

Bergen kommune

FLOM – OG EROSJONSFARE VURDERING FOR HAUKELAND SKOLE AREAL **RAPPORT**

Dato: 01.02.2021
Versjon: 04

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Bergen kommune
Tittel på rapport:	Flom- og erosjonsfare vurdering for Haukeland skole areal
Oppdragsnavn:	Haukeland skole Endringer
Oppdragsnummer:	624985-02
Utarbeidet av:	Haregewoin Haile Chernet
Oppdragsleder:	Olav Turøy
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Det er utført vurdering av flom- og erosjonsfare i Mølledalselfva i forbindelse med planlegging av tiltak på Haukeland skole.

Flomberegningen har tatt utgangspunkt i gjeldende flomberegning for dam Svartediket fra 2006. Tallene herfra er behandlet konservativt på grunn av alder på beregning, og usikkerheter i omgjøring av tall ved ulike gjentaksintervall.

Vannlinjeberegningen er utført i Hec-Ras som en 2D-modell. Resultatet av vannlinjeberegningen og flomkartleggingen viser at vannstanden ved skoleområdet er bestemt av den tekniske broa/kulverten like ved skolen (omtalt i rapporten som bro 2). Utformingen til broa har ikke tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere en fremtidig 200-års flom. Dette medfører at vannstanden stuver seg opp bak broa og det vil være fare for at vannet renner over broa og inn mot skoleområdet.

For å sikre skoleområdet for flom, anbefales det ett, eller flere i kombinasjon, av følgende tiltak:

- Sikre tiltaket med terrengheving mot skoleområdet, for eksempel i form av en voll eller mur
- Heve byggegrunnen

Ved disse tiltakene vil bro 2 uansett bli oversvømt. Hvis bro 2 skal være åpen under flomforhold, bør en øke kapasiteten til bro 2 ved å øke lysåpningen og utvide elvebredden rundt brostedet i tillegg til den valgte tiltakene.

Etablering av foreslått flomvoll/mur vil ikke medføre negative endringer på hydrauliske forhold nedstrøms i elveløpet langs skoleområdet og motsatt side.

På generelt grunnlag bør ekstra erosjonssikring vurderes, men omfanget vil avhenge av hva flomsikringstiltak som blir utført. I tillegg bør den eksisterende underdimensjonerte plastringen langs skoleområdet oppgraderes med beregnet steinstørrelse.

04	01.02.2021	Flom- og erosjonsfare vurdering for Haukeland skole	HHC	IDB
03	04.06.2020	Flom- og erosjonsfare vurdering for Haukeland skole	HHC	IDB
02	15.01.20	Flom- og erosjonsfare vurdering for Haukeland skole	HHC	IDB
01	23.12.19	Flom- og erosjonsfare vurdering for Haukeland skole	HHC	IDB
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forord

Asplan Viak AS har vært engasjert av Bergen kommune for å gjennomføre vurdering av flom- og erosjonsfare i Møllendalselva i forbindelse med planarbeid for Haukeland skole areal.

Olav Turøy har vært oppdragsleder for Asplan Viak AS. Beregninger og rapport er utført av Haregewoin Haile Chernet, og kontrollert av Ingri Dymbe Birkeland.

Bergen, 01.02.2021

Olav Turøy
Oppdragsleder

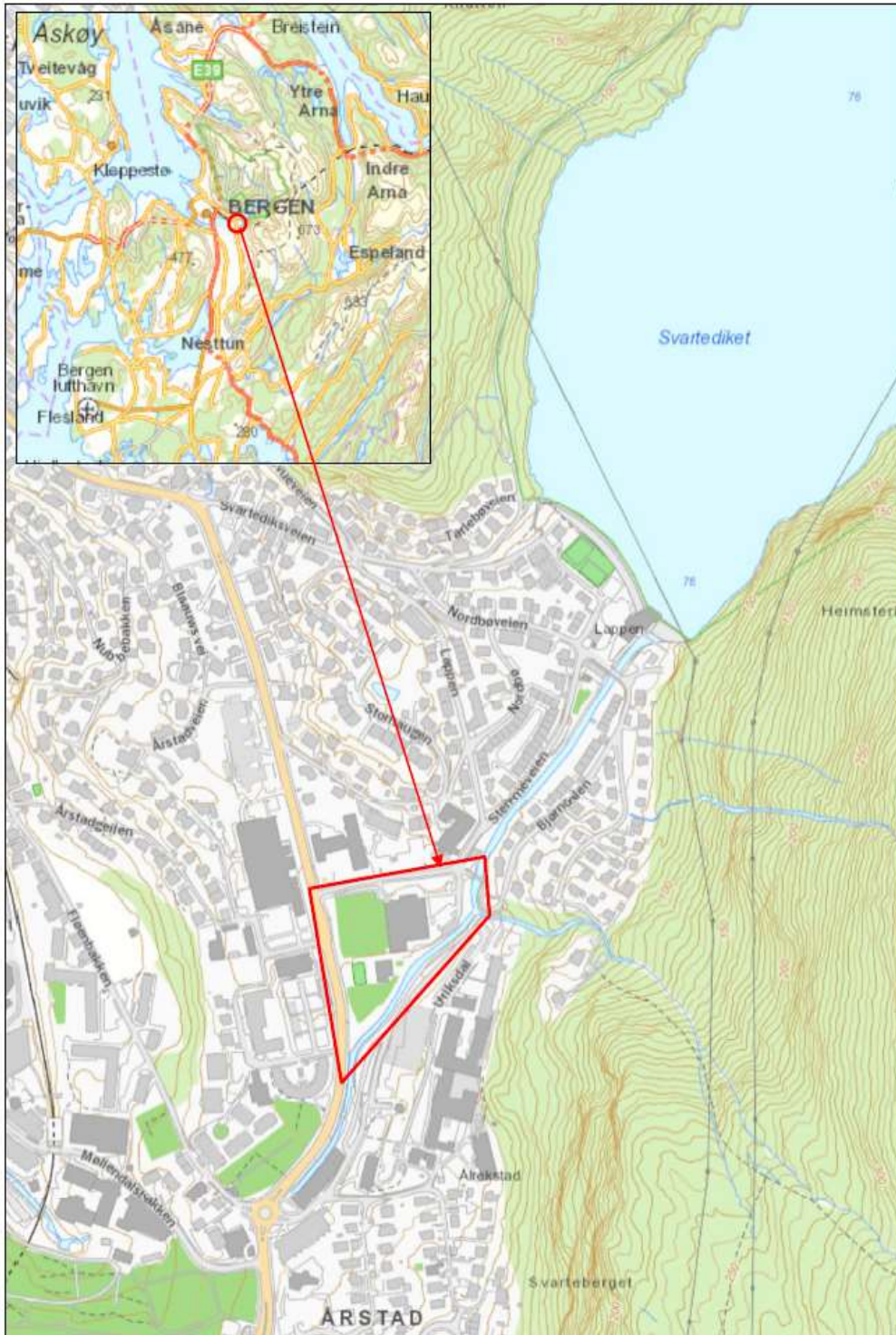
Ingri Dymbe Birkeland
Kvalitetssikrer

Innhold

1. INNLEDNING	5
2. FLOMBEREGNING	6
2.1. Nedbørfelt.....	6
2.2. Avløpsflom fra Svartediket	7
2.2.1. Flomfrekvensanalyse	9
2.3. Flom i Møllendalselven fra lokalfeltet mellom Svartediket og skoleområdet.....	9
2.3.1. Rasjonelle formel	10
2.4. Klimatillegg	12
2.5. Beregningsusikkerhet	12
2.6. Dimensjonerende flom ved skoleområdet	12
3. VANNLINJEBEREGNING	14
3.1. Hydraulisk modell	14
3.2. Terrengmodell	14
3.3. Broer	14
3.4. Friksjonsforhold	16
3.5. Grensebetingelser.....	16
3.6. Kalibrering.....	16
3.7. Resultater – eksisterende situasjon.....	17
3.8. Sensitivitetsanalyse.....	18
4. FLOMSIKKERT NIVÅ FOR SIDEAREAL.....	19
5. EROSJONSSIKRING	20
5.1. Generelt sikringsbehov	20
5.2. Dimensjonering av bunn- og sidesikring.....	20
6. FLOMSONEKART	21
6.1. Bruk av flomsonekart.....	21
6.2. Lavpunkter	21
7. OPPSUMMERING OG FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK	23
7.1. Etablering av flomvoll/mur	23
7.2. Konsekvenser av ny flomvoll/mur	25
8. UTVIDET VURDERING AV BRO 2 (TEKNISK KULVERT).....	27
8.1. Konsekvens av fjerning av bro 2 (teknisk kulvert)	27
8.1.1. Konsekvens av 25 % tilstopping av lysåpningen under bro 2	29
KILDER.....	31
9. VEDLEGG	32

1. INNLEDNING

Det er gjort vurdering av flom- og erosjonsfare for et kort delstreck av Møllendalselva i forbindelse med planlagt utvidelse og ombygging av Haukeland skole i Bergen kommune. Skoleområdet grenser til Møllendalselven, som hovedsakelig får avrenning fra Svartediket og sideelv fra Ulriken. Figur 1-1 viser plassering av skoleområdet.



Figur 1-1: Plassering av skoleområdet.

2. FLOMBEREGNING

Beregningene er utført i henhold til NVEs retningslinjer for flomberegninger, NVEs veileder for flomberegning i små nedbørfelt, og veilederen om tekniske krav til byggverk, TEK17 § 7-2. I henhold til TEK17 må bebyggelse plasseres sikkert med hensyn til flom, eller annen fare knyttet til vassdrag, som isgang, erosjon, skred og masseavlagring.

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i Tabell 2-1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	stor	1/1000

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk der oversvømmelse har liten konsekvens, både økonomisk og samfunnsmessig. Det innebærer byggverk med lite personopphold som garasjer og lagerbygninger.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I henhold til Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2) faller skoleområdet innenfor sikkerhetsklasse F2, som betyr at 200-årsflom blir dimensjonerende flomstørrelse.

2.1. Nedbørfelt

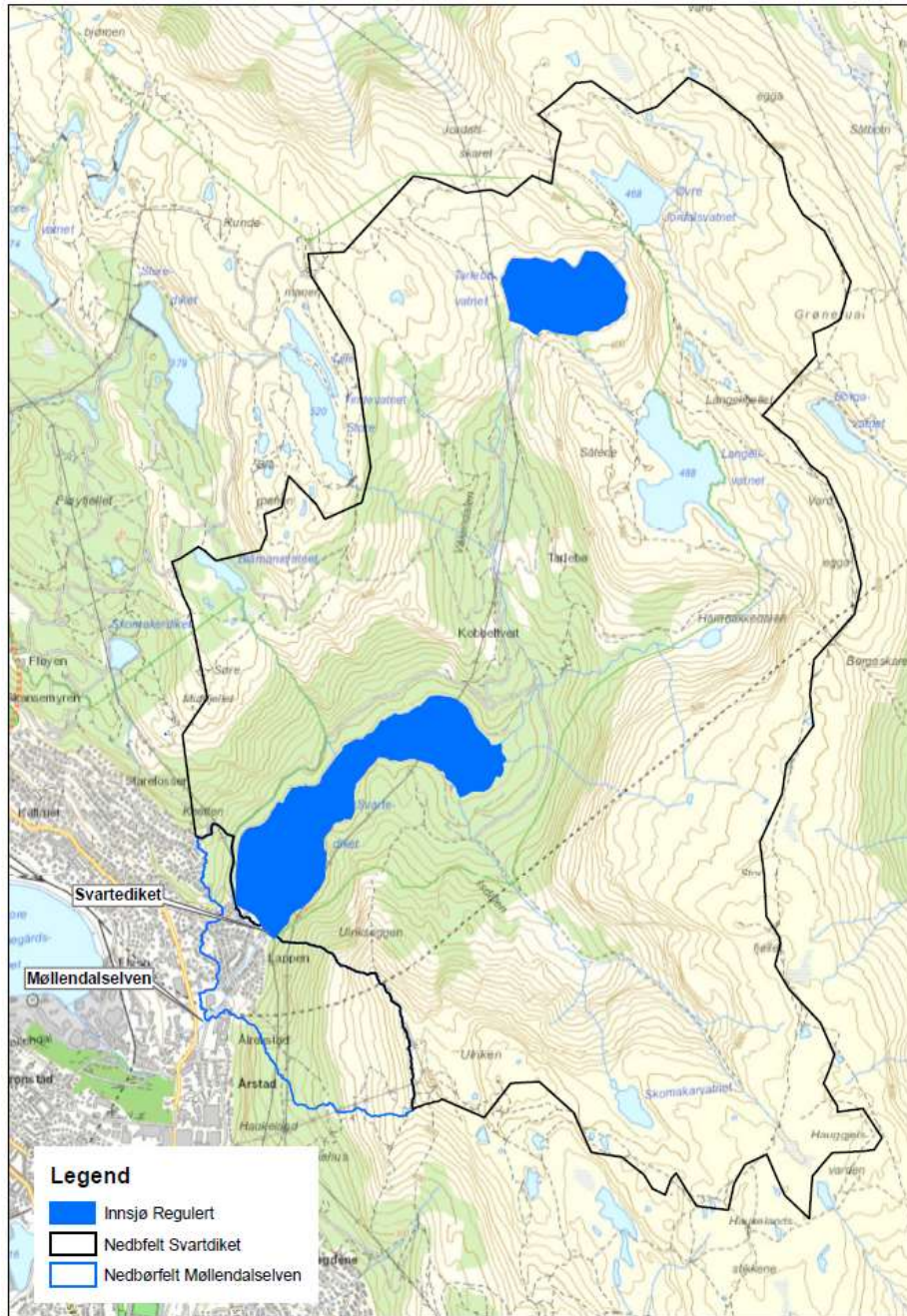
Flom i Møllendalselven vil bestå av avløpsflom fra Svartediket, kombinert med tilsig fra lokalfeltet. Svartediket er regulert til vannforsyningsformål og flommen fra dette nedbørfeltet blir dermed bestemt av magasinruting med tilhørende data for dammen og magasinet. Dette nedbørfeltet er godt regulert i og med at også oppstrøms magasin, Tarlebøvatnet, er regulert med dam. Lokalfeltet består av en sideelv som drenerer fra Ulriken, samt bebyggt areal mellom skolen og Svartediket.

Tabell 2-2 viser felldata for nedbørfeltene til Møllendalselven og Svartediket. Feltareal og feltparametere er beregnet ved bruk av NVEs program «NEVINA». Detaljert informasjon om feltparametere er vist i Vedlegg 1.

Tabell 2-2: Feltparametere for nedbørfeltet til og Svartediket og nedbørfeltet til Møllendalselven ved skoleområdet.

Felt	Felt-areal Totalt km ²	Skog %	Dyrket mark %	Snaufjell %	Myr %	Eff. sjø %	q _N [*] l/s/km ²	H _{min} /H _{max} m.o.h	Median høyde m.o.h
Svartediket	11,8	26,2	0,0	65,6	0,2	4,3	106,0	76/670	449
Møllendalselven	12,4	26,8	0,0	63,8	0,2	3,9	105,4	42/670	440

*Spesifikk middelavrenning beregnet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.



Figur 2-1: Oversikt over nedbørfeltene.

