det er utarbeidet en skissetegning med foreslått trase for bekkeåpning - se Figur 7-2. Denne tar utgangspunkt i at bekken følger omtrentlig sitt (antatte) historiske løp, og at den vil ha en bunnbredde på 3 meter, og sidehelninger på 1:3.



Figur 7-2. Utsnitt fra skissetegning (plan og snitt) med foreslått trase for bekkeåpning (Agraff arkitektur, 14.03.23).

Den foreslåtte traseen og tilhørende utforming (3 m bredde, 1:3 sidehelninger), er lagt inn i terrenngmodellen, og bekkelukkingen er fjernet. Resultater fra hydraulisk beregning med en slik situasjon er vist i Figur 7-3. Resultatene viser at vanddybden oppstrøms skoleområdet reduseres betraktelig, fra 5.1 m i dagens situasjon til 0.75 m med bekkeåpning (uten sikkerhetspåslag).

Vanddybden i den åpne bekken er nokså lik på hele traseen, og ligger på ca. 75 cm (fra bunn bekk). Analyse med 60% sikkerhetspåslag viser at dybden økes med ca. +20 cm, altså til 95 cm. Det er riktignok fortsatt god kapasitet i forhold til foreslått utforming (flommen holder seg innenfor bekkeløpet).

I en eventuell detaljprosjektering av bekkeåpningen, anbefales det at den erosjonssikres opp til en høyde på minst 1 meter fra bekkbunn. Videre bør det tas spesielle hensyn til utformingen på sikringen, og utformingen på bekken generelt, hvis man ønsker å tilrettelegge for fiskevandring.



Figur 7-3. Venstre: Terrenngmodell for bekkeåpning. Høyre: Dybdeplott for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag, med bekkeåpning. Dybde i åpnet bekk ligger på ca. 75 cm. Med 60% sikkerhetspåslag økes dybden med ca. +20 cm, altså til 95 cm.

7.3. Sammenligning av konsekvenser

Det er her gjort en sammenligning av hvilke konsekvenser de forskjellige tiltakene har på flomsituasjonen. Lengdeprofil med sammenligning av vannlinjer er vist i Figur 7-4. Kart med sammenligning av flomsone (maksimal flomutbredelse), dybder og hastighet er gitt i henholdsvis Figur 7-5, Figur 7-6 og Figur 7-7. Disse viser endringer i flomsituasjon ved 200-årsflom inkludert 40 % klimapåslag (ikke inkludert sikkerhetspåslag).

Alle tiltakene gir mindre oppstuvning og lavere vannnybde foran skoleområdet, som følge av økt kapasitet. Dette medfører imidlertid at mindre vann fordrøyes her, som gir en økning i flomvannmengde nedover i vassdraget. Stort sett gir den økte flomvannmengden liten endring i flomutbredelse og vannnybde - unntaket er imidlertid foran veger/kulverter. Allerede i dagens situasjon har nedstrøms kulverter for liten kapasitet, og de økte flomvannmengdene fører derfor til mer oppstuvning og større oppstrøms vannnybde - se Tabell 7-1. Ved Heimdalsvegen 41 (lukking nr. 4), får en i tillegg flomvann på avveie, men vannet strømmer primært i grøftene langs veien.

