

## NOTAT

OPPDRAG	<b>10257384-01 Flomfarevurdering Stabbursmoen skole</b>	DOKUMENTKODE	<b>10257384-01-RIVASS-NOT-01</b>
EMNE	Vurdering av flomfare	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Trondheim Eiendom</b>	OPPDRAGSLEDER	Maren Mood
KONTAKTPERSON	Per Andreas Hareide	UTFØRENDE	Maren Mood
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10234051 Vannkraft Midt

## SAMMENDRAG

Trondheim Eiendom engasjerte Multiconsult for å vurdere åpningen av Sørabekken i forbindelse med reguleringsplanen for Stabbursmoen skole. Det ble modellert tre alternativer for bekkeåpning for å gi grunnlag til Eggen arkitekter og Agraff arkitektur. Multiconsult har vurdert alternativene med tanke på sikkerhetskravene i TEK17 §7-2 om sikkerhet mot flom og stormflo. Det er utført hydraulisk beregning av vannstander og en vurdering av tre ulike alternativer for bekkeåpning ved Stabbursmoen skole. De vurderte alternativene er alternativ 1: Åpen bekk, alternativ 2: Åpen bekk med kulvert øverst og alternativ 3: Kulvert – åpen bekk – kulvert. De hydrauliske beregningene er utført i HEC-RAS v. 6.4.1. For å tilrettelegge for fisk er lagt til grunn at nederste del av kulverten på 1 m er gjentettet, slik at en får etablert en tilnærmet naturlig elvebunn gjennom kulverten. Resultatene viser at dersom bekken skal gå i kulvert, er det nødvendig med et rør med dimensjon Ø3000 (innvendig diameter). Utforming av endelig løsning må gjøres i samarbeid med ferskvannsbiolog. Alle alternativene som er testet gir en tilstrekkelig sikkerhet mot flom for skolen for 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 60 % usikkerhetspåslag.

## 1 Bakgrunn

Multiconsult er engasjert av Trondheim Eiendom for å utføre en vurdering knyttet til åpning av Sørabekken. I forbindelse med reguleringsplanarbeid for Stabbursmoen skole har Klima- og miljøenheten i Trondheim kommune gitt føring på at det er ønskelig med en bekkeåpning, og at det skal begrunnes dersom bekken skal forbli lukket. Multiconsult har i den forbindelse modellert tre ulike alternativer for bekkeåpning i HEC RAS v 6.4.1. Dette vil utgjøre en del av kunnskapsgrunnlaget som Eggen arkitekter (arkitekt) og Agraff arkitektur (landskapsarkitekt) tar med seg videre i reguleringsplanarbeidet. Plasseringen til Sørabekken er vist i Figur 1-1.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	13.02.24	Endringer etter tilbakemelding fra Eggen arkitekter	Maren Mood	Kjartan Orvedal	Maren Mood
00	09.02.24	Flomfarevurdering Stabbursmoen skole	Maren Mood	Kjartan Orvedal	Maren Mood