2.2. Avløpsflom fra Svartediket

Flomberegning for dam Svartediket, ca. 600 m oppstrøms Haukeland skole, ble utført av Norconsult i 2006 i rapportnr 5000959-1. Denne rapporten gir døgnmiddelverdi for tilsigsflom. Flomberegningen i 2006-rapporten utført med en nedbør-avløpsmodell og kvalitetssikret mot aktuelle referansevasdrag med målinger. Resultatet fra disse er oppsummert som i Tabell 2-3.

Tabell 2-3: Dimensjonerende flom (Q_{100}) for dam Svartediket, Kulminasjonsverdier.

Magasin	Tilsig m^3/s	Døgntilsig $l/s/km^2$	Avløp m^3/s
---------	-------------------	--------------------------	------------------

Dam Svartediket	62,1	2570	58,3
-----------------	------	------	------

I flomberegningen for dam Svartediket er det 1000-årsflom som er dimensjonerende, men for skoleområdet skal det beregnes 200-årsflom med klimapåslag.

1000-årsflomen kan omregnes til 200-årsflom på grunnlag av en relevant flomfrekvenskurve. For dette formålet er det vurdert å benytte flomfrekvenskurve fra målestasjoner i nærliggende vassdrag. Karakteristiske felldata til utvalgte referansestasjoner er vist i Tabell 2-4.

Tabell 2-4: Feltparametere til referanse målestasjoner.

Målestasjon	Areal km ²	Skog %	Dyrket mark %	Snau fjell %	Myr %	Eff. sjø %	q _N [*] l/s/km ²	H _{min} /H _{max} m.o.h	Median høyde m.o.h
42.2 Djupevad	31,0	40,7	0,0	52,1	1,4	0,3	110,2	92/1145	550
46.7 Brakhaug	9,3	6,2	0,0	82,0	0,1	0,2	118,1	175/1280	943
55.4 Røykenes	50,5	51,8	2,8	30,7	1,3	1,8	102,2	53/955	304
55.5 Dyrdalsvatn	3,4	0,0	0,0	93,5	2,8	3,8	148,4	436/805	585

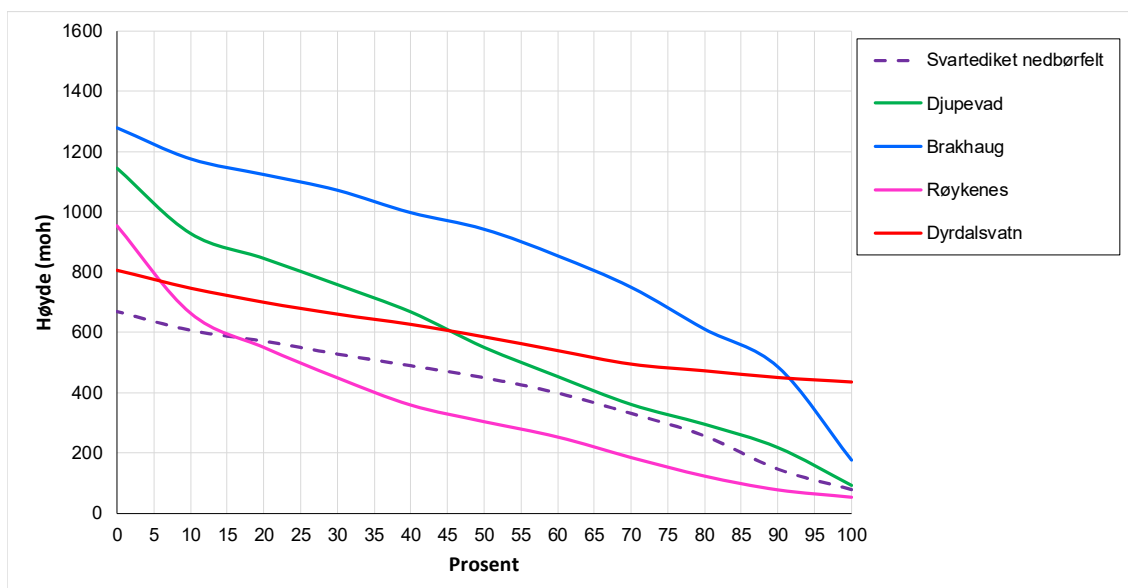
*Spesifikk middelavrenning beregnet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.

42.2 Djupevad ligger ca. 68 km sør for Svartediket. Feltet har mindre effektiv sjøprosent, litt høyere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Svartediket nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 55 år.

46.7 Brakhaug ligger ca. 56 km sør for Svartediket. Feltet har mindre effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og litt mindre feltareal sammenlignet med Svartediket nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 34 år.

55.4 Røykenes ligger ca. 15 km sør for Svartediket. Feltet har litt mindre effektiv sjøprosent, litt mindre middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Svartediket nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 84 år.

55.5 Dyrdalsvatn ligger ca. 9 km sør for Svartediket. Feltet har litt mindre effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og mindre feltareal sammenlignet med Svartediket nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 41 år.



Figur 2-2: Hypsografiske kurver for nedbørfeltet til det aktuelle feltet og utvalgte målestasjoner. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde.

2.2.1. Flomfrekvensanalyse

Feil! Fant ikke referanseilden. gir beregnede spesifikke kulminasjonsverdi og vekstfaktorer beregnet fra data fra de aktuelle målestasjonene (NVE, 13/2015).

Tabell 2-5: Flomfrekvensanalyse for aktuelle målestasjoner, kulminasjonsverdi.

Stasjon	$q_M, \text{ kulm}$ l/s/km ²	$Q_M, \text{ kulm}$ m ³ /s	$Q_5/$ Q_M	$Q_{10}/$ Q_M	$Q_{20}/$ Q_M	$Q_{50}/$ Q_M	$Q_{100}/$ Q_M	$Q_{200}/$ Q_M	$Q_{1000}/$ Q_M	Fordeling
42.2 Djupevad	2053	65,70	1,18	1,36	1,55	1,83	2,06	2,32	3,01	GEV (L-mom)
46.7 Brakhaug	1593	14,74	1,13	1,24	1,36	1,52	1,65	1,78	2,10	GEV (L-mom)
55.4 Røykenes	1269	63,60	1,24	1,42	1,60	1,82	2,00	2,17	2,56	Gumbel (max)
55.5 Dyrdalsvatn	2115	7,0	1,19	1,37	1,55	1,80	2,00	2,21	2,75	GEV (max)

Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. Ved valg av representativ frekvensfordeling for umålte felt, er det antatt at klimatiske forhold har størst betydning.

Målestasjon Brakhaug og Djupevad har høyere høydefordeling og ligger nær inn fra kysten.

Røykenes og Dyrdalsvatn har sammenlignbar høydefordeling med Svartediket felt. Som representativ frekvensfordeling for Svartediket er det valgt å bruke gjennomsnitt flomfrekvensfaktorene fra Røykenes og Dyrdalsvatn målestasjoner. Ser en på de to stasjonene er middelvei for vekstkurven (Q_{200}/Q_M) lik 2,19 og (Q_{1000}/Q_M) lik 2,65 .

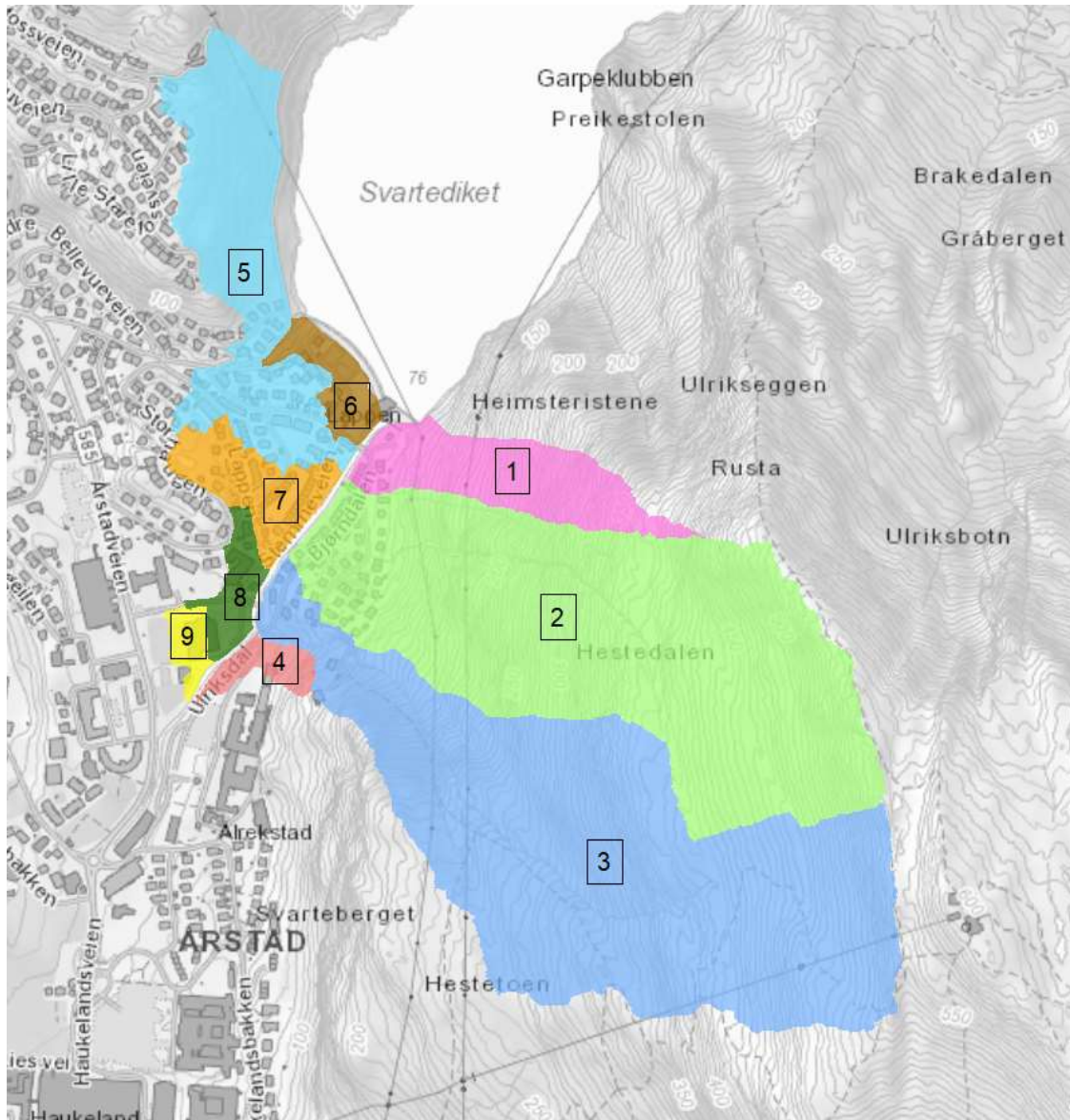
200-års avløpsflom fra Svartediket blir derfor: $58,3/2,65 * 2,19 = 48,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.3. Flom i Møllendalselven fra lokalfeltet mellom Svartediket og skoleområdet

Arealet for lokalfeltet nedstrøms Svartediket er såpass lite at det er vanskelig å finne representative måleserier for vannføring til en flomfrekvensanalyse. Dimensjonerende vannmengder er derfor beregnet med den rasjonelle metoden, og lokalfeltet er delt inn i 9 ulike delfelt. Delfelt 2 og 3 er sideelver til Møllendalselven. Tabell 2-6 viser feltkarakteristikk for de ulike delfeltene.

Tabell 2-6: Feltkarakteristikk for de ulike delfeltene.

	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6	Felt 7	Felt 8	Felt 9
Areal (ha)	3,80	22,3	24,6	0,74	7,19	1,15	2,12	1,03	0,53
H_{\min} (moh)	60	58	51	46	57	57	58	47	46
H_{\max} (moh)	454	571	543	102	194	82	85	73	57
Feltlengde (m)	563	1247	1455	220	867	284	395	321	181



Figur 2-3: Det lokale nedbørfeltet til Møllendalselven mellom dam Svartediket og Haukeland skole, inndelt i områder ut fra hvor de drenerer.

2.3.1. Rasjonelle formel

Den rasjonelle formelen baserer seg på data for observert korttidsnedbør, delarealet og en faktor som beskriver den gjennomsnittlige infiltrasjonskapasiteten i feltet. Avrenningen (Q) er gitt ved:

$$Q = C * i * A * K_f$$

Hvor:

Q = avrenning (l/s)

C = avrenningsfaktor, ubenevnt

i = dimensjonerende nedbørintensitet (l/s*ha)

A = feltareal (ha)

K_f = klimafaktor

2.3.1.1. Nedbørintensitet

200-årsverdi for nedbørintensitet er hentet fra nærmeste målestasjon der det foreligger en IVF-kurve med tilfredsstillende kvalitet. Varighet til nedbøren er gitt av nedbørfeltenes konsentrasjonstid. Den

nærmeste stasjon med gyldig IVF-kurve Bergen-Florida UIB (50539) er benyttet. Denne målestasjonen ligger ca. 1,7 kilometer fra prosjektområdet, og har tilgjengelige data for perioden 2003 – 2019 (13 sesonger). IVF-kurvene for målestasjonene er vist i Vedlegg 2.

2.3.1.2. Konsentrasjonstid og avrenningskoeffisient

Konsentrasjonstiden til delfeltene, t_c , er oppgitt i minutter, og er beregnet etter formelen gitt i Statens Vegvesens Håndbok N200.

$$t_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}$$

Hvor:

L = lengden av nedbørfeltet (m)

H = høydeforskjellen i nedbørfeltet (m)

A_{se} = effektiv sjøprosent, forholdstall ($0 \leq A_{se} \leq 1$)

Avrenningskoeffisient, C, er et mål på hvor mye av den totale nedbøren som drenerer fra et område, og sier dermed noe som antatt infiltrasjonskapasitet for det aktuelle feltet. Faktorens størrelse er avhengig av terrengetype, vegetasjon, helning og sannsynlighet for overflateavrenning fra feltet. Det er benyttet erfaringstall for avrenningsfaktorer for ulike terrengetyper oppgitt i Vassdragshåndboka (Fergus m. fl., 2010). I henhold til Håndbok N200 (SVV, 2014 Kapittel 405), skal C-faktoren økes med 30 % for 200-årsflom. Maksimal C-faktor er C=0,95.

Tabell 2-7: Konsentrasjonstid, t_c , og avrenningskoeffisient, C, for delfeltene.