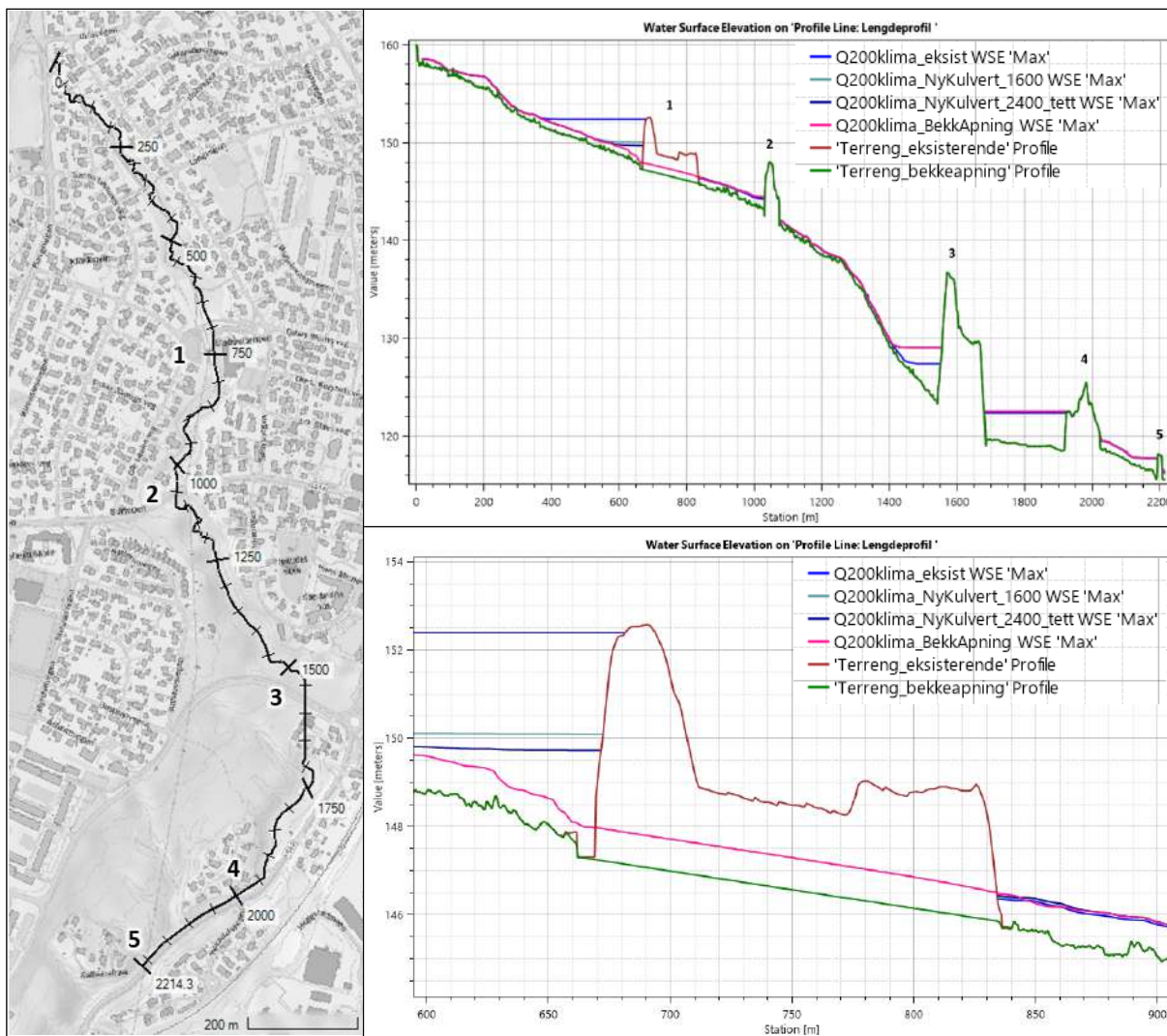
Flomsone holder seg innenfor bekkedalen, også i situasjoner med tiltak. Altså er det ikke noe bebyggelse/bygninger som risikerer å bli oversvømt, som følge av tiltakene.

Hvis en sammenligner tiltakene, gir bekkeåpning en betydelig større dybdereduksjon oppstrøms skoleområdet i forhold til oppgradering av lukkingen. Vannstanden reduseres med nesten -4.5 meter, sammenlignet med ca. -2.5 meter for nye kulverter. Siden en ikke får oppstuvning med bekkeåpning, vil vannhastighetene oppstrøms skoleområdet (lengde på ca. 50 meter) økes betydelig - maksimal hastighetsøkning her er på +2.6 m/s.