	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6	Felt 7	Felt 8	Felt 9
Areal (ha)	3,80	22,3	24,6	0,74	7,19	1,15	2,12	1,03	0,53
H_{min} (moh)	60	58	51	46	57	57	58	47	46
H_{max} (moh)	454	571	543	102	194	82	85	73	57
Feltlengde (m)	563	1247	1455	220	867	284	395	321	181
A_{se} (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΔH (m)	394	512	492	56	137	24,5	26,5	26	10,5
Konsentrasjonstid, t_c (min)	17	33	39	18	44	34	46	38	34
Avrenningskoeffisient, C	0,49	0,79	0,73	0,58	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65

2.3.1.3. Flomberegning

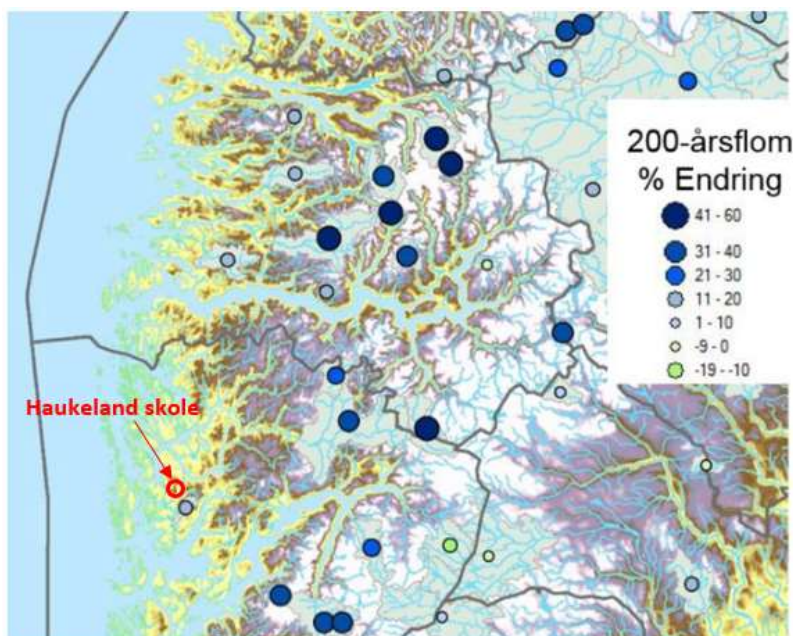
Beregning av 200-årsflom ved bruk av den rasjonelle formelen er vist i Tabell 2-8.

Tabell 2-8: Beregnet 200-årsflom med den rasjonelle formelen.

	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6	Felt 7	Felt 8	Felt 9
Nedbørfeltets areal (ha)	3,80	22,3	24,6	0,74	7,19	1,15	2,12	1,03	0,53
Avrenningskoeffisient, C	0,49	0,79	0,73	0,58	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65
Nedbørfeltets konsentrasjonstid (min)	17	33	39	18	44	34	46	38	34
Nedbørintensitet, i (l/s/ha)	181	126	115	188	107	124	103	117	124
Q (m ³ /s)	0,34	2,22	2,07	0,08	0,38	0,09	0,14	0,08	0,04
Q Totalt (m³/s)	5,45								

2.4. Klimatillegg

I henhold til NVE rapport 81/2016 «Klimaendring og framtidige flommer i Norge», ligger aktuelt nedbørfelt området der en forventer en økning på 11–20 % i flomstørrelse for 200-års flom. I det videre arbeidet legges det derfor til grunn et klimatillegg på 20 % på den beregnede flomvannføringen for å ta hensyn til en forventet økning av flomvannføring frem mot år 2100. Figur 2-4 viser klimaendringsfaktorer for 200-årsflom i området.



Figur 2-4: Endring i flomstørrelse som følge av klimaendringer, Hordaland (NVE, 81/2016).

2.5. Beregningsusikkerhet

Det er en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. Det foreligger ikke målt/observert vannføring i Møllendalselven som kan brukes til å kvalitetssikre resultatet. Avløpsflommen fra Svartediket er beregnet på grunnlag av en teoretisk nedbør-avløpsmodell for flom og angitt som døgnverdi. Dette er omregnet til kulminasjonsverdi basert på erfaringsverdier fra lignende vassdrag med målinger. 1000-årsflommen er igjen redusert til 200-årsflom ved bruk av frekvenskurver fra lignende vassdrag.

Å kvantifisere usikkerheten er svært vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Med bakgrunn i det tilgjengelige datagrunnlaget for denne beregningen kan usikkerheten i resultatene regnes som stor. For å fange opp noe av usikkerheten er det derfor valgt å legge på 20 % på dimensjonerende flom i beregningsusikkerhet.

2.6. Dimensjonerende flom ved skoleområdet

Dimensjonerende flom i Møllendalselven ved Haukeland skole består av avløpsflom fra Svartediket, kombinert med tilsig fra lokalfeltet, samt faktorer for klima- og beregningsusikkerhet.

Det er lite sannsynlig at den dimensjonerende flommen fra henholdsvis Svartediket og lokalfeltet mellom dammen og skoleområdet inntreffer samtidig. Dette fordi nedbørfeltet til Svartediket, samt dempingen i selve vannet medfører en lang konsentrasjonstid, altså at største flomvannføring opptrer ved langvarig nedbør, mens det lille lokalfeltet mellom dammen og skoleområdet responderer på korte intense regnbyger.

Konsentrasjonstiden for de små lokalfeltene er beregnet til opptil 30 min, mens avløpsflommen for et såpass regulert vassdrag som Svartediket er en del av, er trolig over 6 timer. De beregnede

flomvannføringene er for den mest kritiske situasjonen for hver av delfeltene, og ved å summere disse, altså at en antar at 200-års flommen for Svartediket og lokalfeltet kulminerer samtidig, gjøres det et konservativt anslag for dimensjonerende flomvannføring. Flommen i Møllendalselven ved skoleområdet er oppsummert i Tabell 2-9.

Tabell 2-9: *Flommen i Møllendalselven ved skoleområdet.*

Flombidrag	Dimensjonerende 200-års vannføring (m³/s)
Avløpsflom fra dam Svartediket	48,2
Flom fra lokalfeltet (inkl. sidebekk fra Ulriken)	5,5
SUM	53,7
Inkludert 20 % klimapåslag	64,4
Inkludert 20 % beregningsusikkerhet	77,3

Dimensjonerende 200-årsflom med 20 % klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet blir på **77,3 m³/s**. Denne verdien blir brukt i de videre vannlinjeberegningene.

3. VANNLINJEBEREGNING

3.1. Hydraulisk modell

Modelleringsprogrammet HEC-RAS 5.0.7 er benyttet for de hydrauliske beregningene. Modellen er satt opp som en 2D hydraulisk modell. For framstilling av resultat er det definert en del tverrprofiler langs det aktuelle elvestrekket, se Figur 3-5.

3.2. Terrengmodell

Det er benyttet en digital terrengmodell (DTM) som er laget med data hentet fra høydedata.no. Data er basert på laserskanninger med fly over området fra 2016, og har en punkttetthet på 10 pkt/m².

Det finnes ingen kjente innmålinger av elvebunnen på strekningen. Terrengmodellen fra hoydedata.no blir derfor ikke korrigert med ny bunn i tverrprofilene i HEC-RAS, ettersom det vil kunne gi lavere vannstand enn den som er realistisk. Dette betyr at vannstanden i modellen kan være litt for høy (konservativ vurdering).



Figur 3-1: Terrengmodellen benyttet i beregningene. Høydene er i NN2000.

3.3. Broer

Det er to broer som krysser Møllendalselven langs skoleområdet. Data for broene er vist i Tabell 3-1 og er i dette omtalt som «bro 1» og «bro 2», der bro 1 er gangbroa over elven lengst oppstrøms, og bro 2 er den tekniske broa/kulverten like ved skolen. Data er hentet fra innmålinger utført av Asplan Viak AS.



Figur 3-2: Bilder av bro 1 sett fra nedstrøms side. Foto: Asplan Viak AS.



Figur 3-3: Bilder av bro 2 sett fra nedstrøms side. Foto: Asplan Viak AS.

Tabell 3-1: Data for broer.

	Bro 1	Bro 2
Lysåpning bredde (m)	10,0	5,0
Brodekke tykkelse (m)	0,75	1,20
Høyde, underkant (m)	3,78	2,94

3.4. Friksjonsforhold

Alle typer energitap som påvirker vannstanden langs elveløpene er representert ved en enkelt faktor, Mannings tall, n , (hydraulisk ruhet). Den hydrauliske ruheten i elva er bestemt på grunnlag av standardverdier fra Vassdragshåndboka (Fergus m.fl. ,2010).

Området som er kartlagt er i hovedsak boligområde, elvekanten består av lett tett vegetasjon og elveløpet er kanalisert på store deler av strekket. Basert på dette er friksjonsfaktoren (Mannings n) satt til 0,05 i hovedelva; 0,12 for elvekanten og 0,08 for areal som kan defineres som flomslette.



Figur 3-4: Bilder av Møllendalselven rundt skoleområdet.

3.5. Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelse er satt til beregnet vannføring i hovedelva, og nedstrøms grensebetingelse er satt til normalstrømning. Vannføringen settes konstant i en time, og modellen kjøres i en time.

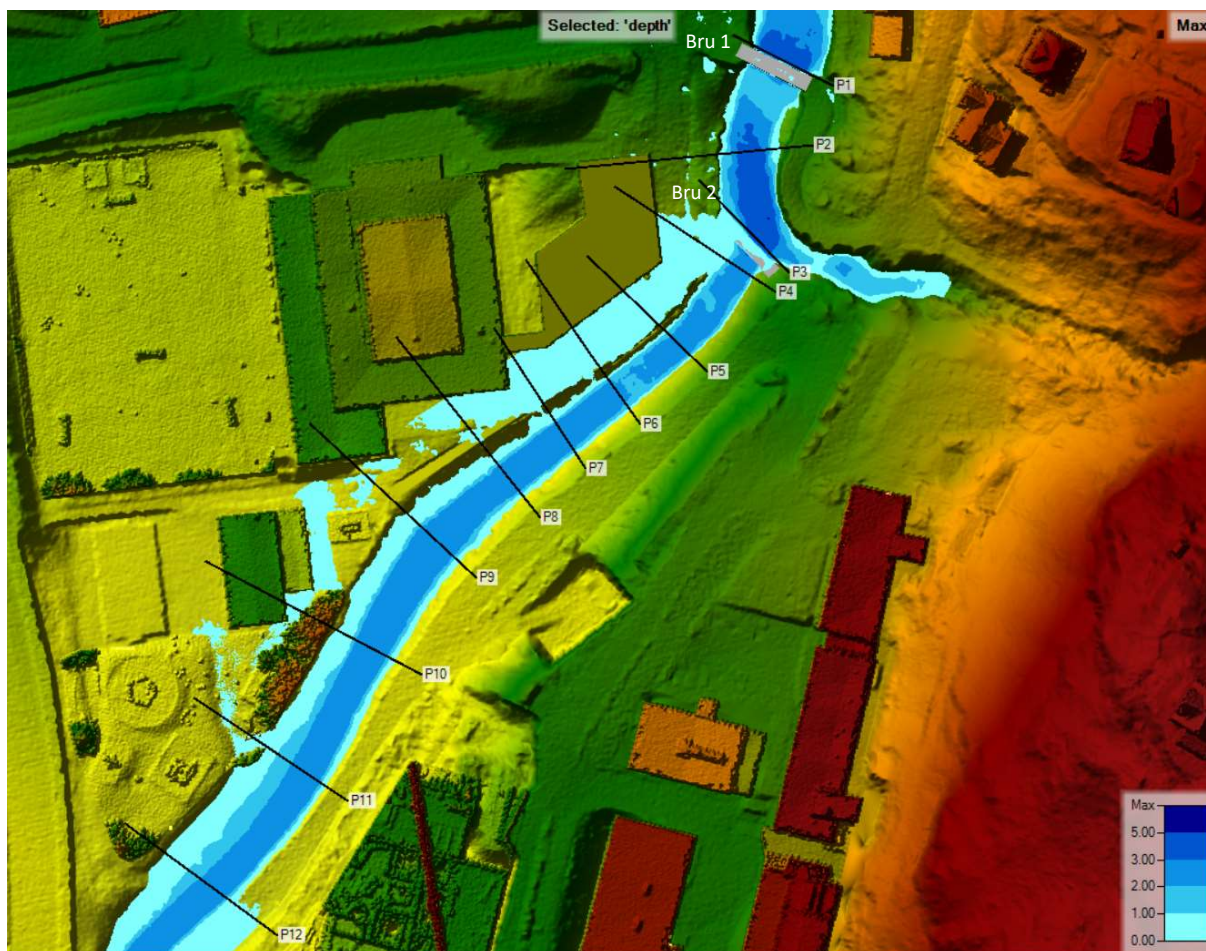
3.6. Kalibrering

Det foreligger ikke kalibreringsdata, det vil si samtidig innmåling av vannføring og vannstand, for elvestrekningen. Det er derfor ikke mulig å kalibrere modellen mot observerte data. For å få et inntrykk av hva en endring i ruhet og vannføring betyr for resultatet er det gjort en følsomhetsanalyse i avsnitt 3-7.

3.7. Resultater – eksisterende situasjon

Vannlinje ved 200-årsflom, inkludert klimapåslag og faktor for beregningsusikkerhet for profiler P1 – P12 (Figur 3-5) ved skoleområdet, er vist i Tabell 3-1.

Vannet renner over bro 2 og renner videre inn mot skoleområdet. Tverrprofiler av elvestrekningen med beregnet vannlinje er vist i Vedlegg 2. Bro 2 har for liten kapasitet til den dimensjonerende vannføringen og fører dermed til oppstuvning med konsekvens at vannet renner over broen og inn mot skoleområdet.



Figur 3-5: Vanddybde (m) ved 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet.

Tabell 3-2: Beregnede vannstander og vannhastigheter ved tverrprofilene (Profil 1 til Profil 12).

Profil	Vannstand [moh]	Vannhastighet [m/s]	Hastighetshøyde [m]	EG Høyde* [m.o.h]
1	55,27	2,90	0,43	55,70
2	53,59	3,85	0,76	54,35
3	53,52	3,30	0,56	54,58
4	50,90	6,92	2,44	53,34
5	50,23	7,14	2,60	52,83
6	49,56	6,45	2,12	51,68
7	49,14	5,88	1,76	50,90
8	48,74	5,61	1,60	50,34
9	48,28	4,55	1,06	49,34
10	47,86	4,78	1,16	49,02
11	47,37	4,54	1,05	48,42
12	46,87	5,03	1,29	48,16

*Energigradient Høyde

3.8. Sensitivitetsanalyse

For å vurdere usikkerheten i vannstand for valgte ruhetsverdier, er det kjørt en følsomhetsanalyse der verdiene er økt med 25 %. Analysen viste at en 25 % økning av ruhet i elveløpet ga en økning i vannlinje for Møllendalselven på opptil 29 cm ved 200-årsflom. På bakgrunn av en vurdering av følsomhetsanalysen, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 50 cm over beregnet 200-års energilinje. **Beregnet energilinje pluss 0,5 meter angir derfor flomsikkert nivå.**

4. FLOMSIKKERT NIVÅ FOR SIDEAREAL

Tabell 4-1 angir flomsikkert nivå for 200-årsflom med 20 % klimatillegg, 20% tillegg i beregningsusikkerhet og sikkerhetsmargin på 50 cm. Resultatet viser at hastigheten i elveløpet er høy. Ved såpass store vannhastigheter vil faren for oppskylling ved hinder i elveløpet være høy, og energilinja skal brukes ved fastsettelse av flomsikkert nivå.

Tabell 4-1: Flomsikkert nivå for 200-årsflom ved tverrprofilene i Figur 3-5 (høyde referanse NN2000).

Profil	Energilinje [moh]	Flomsikkert nivå [moh]
1	55,70	56,20
2	54,35	54,85
3	54,08	54,58
4	53,34	53,84
5	52,83	53,33
6	51,68	52,18
7	50,90	51,40
8	50,34	50,84
9	49,34	49,84
10	49,02	49,52
11	48,42	48,92
12	48,16	48,66

5. EROSJONSSIKRING

5.1. Generelt sikringsbehov

Det er ikke utført befaring i området, og vår vurdering er dermed basert på bilder fra elven langs skoleområdet (Se Figur 3-4). De hydrauliske beregninger gir høye vannhastigheter ved Møllendalselven langs skoleområdet med erosjonspotensiale. Elvesidene har i dag støttemurer av forskjellig standard og materialer, og framstår ikke som særlig erosjonsutsatt. På generelt grunnlag bør ekstra erosjonssikring uansett vurderes, men omfanget vil avhenge av hva flomsikringstiltak som blir utført. I tillegg bør underdimensjonert eksisterende plastringen langs skoleområdet oppgraderes med beregnet steinstørrelse. Anbefaling for erosjonssikring følger i de to neste avsnittene. Breddene langs elva, mot skoleområdet, formes med slake skråninger (1:5) slik at det er mulig å etablere vegetasjon i elvebreddene.

5.2. Dimensjonering av bunn- og sidesikring

Resultatene fra HEC-RAS-modellen er brukt til å beregne nødvendige steinstørrelser for erosjonssikring langs elva. NVEs Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein (NVE veileder nr. 4/2009) er benyttet. Når en bratt elvebunn (fall >2 %) skal sikres, kan Robinsons formel for ensgradert, rauset stein brukes til å beregne steinstørrelsen (NVE Veileder 4-09). I bunn og sider skal tykkelsen av sikringen være den største av $2 \cdot D_{50}$ eller $1,5 \cdot D_{maks}$.

$$D_{50} = 1,5 S_0^{0,79} q^{0,53} \quad \text{for } S_0 < 1:10$$
$$D_{50} = 0,5 S_0^{0,31} q^{0,53} \quad \text{for } 1:10 \leq S_0 \leq 1:2,5$$

Her er:

D_{50} = Steinstørrelse (m)

S_0 = Bunnhelling (-)

q = Enhetsvannføring ($m^3/s/m$)

For å beregne nødvendig steinstørrelse er det gjort følgende forutsetninger:

Bunnhelling, $S_0 = 5 \%$

Bredde, $B = 6 \text{ m}$

Enhetsvannføring, $q = Q/B = 12,88 \text{ m}^3/s/m$

Sideskråning mot skoleområdet = 1:2

Feil! Fant ikke referansekilden. viser minimum steinstørrelser (D_{50}) og tykkelse av anbefalt erosjonssikringslag for elveløpet ved skoleområdet. Det benyttes større stein i sideskråning enn på flat bunn fordi sidene er mindre stabile. I mangel av gode beregningsmetoder benyttes korreksjonsfaktor. I en skråning med helning 1:2 antas stabil steinstørrelse å være 1,5 ganger steinstørrelse i bunnplastring. Beregninger for steinstørrelse gitt i **Feil! Fant ikke referansekilden.** under, gir en anbefaling på hva steinstørrelsen bør være for å unngå erosjon.

Tabell 5-1: Beregning av erosjonssikring (plastring med ensgradert, rauset stein).

	Dimensjonerende minimum steinstørrelse (cm)
D_{50} bunn	65
D_{50} side	98
Tykkelse, bunn ($t=2 \cdot D_{50}$)	130
Tykkelse, side ($t=2 \cdot D_{50}$)	196

6. FLOMSONEKART

Flomsonekart er generert ved bruk av GIS-program. Det er utarbeidet flomsoneer for flom med gjentaksintervall 200 år for eksisterende situasjon. Figur 6-2 viser flomsoneen for Q_{200} inkludert påslag for klimafaktor og tillegg i beregningsusikkerhet. Beregningsmodellen omfatter ikke områder oppstrøms og nedstrøms dette området, og kartet kan ikke benyttes som dokumentasjon for flomforhold utover de nevnte profilene.

6.1. Bruk av flomsonekart

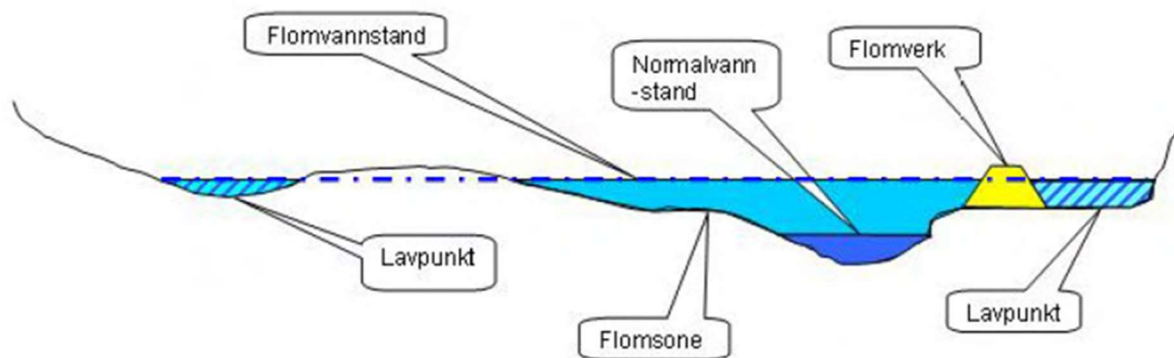
Sikkerhetskrav for byggverk med hensyn til flom og stormflo er gitt av Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2). Kravene baserer seg på type bebyggelse og hvilken største nominelle årlige sannsynlighet for flom som kan aksepteres.

Flomsonekartet kan benyttes direkte til å identifisere hvilke områder som ikke bør bygges ut og hvilke risikoreduserende tiltak som kan være aktuelt dersom utbygging ikke kan unngås.

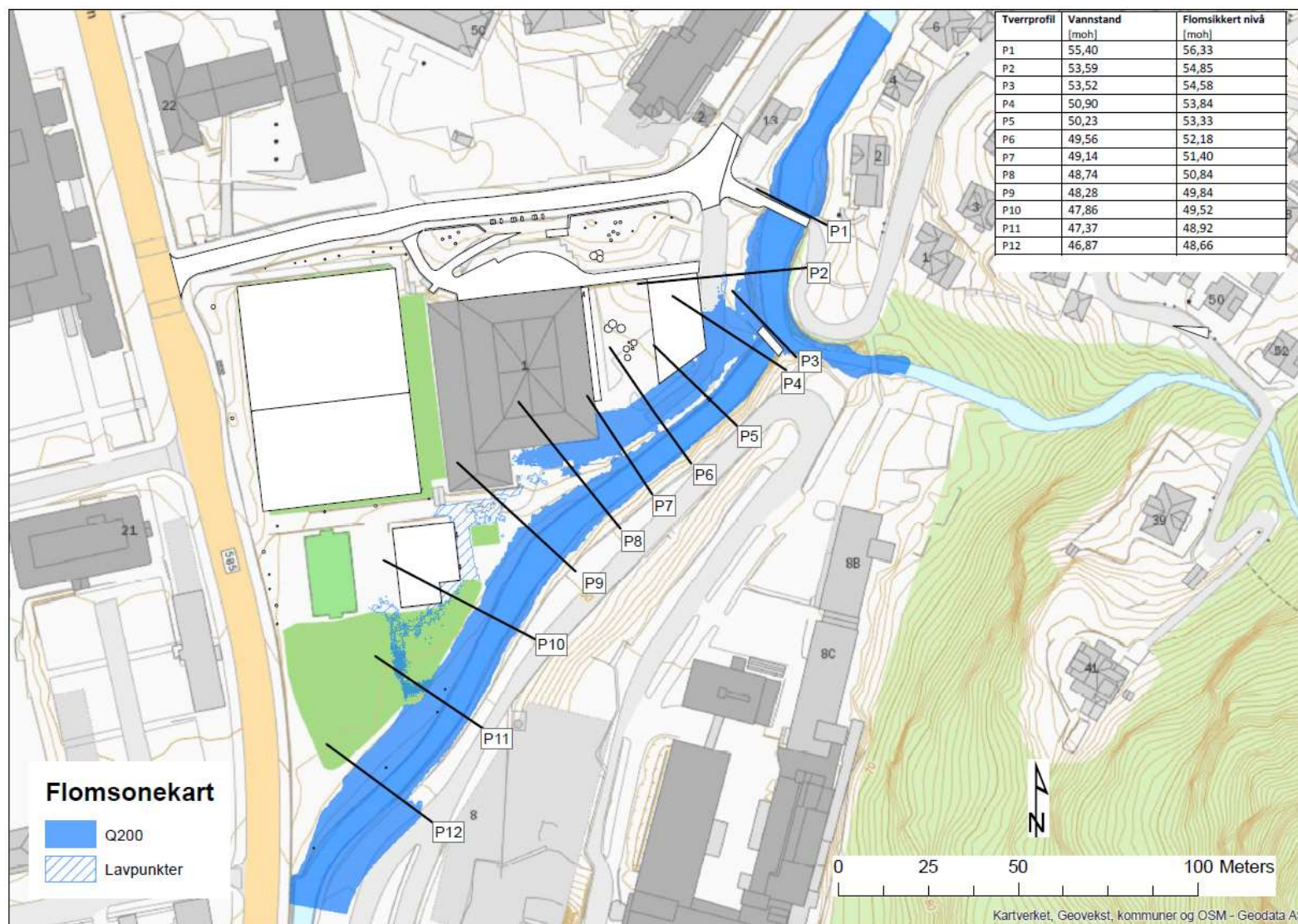
Usikkerheten til flomsonekart må tas i betraktning da kartene har en begrenset nøyaktighet. Dette gjelder spesielt i forbindelse med detaljplanlegging og ved bygge- og delesaksbehandling der vannstander bør kontrolleres mot terrenghøyder.

6.2. Lavpunkter

En del steder vil det finnes arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men uten direkte forbindelse til elva. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, men også lavpunkter som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene er markert med en egen skraver fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intens lokal nedbør, ved stor flom i sidebekker, eller ved gjentetting av kulverter.



Figur 6-1: Prinsippkisse som viser definisjonen av lavpunkt.



Figur 6-2: Flomutbredelse for 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet for flomstørrelse. Flomsone inkluderer ikke sikkerhetsmarginen på 50 cm og flomsikre koter må dermed leses fra tabell med koter pr tverrprofil.

7. OPPSUMMERING OG FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK

Resultatet av vannlinjeberegningen og flomkartleggingen viser at vannstanden ved skoleområdet er bestemt av bro 2. Utformingen til broen har ikke tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere en fremtidig 200-års flom. Dette medfører at vannstanden stuver seg opp bak broa og det vil være fare for at vannet renner over broa og inn mot skoleområdet.

Flomsikkert nivå for skoleområdet blir bestemt av energilinjens pluss en sikkerhetsmargin. Denne koten for tilhørende tverrprofiler finner en i tabell i Figur 7-1 (hentet fra tabell 3-3), der en også ser plassering av tverrprofilene. Flomsikker kote må sees opp mot planlagt tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for dimensjonerende flomfare.

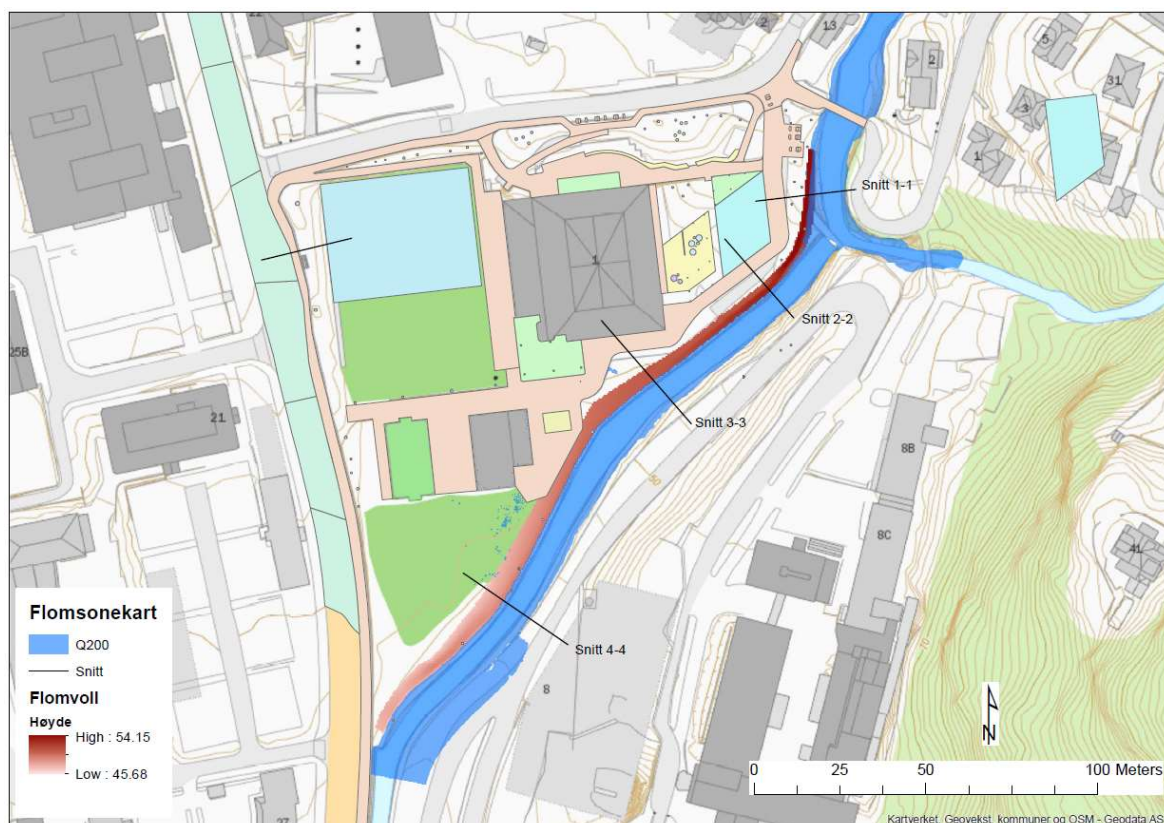
For å sikre skoleområdet for flom, anbefales det ett eller flere i kombinasjon av følgende tiltak:

- Sikre tiltaket med terrengheving mot skoleområdet, for eksempel i form av en voll eller mur
- Heve byggegrunnen
- Øke kapasiteten til bro 2 ved å øke lysåpningen og utvide elvebredden rundt brostedet.

Valg av disse tiltakene vil kunne påvirke behov for erosjonssikring og/eller nødvendig steinstørrelse.