Til tross for at en får en viss oppstuvning med de nye bekkelukkingene, er det begrenset hvor store vannmengder som fordrøyes. Altså er det ikke store forskjeller i den økte flomvannmengden nedover i vassdraget, ved oppgradering av lukking og bekkeåpning. Dette gjenspeiles i vannnybde og utbredelse; en kan se at tiltakene gir tilnærmet den samme økningen i dybde og utbredelse ved kulvertene.

Tabell 7-1. Endringer i innløpsvannstand ved kulverter, ved 200-årsflom inkl. 40% klima, som følge av tiltak.

Nr.	Navn	Endring vannstand ved innløp [\pm m]		
		Ø1600 kulvert	Ø2400 kulvert (tett)	Bekkeåpning
1	Bekkelukking forbi skolen	-2.30	-2.67	-4.41
2	Kulvert Ringvålvegen	+0.20	+0.21	+0.21
3	Kulvert Katteskogen	+1.65	+1.65	+1.65
4	Kulvert Heimdalsvegen 41	+0.15	+0.15	+0.15
5	Kulvert Heimdalsvegen 73	+0.05	+0.05	+0.05

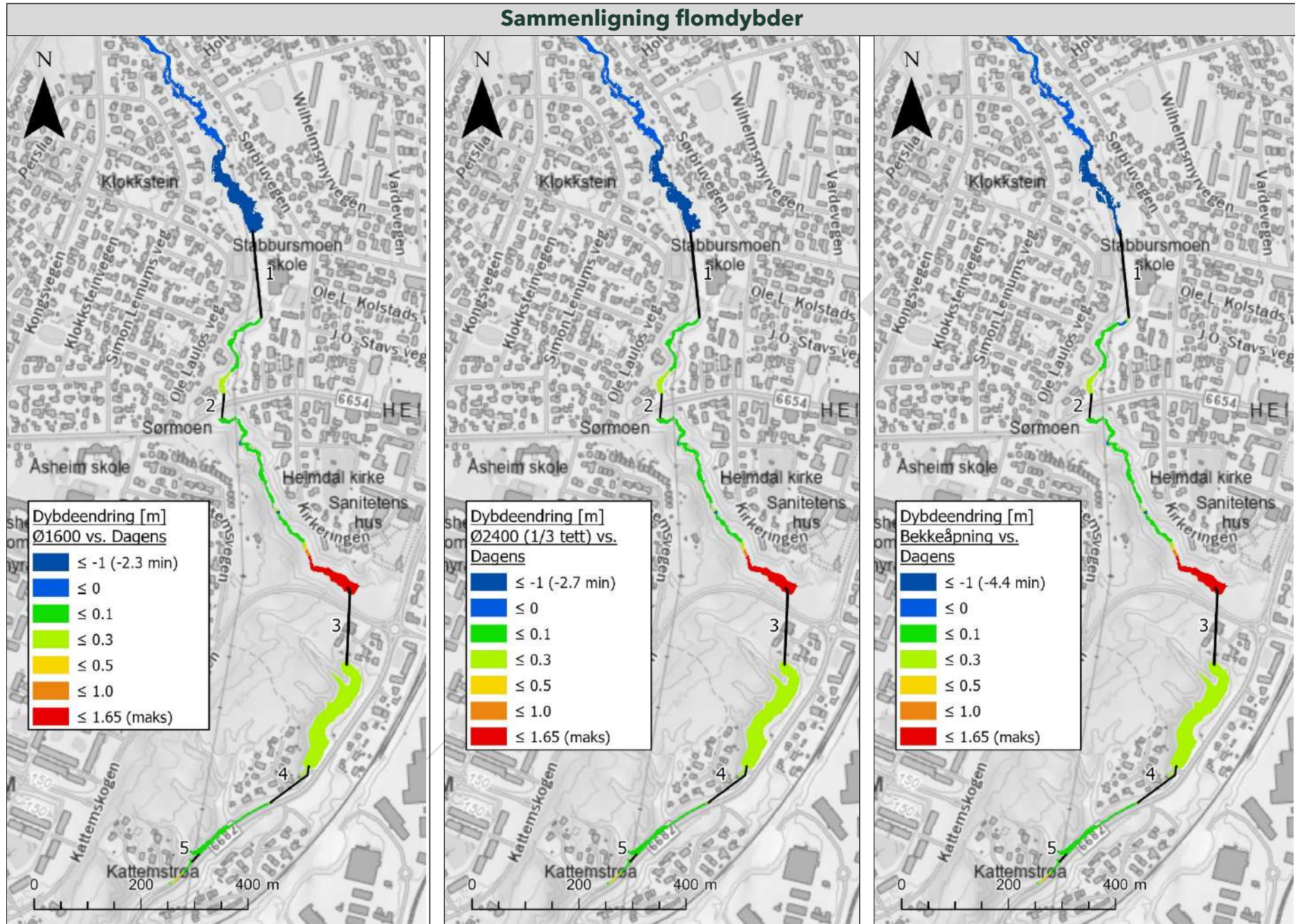


Figur 7-4. Lengdeprofil som sammenligner vannstand ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag, ved dagens situasjon (blå linje), ny kulvert Ø1600 (blågrønn linje), ny kulvert Ø2400 1/3 tett (mørkeblå linje) og bekkeåpning (rosa linje). Det nederste profilet er ved skoleområdet - det er kun her eksisterende terreng (rød linje) og terreng med bekkeåpning (grønn linje) avviker.

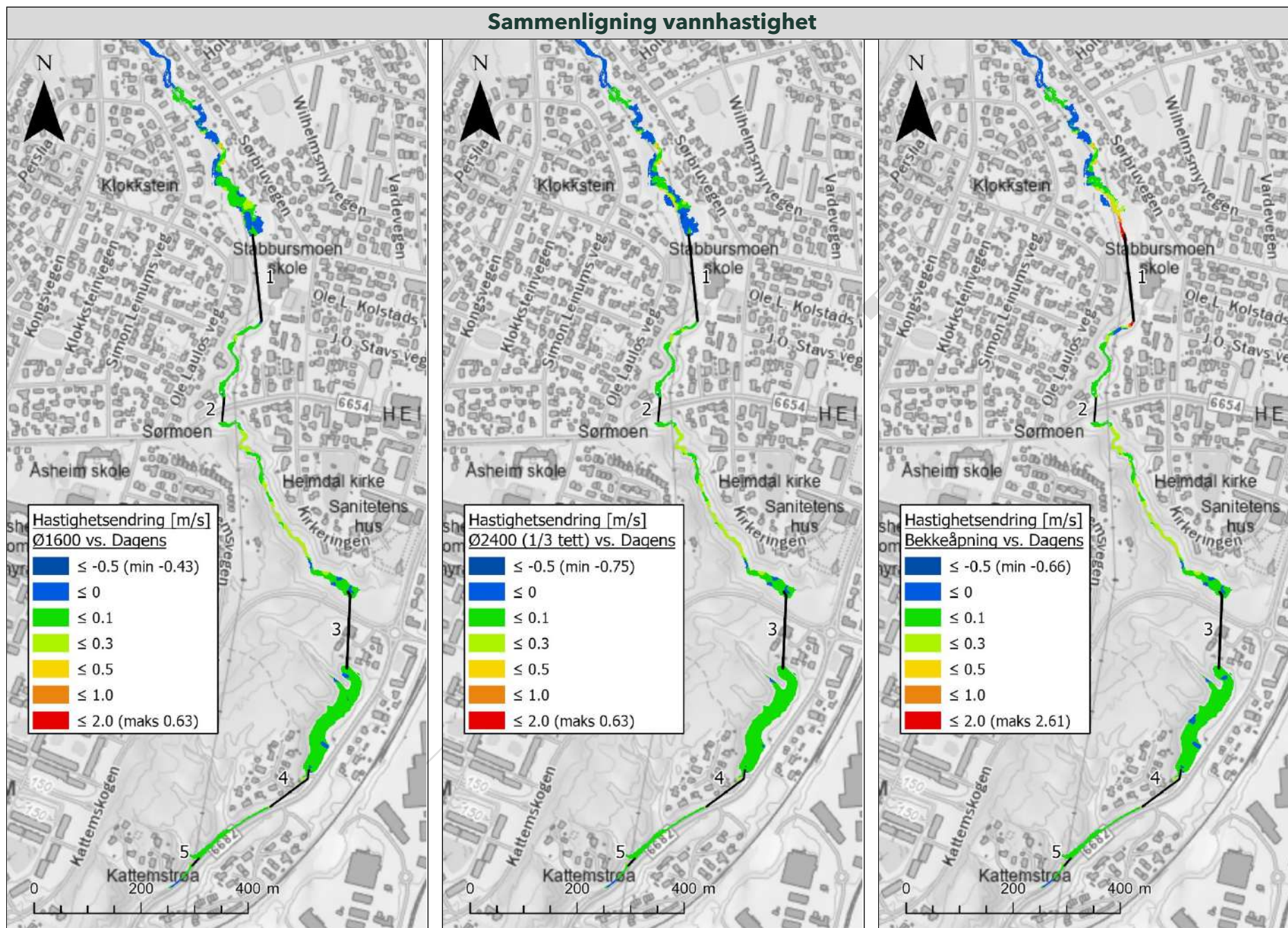


Figur 7-5. Sammenligning mellom flomsone for dagens situasjon, og situasjon med tiltak, ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.

Sammenligning flomdybder



Figur 7-6. Sammenligning mellom flomdybder for dagens situasjon, og situasjon med tiltak, ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.



Figur 7-7. Sammenligning mellom vannhastigheter for dagens situasjon, og situasjon med tiltak, ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.

8. Konklusjon og anbefalinger

Flomsonekartlegging av 200-årsflom i fremtidens klima ved Stabbursmoen skole, viser at dagens bekkelukking har for dårlig kapasitet og at en får store vanndybder oppstrøms skoleområdet. Med et 60 % sikkerhetspåslag, for å hensynta usikkerheter i beregningene, vil en få flomvann inn på skoleområdet. Det samme gjelder hvis bekkelukkingen blir tett. Altså ligger skolen flomutsatt til, og det er behov for tiltak for å redusere flomfaren. I tillegg antas dagens lukking (2 x Ø1000 mm korrugerte stålrør) å ha dårlig teknisk tilstand, og bør uansett byttes ut av hensyn til dette.

For å sikre skoleområdet mot flom, og forbedre den tekniske tilstanden, er det to tiltak som kan gjennomføres. Det er enten å oppgradere/bytte ut dagens bekkelukking, eller å åpne bekken. Det er gjort beregninger og vurderinger av disse tiltakene.

Ved en utskifting av kulverten, vil det være aktuelt å benytte betongrør. Et Ø1600 rør kan være aktuelt, men vil ikke oppfylle dimensjoneringskrav gitt i Statens vegvesens Vegnormal N200, spesielt hvis det blir gjentettet. Et Ø2400 rør oppfylder kravene, selv med 1/3 gjentetting av gjennomløpet. Videre gir oppdimensjonering til ett Ø2400 rør (vel og merke med 1/3 av høyden tettet) omtrent samme konsekvens nedstrøms som ett Ø1600 rør. Det anbefales derfor å ta utgangspunkt i den større dimensjonen, som oppfylder krav i Staten vegvesens Vegnormal N200. Videre vil den større dimensjonen være bedre egnet for fiskevandring, selv om det bemerkes at dette uansett er utfordrende for slike lange bekkelukkinger.