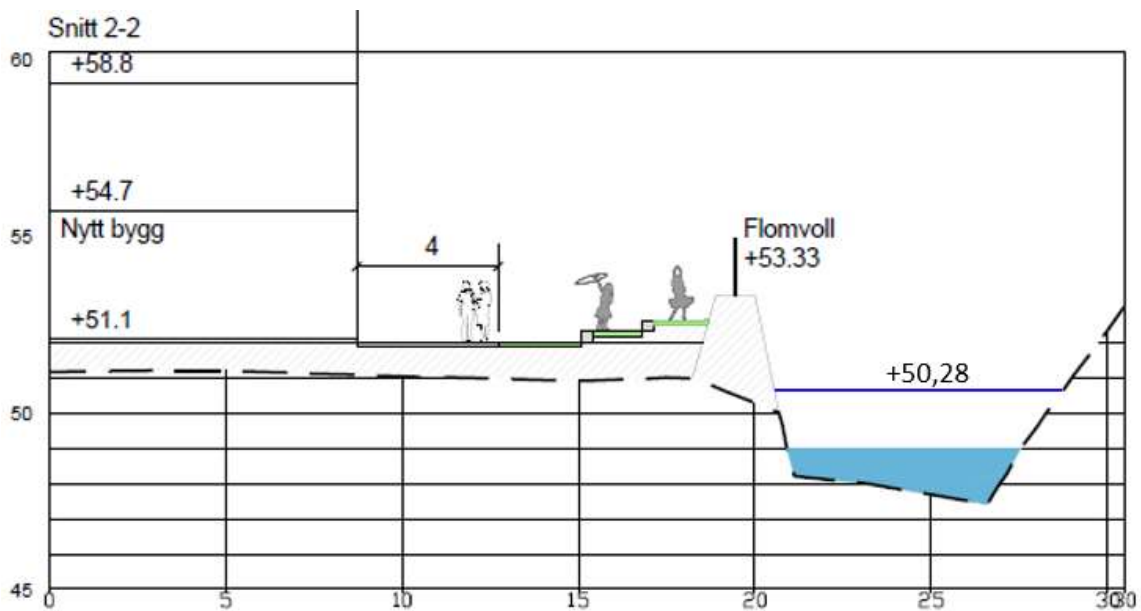
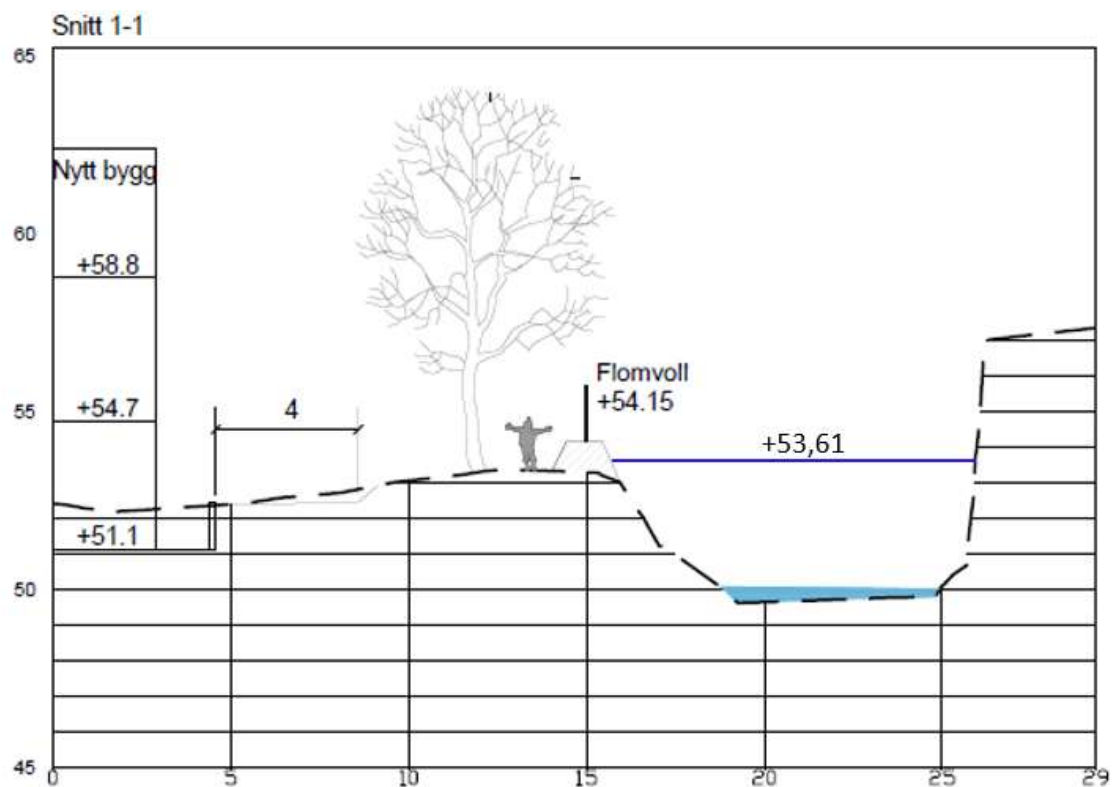
7.1. Etablering av flomvoll/mur

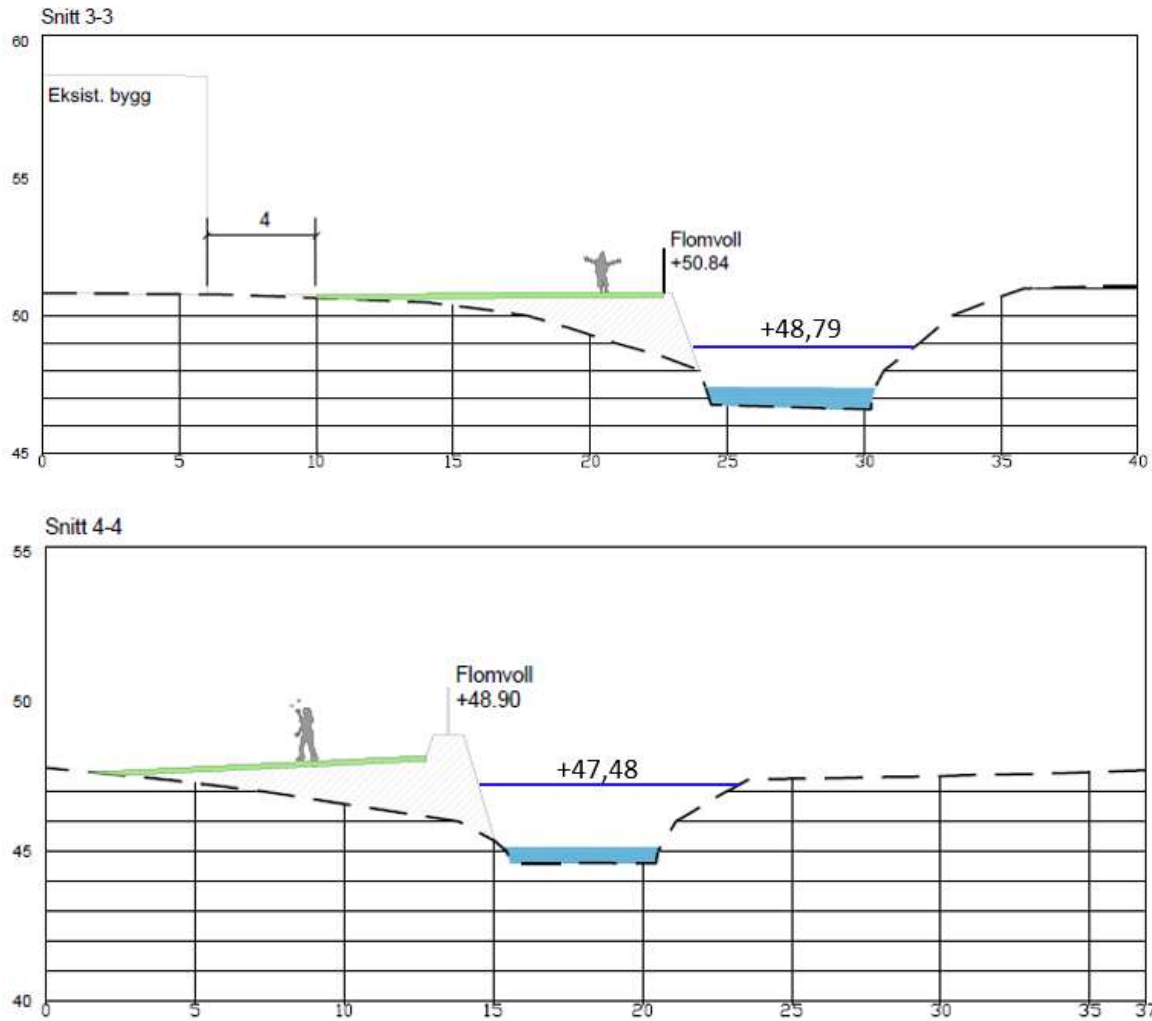
Et vanlig tiltak for å beskytte mot høy flomvannstand er å bygge flomvoll eller mur. Det foreslås å bygge flomvoll eller mur på strekningene vist i Figur 7-1 med høyde tilsvarende anbefalt sikkerhetsnivå. Flomvollen er planlagt tett på elveløpet for å gi mest mulig plass for skoleområdet bakenfor. Vollen må være tilstrekkelig tett, erosjonssikres på vannsiden og være hensiktsmessig plassert. Figur 7-1 viser flomsonekart etter den anbefalte flomvollen/mur. Nødvendig lengde for den anbefalte flomvollen/mur vil bli på ca. 220 m og Figur 7-2 viser snittene.



Figur 7-1: Oversiktsplan for beliggenhet av nødvendig flomvoll.

I dette alternativet vil bro 2 uansett bli oversvømt. Hvis bro 2 skal være åpen under flomforhold, bør en øke kapasiteten til bro 2 ved å øke lysåpningen og utvide elvebredden rundt brostedet.





Figur 7-2: Snitt flomvoll- med beregnet vannlinje 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet for flomstørrelse.

7.2. Konsekvenser av ny flomvoll/mur

Beregningene fra 2D Hec-Ras modellen for 200-års flom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet viser at flomvollen har marginale konsekvenser på vannstand (økning mellom 0,02 til 0,18 m) og vannhastighet (reduert med mellom 0,02 til 0,62 m/s) langs skoleområdet og på motsatt side av kanalen. Tabell 7-1 viser endringene i vannstand og vannhastighet som følge av etablering av flomvollen.

Det bemerkes at det kun er sett på konsekvenser innenfor det modellerte området, se nedstrøms utstrekning i Figur 6-2.

Tabell 7-1: Endringene i vannstand og vannhastighet som følge av etablering av flomvollen.

Profil	Med flomvoll		Uten flomvoll		Differanse mellom med og uten flomvoll	
	Vannstand [moh]	Vannhastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Vannhastighet [m/s]	Vannstand [m]	Vannhastighet [m/s]
1	55,40	2,90	55,40	2,90	0	0
2	53,61	3,23	53,59	3,85	0,02	-0,62
3	53,56	2,85	53,52	3,30	0,04	-0,45
4	51,08	6,87	50,90	6,92	0,18	-0,05
5	50,28	7,00	50,23	7,15	0,05	-0,15
6	49,58	6,43	49,56	6,45	0,02	-0,02
7	49,18	5,83	49,14	5,88	0,04	-0,05
8	48,79	5,52	48,74	5,61	0,05	-0,09
9	48,36	4,22	48,28	4,55	0,08	-0,33
10	47,97	4,56	47,86	4,78	0,11	-0,22
11	47,48	4,47	47,37	4,54	0,11	-0,07
12	46,92	4,89	46,87	5,03	0,05	-0,14

8. UTVIDET VURDERING AV BRO 2 (TEKNISK KULVERT)

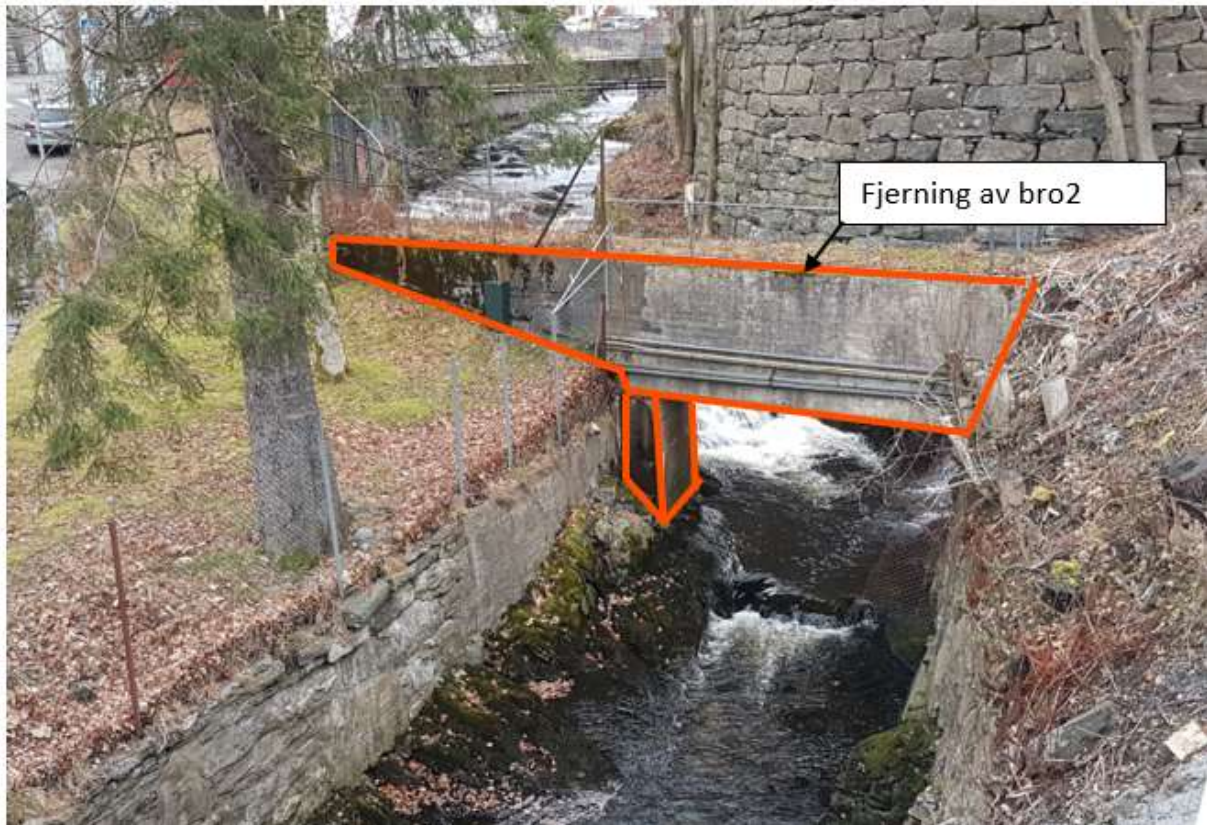
8.1. Konsekvens av fjerning av bro 2 (teknisk kulvert)

For å se effekten av å fjerne bro 2 på vannstanden langs elvestrekning mot skoleområdet, kjøres modellen uten bro 2. Resultatene er vist i Figur 8-2. Det antas at hele broen blir fjernet, se Figur 8-1.