Ved bekkeåpning, vil det være hensiktsmessig å følge det (antatte) historiske bekkeløpet i størst mulig grad. Videre bør den ha tilstrekkelig bunnbredde til å begrense høyden/dybden i bekken, og slake nok sideskråninger av samme grunn og for å tilrettelegge for ferdsel. Det er her tatt utgangspunkt i en utforming med 3 meter bunnbredde, og 1:3 sidehelninger. Beregningene viser at foreslått trase har stor nok kapasitet, også når en hensyntar usikkerheter. I en eventuell detaljprosjektering av bekkeåpningen, anbefales det at den erosjonssikres opp til en høyde på minst 1 meter fra bekkebunn. Det bør også vurderes å strekke sikringen ca. 50 meter oppstrøms skoleområdet som følge av økte vannhastigheter. Videre bør det tas spesielle hensyn til utformingen på sikringen, og utformingen på bekken generelt, hvis man ønsker å tilrettelegge for fiskevandring.

Tiltakene vil føre til endringer flomsituasjonen både oppstrøms og nedstrøms skoleområdet. En større kapasitet reduserer oppstuvningen, men gir også mindre fordrøyning og økte vannmengder nedstrøms. Resultatene viser at bekkeåpning gir desidert størst dybdereduksjon oppstrøms skoleområdet, og at konsekvensene nedstrøms

er nokså like som for en oppgradering av lukkingen. Det er primært ved nedstrøms kulverter at en får økt flomdybde og utbredelse (som følge av manglende kapasitet) - ellers er flomsituasjonen nokså lik dagens.

Alle de nevnte tiltakene medfører at skoleområdet ikke lengre er flomutsatt, hvis en hensyntar usikkerheter i form av et sikkerhetspåslag på vannføringen (60 %). Videre er konsekvensene nedstrøms tilnærmet det samme. Det er altså ikke nødvendigvis grunnlag for å velge ett tiltak fremfor det andre med hensyn til disse to momentene. Det anbefales imidlertid, fra et hydrologisk perspektiv, å gå for bekkeåpning. Dette fordi en får bedre hydraulisk kontroll (kan se vannets nivå til enhver tid), og risikoen for tilstopping reduseres. Hvis det også skal tilrettelegges for fiskevandring, er bekkeåpning definitivt det beste alternativet.

Det bemerkes at det er flomsone for *dagens* situasjon (uten tiltak) som er gjeldende frem til eventuelle tiltak er fysisk utført, og skal inn i eventuelle plankart. Hvis det ikke utføres tiltak, må infrastruktur på skoleområdet planlegges/sikres/dimensjoneres for en flomsikker situasjon (dvs. 200-årsflom inkl. 40 % klima og 60 % sikkerhetspåslag). Minimum flomsikkert nivå for skoleområdet blir da på kote **+149.5**.

Kilder

- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). Byggteknisk forskrift. TEK17.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). Vassdragshåndboka. Tapir akademisk forlag.
- **NVE** (2022a). Veileder for flomberegninger. NVE veileder nr. 1/2022.
- **NVE** (2022b). Sikkerhet mot flom. NVE-veileder nr. 3/2022.
- **Trondheim kommune** (2019). VA-norm med ny IVF-kurve.
[Vedlegg-5-Planlegging-og-dimensjonering-av-overvannshandtering.pdf \(va-norm.no\)](#)