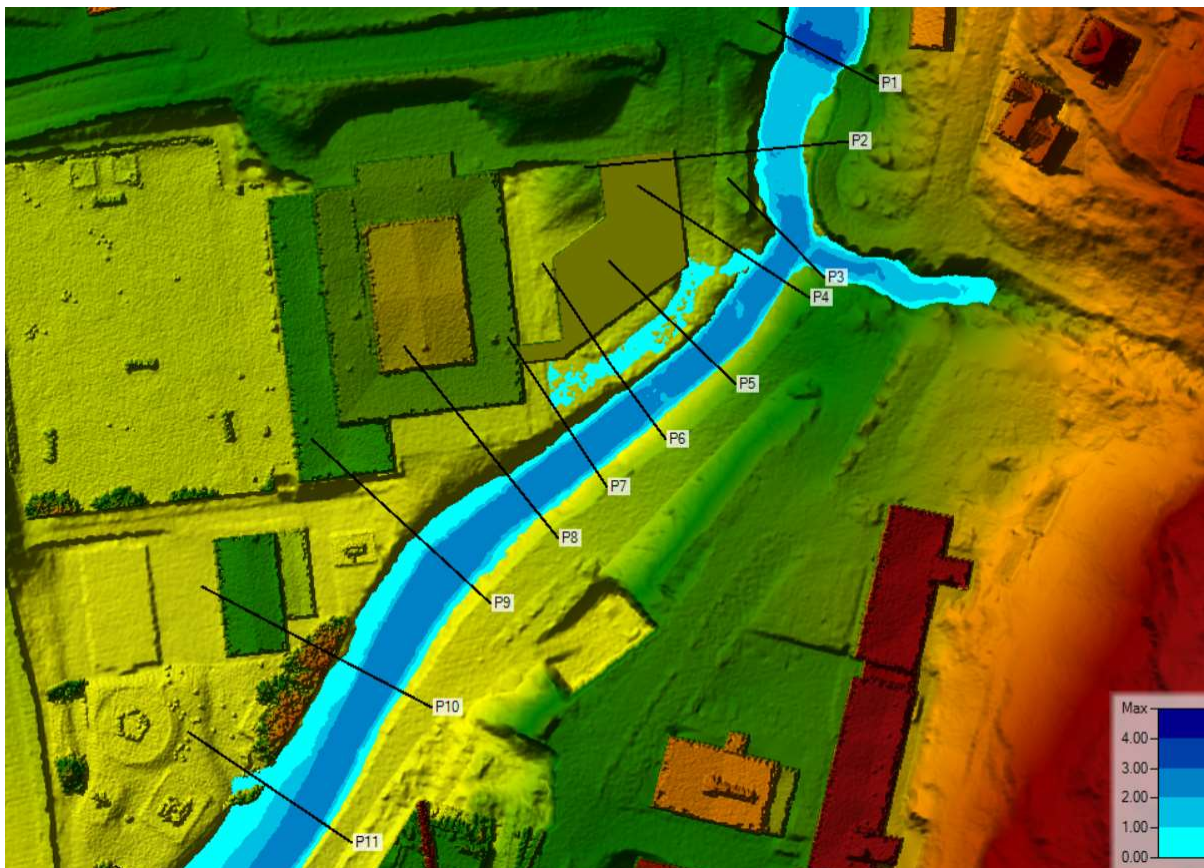
Resultatet viser at vannstanden ikke stuver seg opp bak broen og inn mot skoleområdet, og renner ikke videre inn mot skoleområdet.

Sammenlignet med de beregnede vannstandene for eksisterende situasjon, vil fjerning av broa gi en reduksjon av vannstanden langs elva nord i område (Profil 1 til Profil 3), og økning av vannstanden langs skoleområdet (Profil 4 til Profil 10) på grunn av mer flomvann som renner i kanalen istedenfor å renne inn mot skoleområdet.

Vannlinje ved 200-årsflom uten bro 2, inkludert klimapåslag og faktor for beregningsusikkerhet for profiler P1 – P12 (**Feil! Fant ikke referansekilden.**) ved skoleområdet, er vist i Tabell 8-1.



Figur 8-1: Fjerning av bro 2 - hele broen blir fjernet.



Figur 8-2: Vanddybde (m) ved 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet, uten bro 2.

Tabell 8-1: Beregnede vannstander og vannhastigheter ved tverrprofilene (Profil 1 - 12), med og uten bro 2.

Profil	Uten bro 2				Med bro 2	
	Vannstand [moh]	Vannhastighet [m/s]	Hastighets-høyde [m]	EG Høyde* [m.o.h]	Vannstand [moh]	EG Høyde* [m.o.h]
1	55,26	2,17	0,24	55,50	55,27	55,70
2	52,20	7,50	2,87	55,07	53,59	54,35
3	51,42	7,43	2,81	54,23	53,52	54,58
4	51,04	8,50	3,68	54,72	50,90	53,34
5	50,33	7,64	2,98	53,31	50,23	52,83
6	49,61	6,80	2,36	51,97	49,56	51,68
7	49,17	6,06	1,87	51,04	49,14	50,90
8	48,77	5,73	1,67	50,44	48,74	50,34
9	48,30	4,53	1,05	49,35	48,28	49,34
10	47,87	4,69	1,12	48,99	47,86	49,02
11	47,36	4,56	1,06	48,42	47,37	48,42
12	46,87	5,03	1,29	48,16	46,87	48,16

*Energigradient Høyde

Tabell 8-2 angir flomsikkert nivå for 200-årsflom med 20 % klimatillegg og 20% tillegg i beregningsusikkerhet. På bakgrunn av sensitivitetsanalysen, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 50 cm over beregnet 200-års energjlinje. Beregnet energjlinje pluss 0,5 meter angir derfor flomsikkert nivå. Ved fjerning av bro 2 vil energjlinjehøyden langs skoleområdet (Profil 4 til Profil 10) bli redusert med over 1 meter, noe som vil bety en del for utforming av flomvollen.

Tabell 8-2: Flomsikkert nivå for 200-årsflom ved tverrprofilene i Figur 3-5 (høyde referanse NN2000).

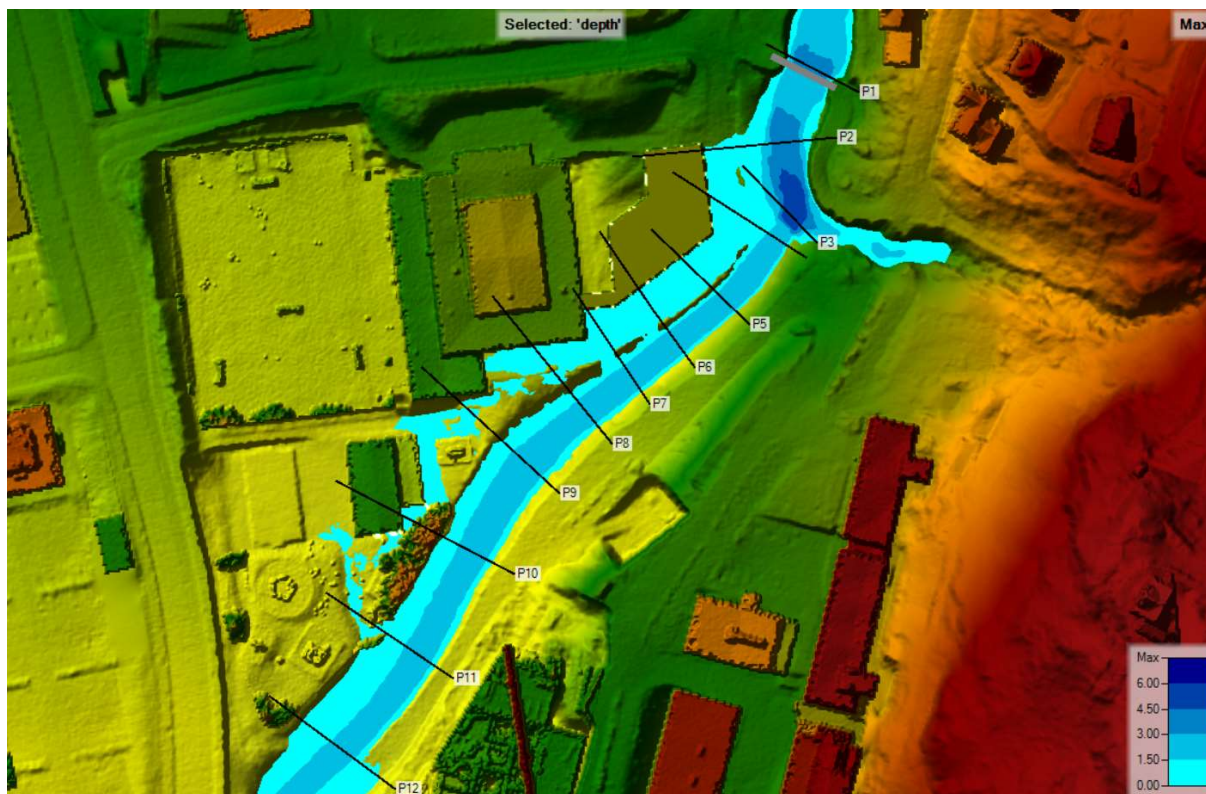
Profil	Uten bro 2		Med bro 2	
	Energjlinje [moh]	Flomsikkert nivå [moh]	Energjlinje [moh]	Flomsikkert nivå [moh]
1	55,50	56,00	55,70	56,20
2	54,74	55,24	54,35	54,85
3	54,21	54,71	54,58	54,58
4	54,69	55,19	53,34	53,84
5	53,22	53,72	52,83	53,33
6	51,98	52,48	51,68	52,18
7	51,00	51,50	50,90	51,40
8	50,42	50,92	50,34	50,84
9	49,34	49,84	49,34	49,84
10	49,05	49,55	49,02	49,52
11	48,42	48,92	48,42	48,92
12	48,12	48,62	48,16	48,66

8.1.1. Konsekvens av 25 % tilstopping av lysåpningen under bro 2

For å se effekten av 25 % tilstopping av bro 2 lysåpning på vannstanden langs elvestrekning mot skoleområde, kjøres modellen med 25 % tilstopping av bro 2 og resultatene er vist i Tabell 8-3 og Figur 8-3.

Resultatet viser at 25 % tilstopping av broa vil gi en betydelig økning av vannstanden langs elva for profiler P2 – P3 og videre inn mot skoleområdet; og en liten reduksjon av vannstanden langs skoleområdet (Profil 4 til Profil 10) sammenlignet med beregnede vannstander for eksisterende situasjon.

Vannlinje ved 200-årsflom ved 25 % tilstopping av broa, inkludert klimapåslag og faktor for beregningsusikkerhet for profiler P1 – P12 (Figur 8-3) ved skoleområdet, er vist i Tabell 8-3.



Figur 8-3: Vanddybde (m) ved 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet, 25 % tilstopping av bro 2.

Tabell 8-3: Beregnede vannstander og vannhastigheter ved tverrprofilene (Profil 1 til Profil 12), 25 % tilstopping av bro 2 lysåpning.

Profil	Eksisterende situasjon		25 % tilstopping av bro 2		Vannstand økning* (m)	Energjelinje økning* (m)
	Vannstand [moh]	Energjelinje [m.o.h]	Vannstand [moh]	Energjelinje [m.o.h]		
1	55,27	55,70	55,30	55,64	0,03	-0,05
2	53,59	54,35	54,32	54,78	0,73	0,43
3	53,52	54,58	54,29	54,61	0,77	0,54
4	50,90	53,34	50,80	52,90	-0,1	-0,44
5	50,23	52,83	50,18	52,52	-0,05	-0,31
6	49,56	51,68	49,54	51,51	-0,02	-0,17
7	49,14	50,90	49,13	50,86	-0,01	-0,05
8	48,74	50,34	48,74	50,32	0	-0,02
9	48,28	49,34	48,28	49,34	0	0,00
10	47,86	49,02	47,86	49,02	0	0,00
11	47,37	48,42	47,37	48,42	0	0,00
12	46,87	48,16	46,87	48,16	0	0,00

* fra dagens situasjon

KILDER

Norconsult, 2006: Bergen Kommune Dam Svartediket, revidert flomberegning, Dokument nr. 5000959.

Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E., 2010: Vassdragshåndboka, Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø, Tapir, Trondheim.

HEC-USACE, 2018: HEC-RAS 5.0.7 River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

Lawrence, 2016: Deborah Lawrence. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport 81/2016. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2008: Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. NVE veileder 1-2008.

NVE, 4/2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

Databaser og kartverktøy:

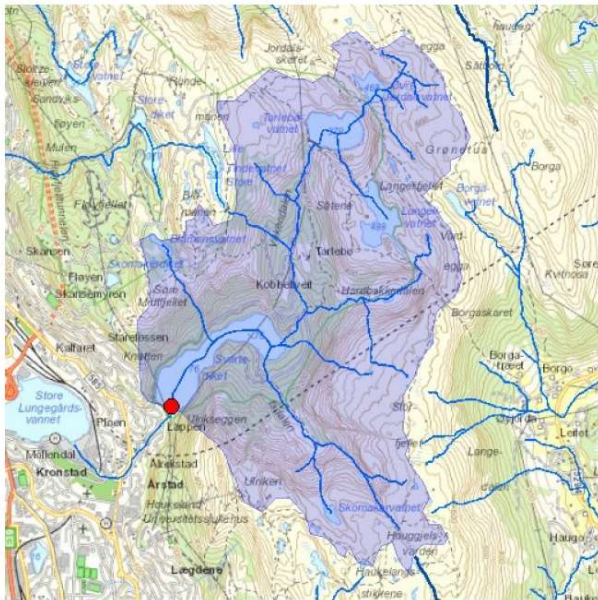
www.hoydedata.no

www.nve.no: NVE Atlas, NEVINA, Hydra II

9. VEDLEGG

Vedlegg 1: NEVINA-rapport for nedbørfelt

Svartediket



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

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 056.5
Kommune: Bergen
Fylke: Hordaland
Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	11,8 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	4,3 %
Elvelengde (E _L)	5,8 km
Elvegradient (E _G)	86,6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	89,7 m/km
Feltlengde(F _L)	4,5 km
H _{min}	76 moh.
H ₁₀	144 moh.
H ₂₀	255 moh.
H ₃₀	330 moh.
H ₄₀	398 moh.
H ₅₀	449 moh.
H ₆₀	489 moh.
H ₇₀	528 moh.
H ₈₀	571 moh.
H ₉₀	607 moh.
H _{max}	670 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,2 %
Sjø	7,5 %
Skog	26,2 %
Snaufjell	65,6 %
Urban	0,1 %

1) Verdien er editert

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	106,0 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	5,8 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	6,5 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	4,9 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	5,2 l/(s*km ²)
Base flow	39,2 l/(s*km ²)
BFI	0,4

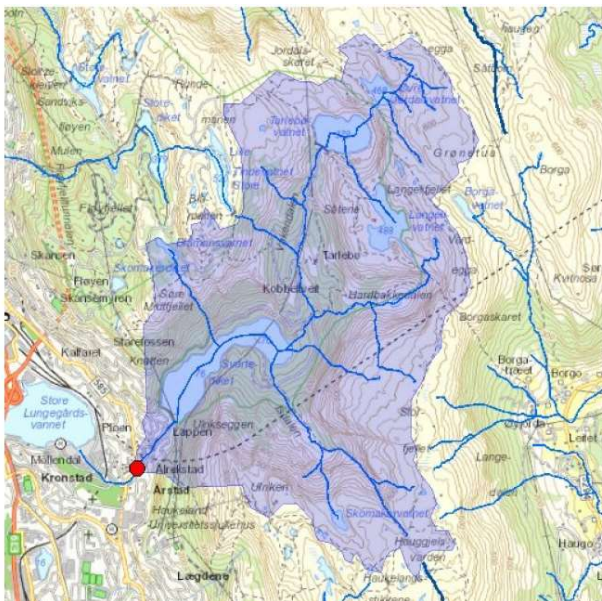
Klima

Klimaregion	Vest
Årsnedbør	2496 mm
Sommernedbør	927 mm
Vinternedbør	1568 mm
Årstemperatur	5,4 °C
Sommertemperatur	9,8 °C
Vintertemperatur	2,2 °C
Temperatur Juli	11,2 °C
Temperatur August	11,4 °C