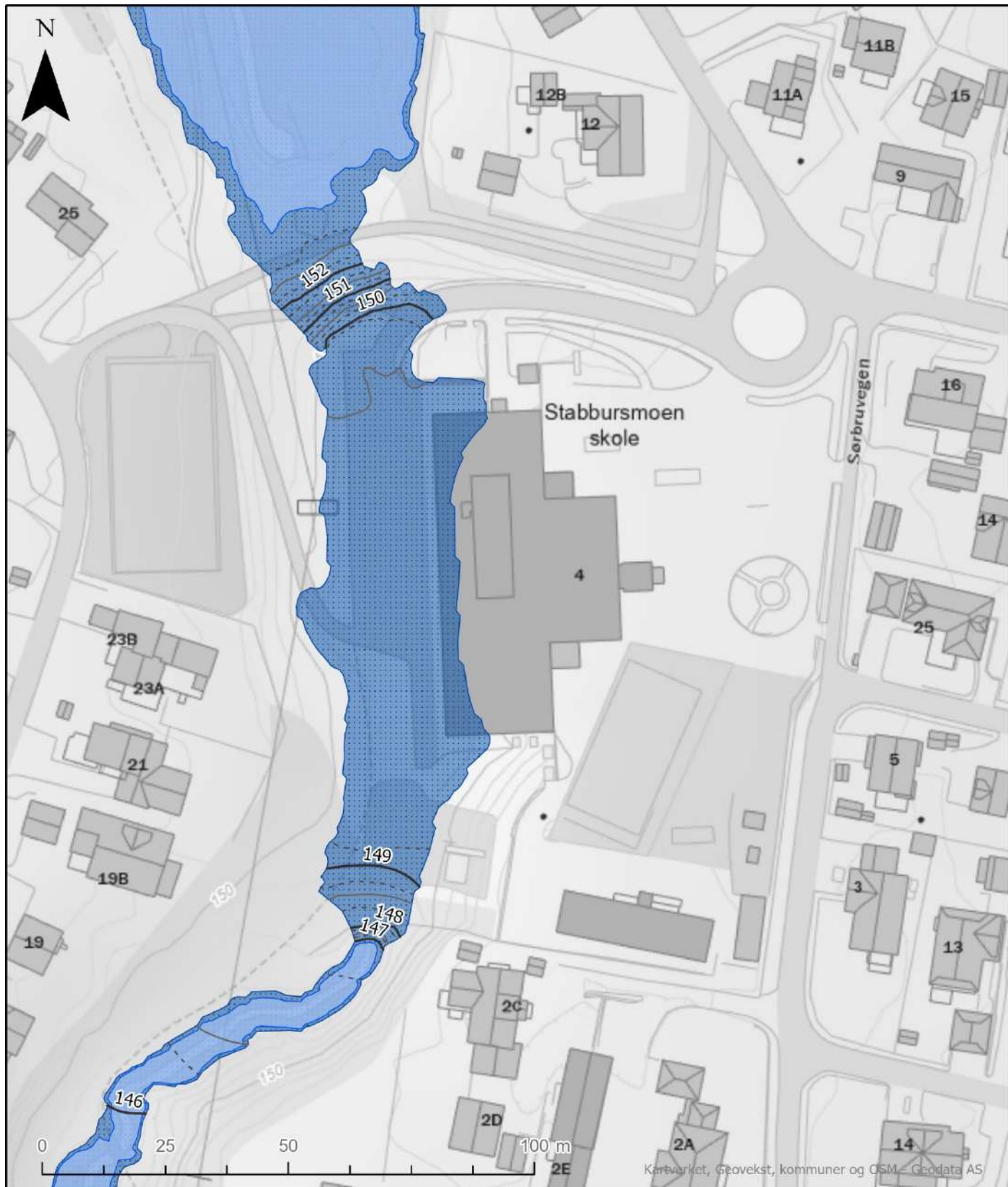
Databaser og verktøy:

- **Høydedata** (desember 2022). Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- **NVE karttjenester** (nov 2022 - jan 2023). Hentet fra <https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- **NVE PQRUT** (januar 2023). Hentet fra <http://pqrout.nve.no/#/T/1>

Vedlegg

Vedlegg 1 Flomsonekart dagens situasjon med 60 % sikkerhetspåslag på vannføring

Vedlegg 1 - Flomsonekart



Flomsonekart Stabbursmoen

NB: Verdier i kart angir flomsikkert nivå i moh (NN2000). Det er benyttet 60 % sikkerhetspåslag på vannføringen.




Oppdragsgiver: Eggen Arkitekter AS
Oppdragsnr.: 639082-01
Utarbeidet av: JZ / HMK
Status: Leveranse
Dato: 21.04.2023

asplan
viak 

Tegnforklaring

-  Flomsone Q200 + 40% klima
-  Flomsone Q200 + 40% klima + 60% sikkerhetspåslag

Flomsikre koter (m/ 60% sikkerhetspåslag), ekvidistanse

-  100 cm
-  50 cm
-  25 cm