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

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

Møllendalselven



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

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 056.5
Kommune: Bergen
Fylke: Hordaland
Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	12,4 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	3,9 %
Elvelengde (E _L)	6,6 km
Elvegradient (E _G)	81,7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	80,3 m/km
Feltlengde(F _L)	5,2 km
H _{min}	42 moh.
H ₁₀	126 moh.
H ₂₀	238 moh.
H ₃₀	316 moh.
H ₄₀	385 moh.
H ₅₀	440 moh.
H ₆₀	488 moh.
H ₇₀	521 moh.
H ₈₀	567 moh.
H ₉₀	606 moh.
H _{max}	670 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,2 %
Sjø	7,2 %
Skog	26,8 %
Snaufjell	63,8 %
Urban	1,0 %

1) Verdien er editert

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	105,4 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	5,8 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	6,5 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	4,7 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	5,1 l/(s*km ²)
Base flow	39,01 l/(s*km ²)
BFI	0,4

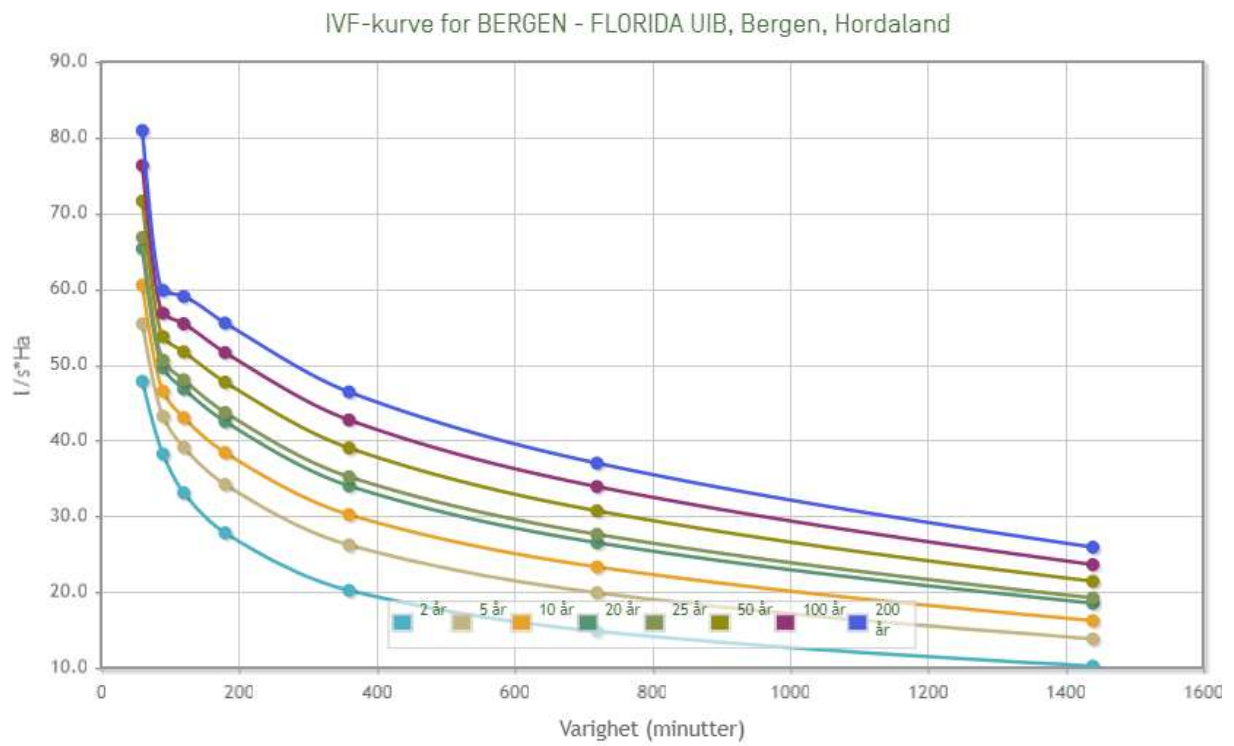
Klima

Klimaregion	Vest
Årsnedbør	2492 mm
Sommernedbør	926 mm
Vinternedbør	1565 mm
Årstemperatur	5,4 °C
Sommertemperatur	9,9 °C
Vintertemperatur	2,2 °C
Temperatur Juli	11,3 °C
Temperatur August	11,4 °C

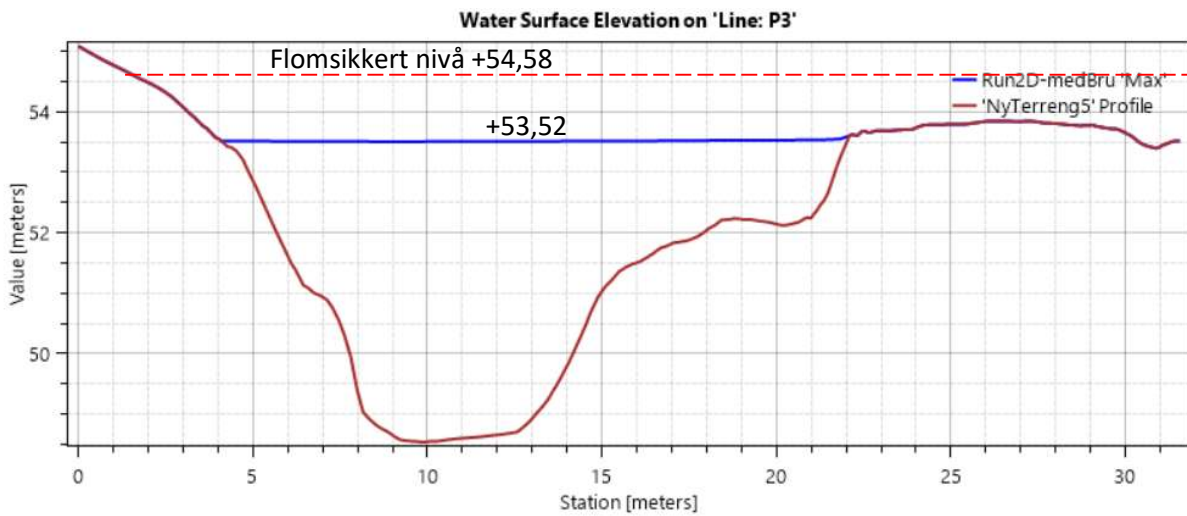
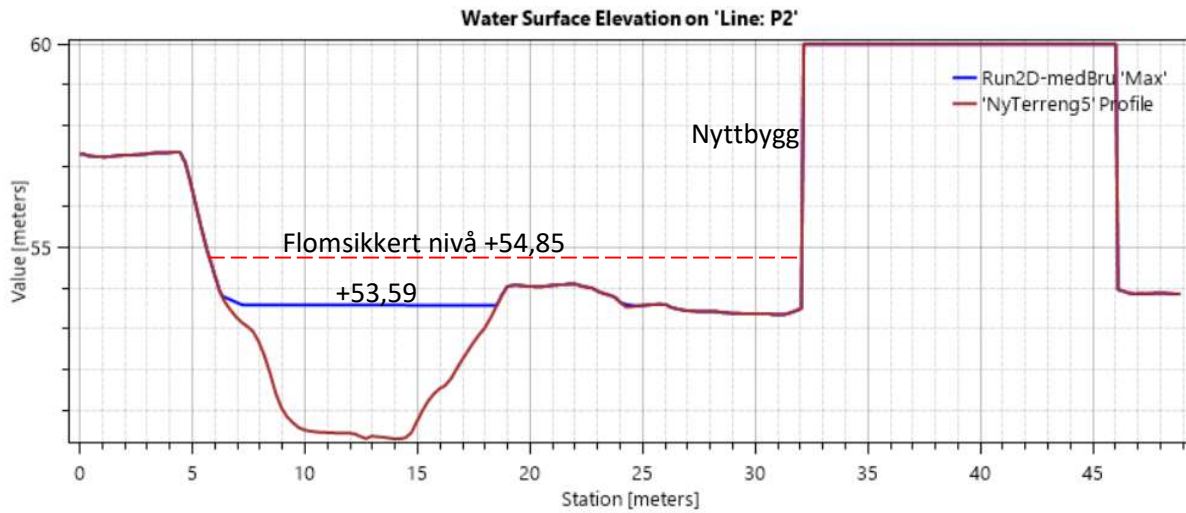
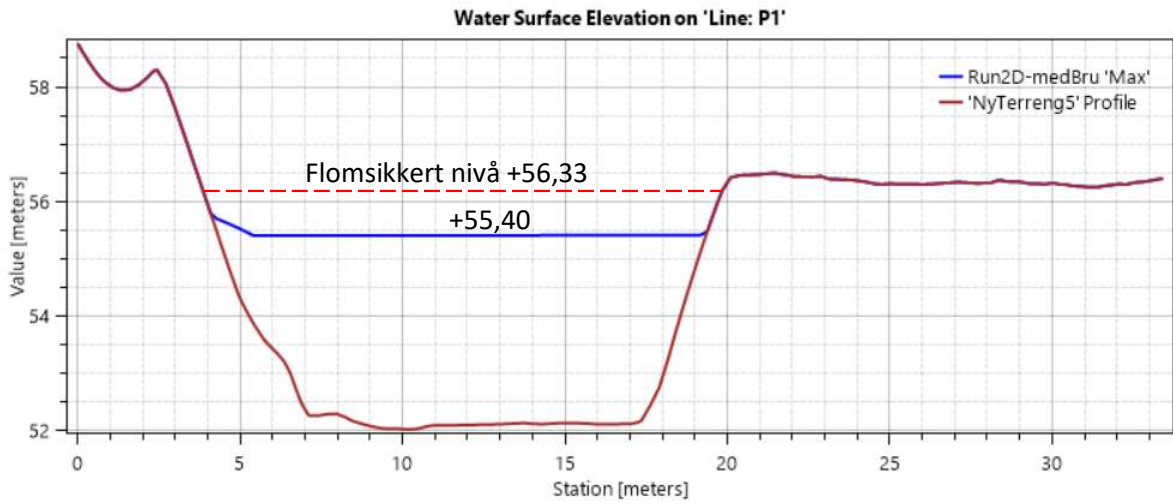
Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

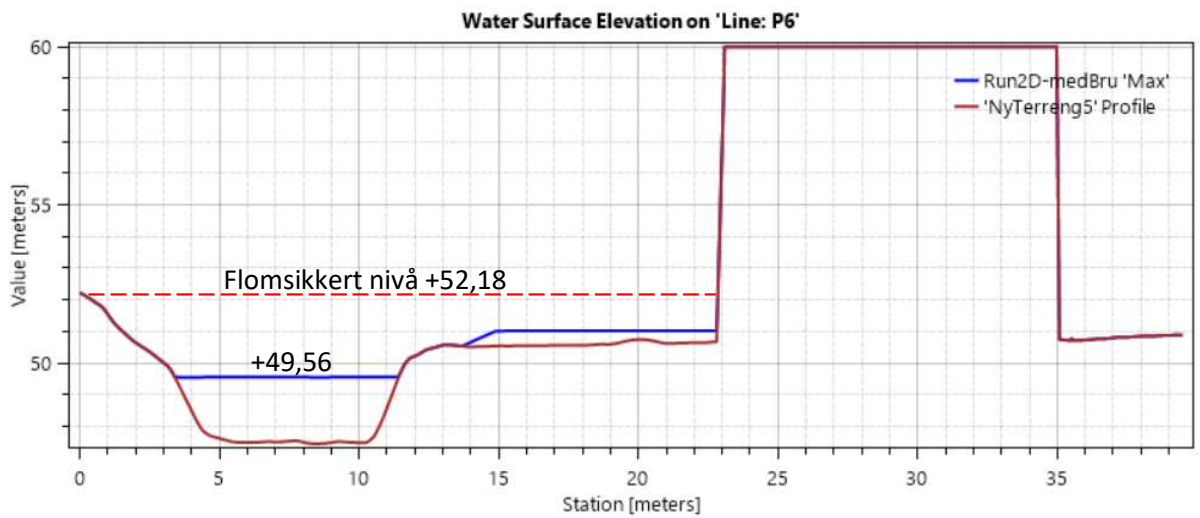
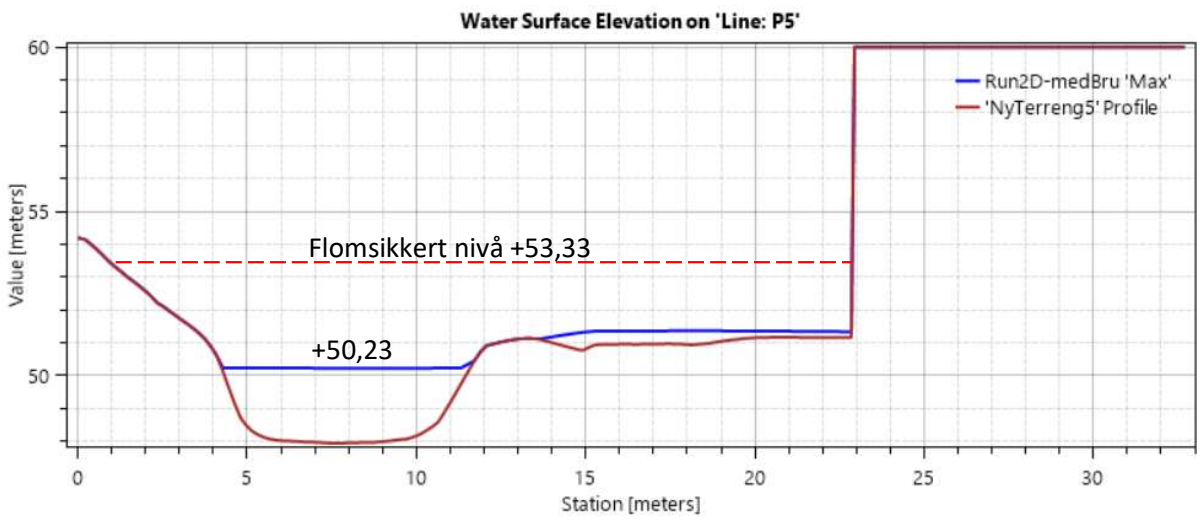
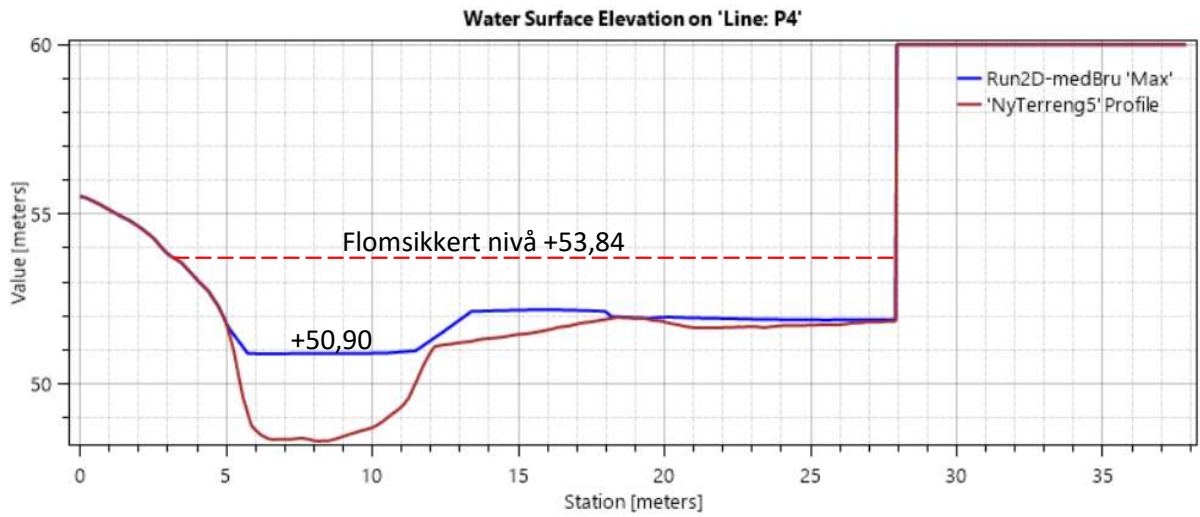
I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

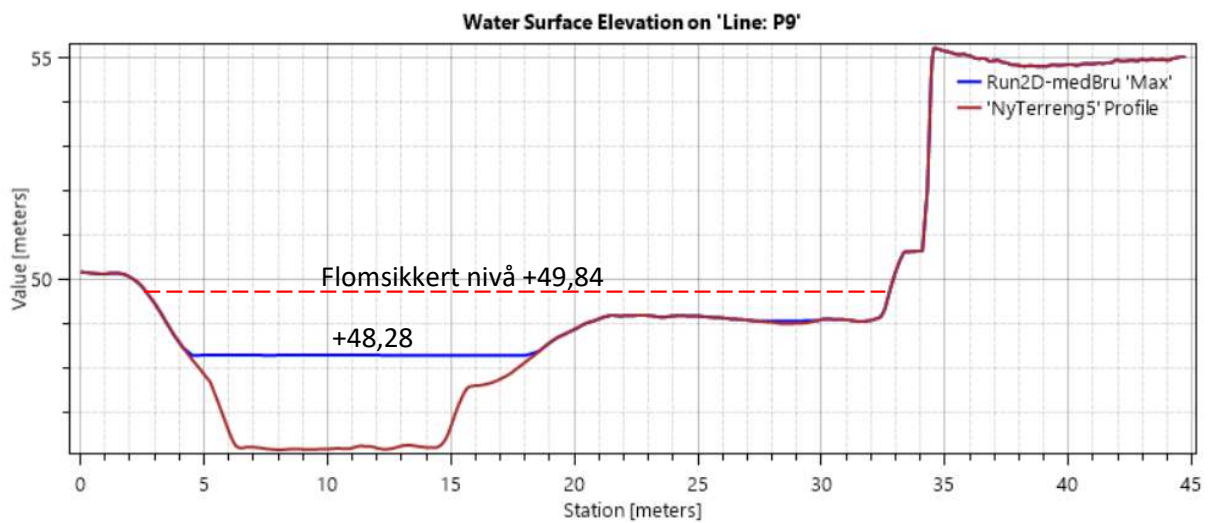
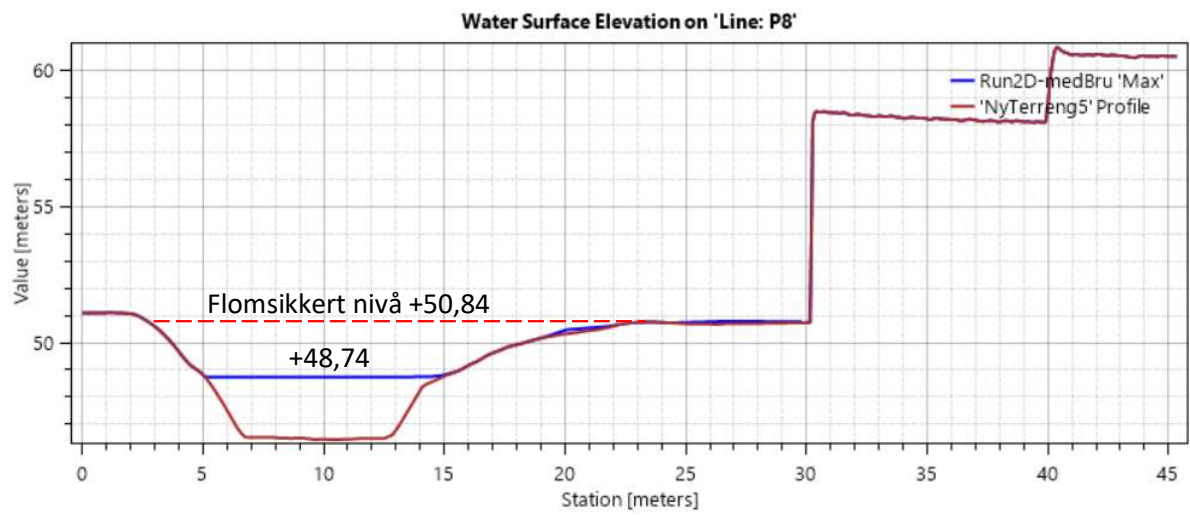
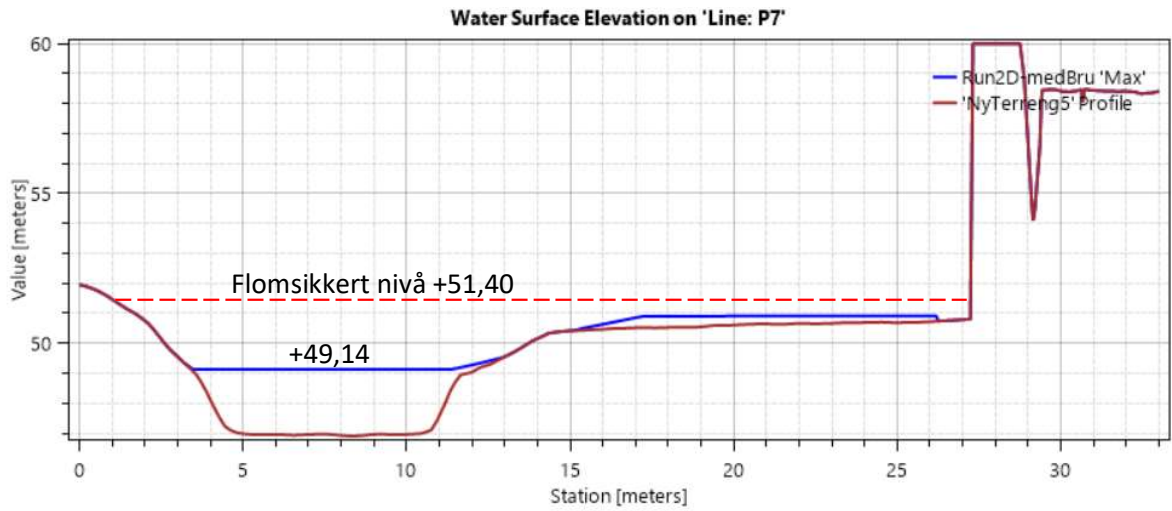
Vedlegg 2: IVF-Kurver

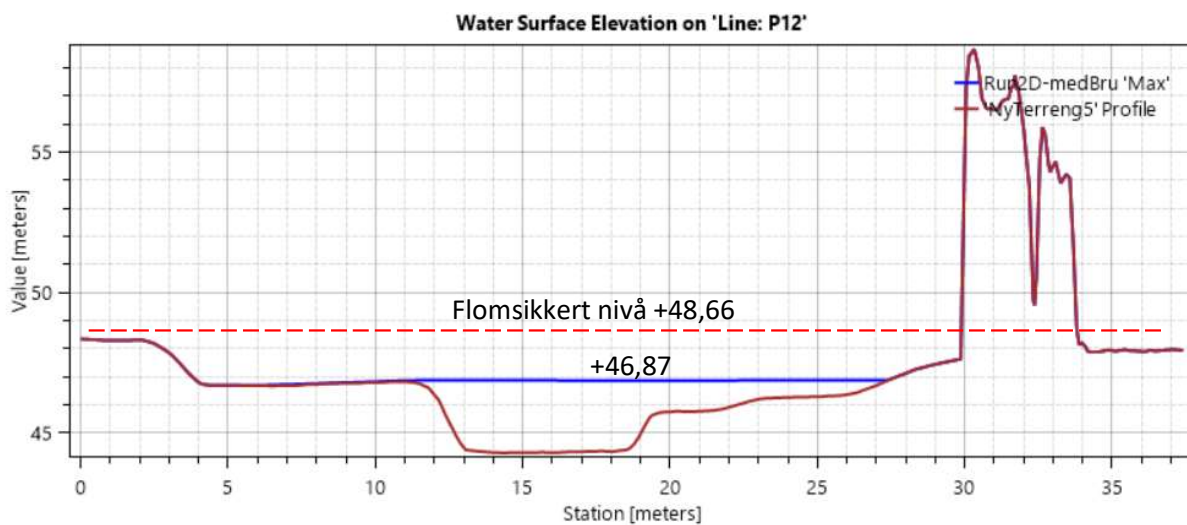
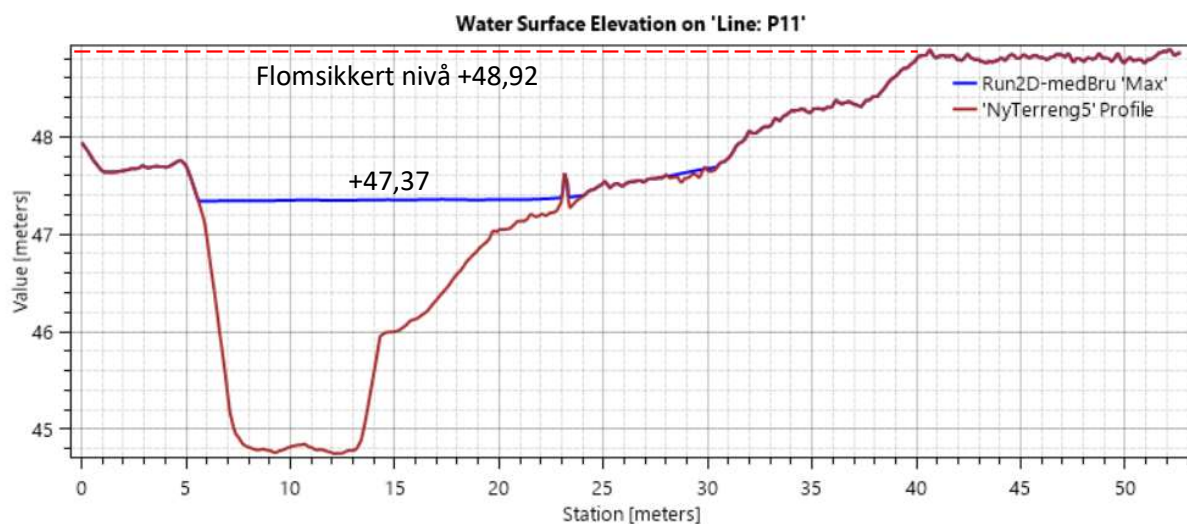
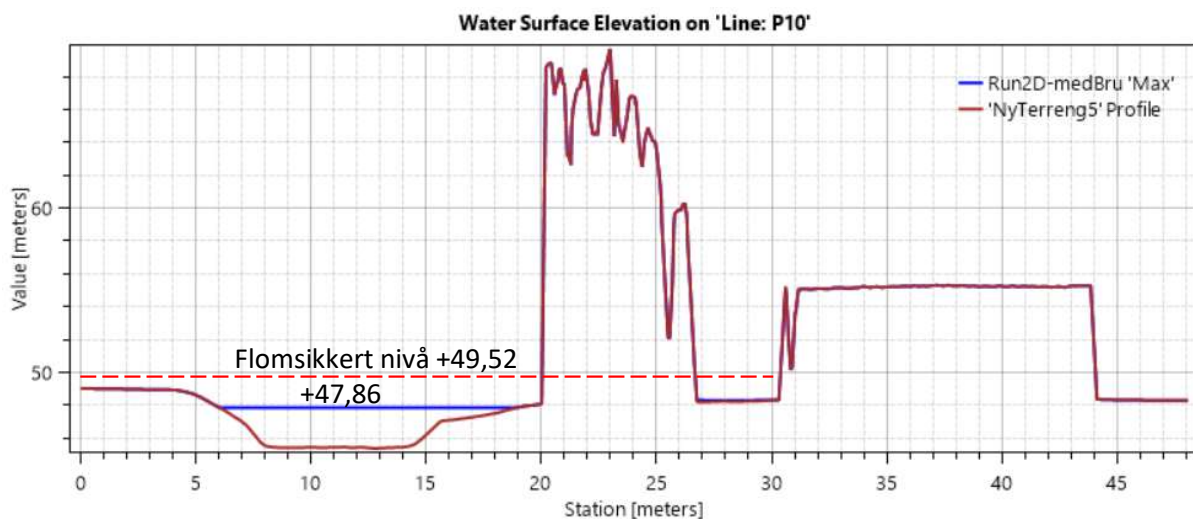


Vedlegg 3: Tverrprofil av elva med beregnet vannlinje – eksisterende situasjon

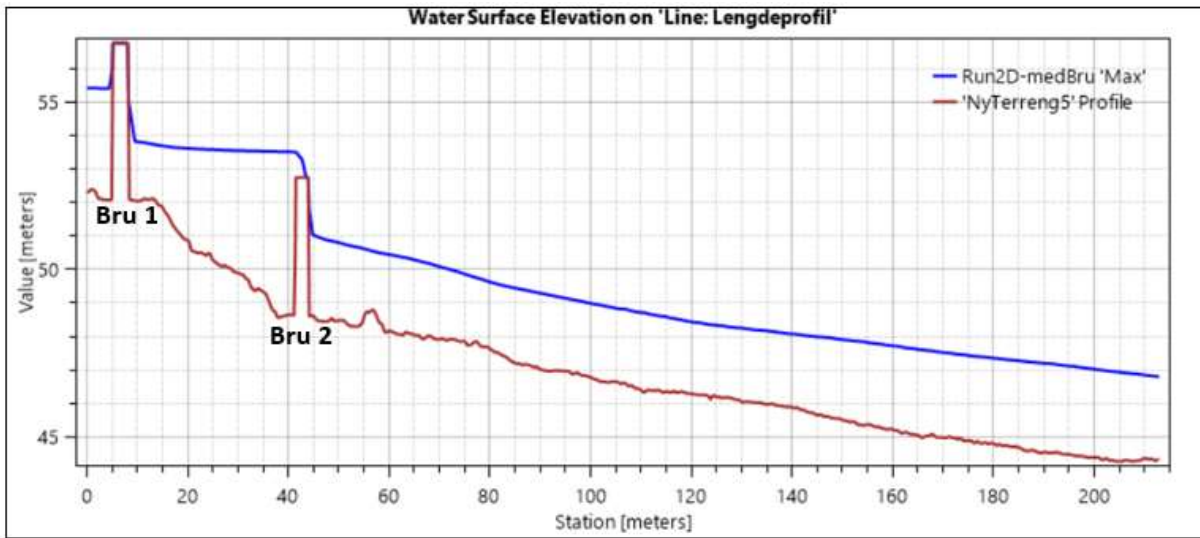








Vedlegg 4: Lengdeprofil av elva med beregnet vannlinje for 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% tillegg i beregningsusikkerhet- eksisterende situasjon.



Vedlegg 5: Vannhastighet og strømningsforhold i elva langs skoleområdet - eksisterende situasjon.