## Stabbursmoen skole - Hydrologi

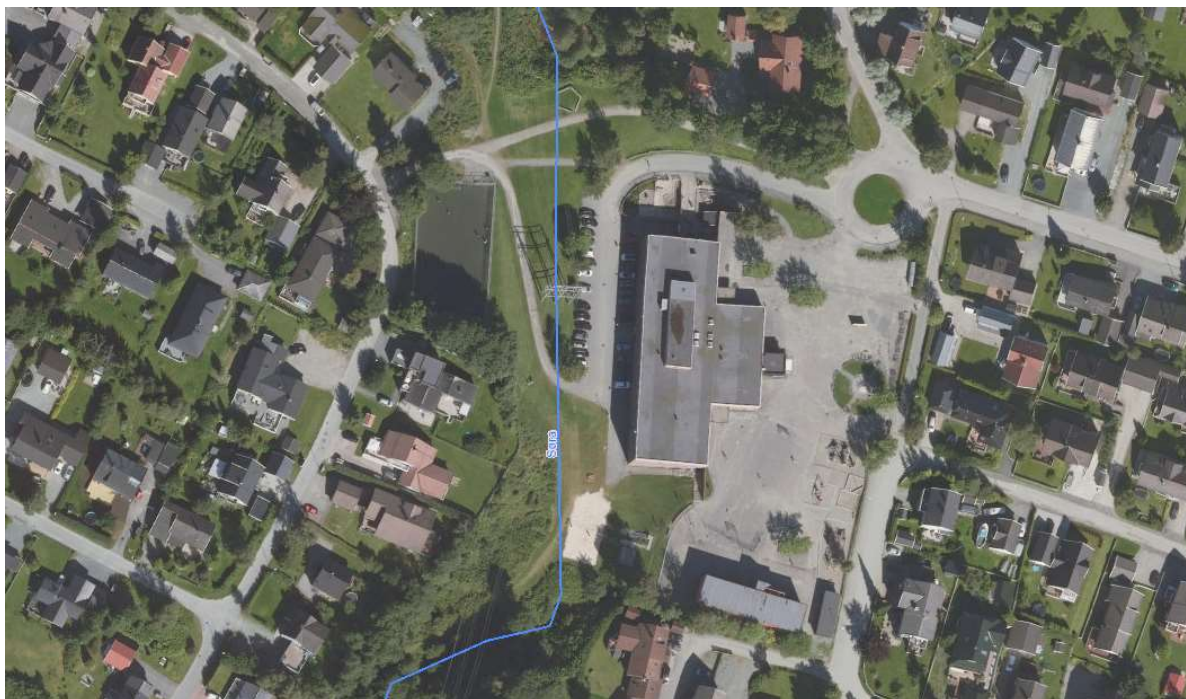


Figur 1-1: Overordnet plassering til Stabbursmoen skole og Sørabekken.

Et skjermbilde av dagens situasjon ved Stabbursmoen skole er vist i Figur 1-2. I forbindelse med bygging av skolen på 70-tallet, ble bekken lagt i rør forbi skoleområdet. I dag går den i to nedgravde stålrør med innvendig diameter  $\varnothing = 1000$  mm. Området over rørene brukes i dag til parkeringsplass og oppholds- og lekeområder for skolens elever.

I henhold til lovverket skal skolebygget være sikret mot en 200-årsflom. Dette er en flomhendelse som i gjennomsnitt opptrer hvert 200. år. Det vil si at hvert år er sannsynligheten for at en slik flomhendelse inntreffer 1/200. Den hydrauliske modellen vil i tillegg bli kjørt med normalvannføring og middelflom. Dette er henholdsvis vannføringen vi kan forvente å se i bekken en vanlig dag, samt flomhendelsen som er forventet å inntreffe hvert 2,3. år. Det vil bli modellert med kulminasjonsvannføring, som vil si toppen av en flomhendelse. Denne toppen har kun varighet et par timer.

I følge Asplan Viak sin flomvurdering for området (Asplan Viak, 2023), har dagens bekkelukking for dårlig kapasitet for å ta unna en 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 60 % usikkerhetspåslag. De foreslår derfor å erstatte de to rørene med ett rør med innvendig diameter  $\varnothing = 2400$  mm.



Figur 1-2: Flyfoto av skolen med uteområde og antatt plassering av Søra i lukket bekk.

Alle høyder i notatet er oppgitt i NN2000 høydesystem.

## 2 Vurdering av flomfare i plan- og byggesak

Krav om sikker byggegrunn, herunder sikkerhet mot flom og stormflo, er fastsatt i plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1 og § 29-5, (Lovdata, 2008). De generelle kravene til sikkerhet mot naturpåkjenninger er konkretisert i TEK17 § 7-1, og konkrete sikkerhetskrav mot flom og stormflo er videre presisert i § 7-2 og § 7-3, (DIBK, 2017). Sikkerhetskravene er førende for arealplan, og tilstrekkelig sikkerhet mot flom må dokumenteres med lovpålagt ROS-analyse, jf. pbl. § 4-3, i forbindelse med reguleringsplaner. Sikkerhetskravene i TEK17 gjelder også for ikke søknadspliktige tiltak. NVE anbefaler at utredningen inkluderer hensyn til fremtidige klimaendringer, jf. pbl. § 3-1 g.

Kravene skal sikre at det ikke gjennomføres tiltak i et område som kan være utsatt for flomfare, uten at sikkerheten er tilstrekkelig ivaretatt eller ved at man utsetter omgivelsene for økt flomfare som følge av tiltaket, jf. § 7-1, 2.ledd.

Det er som hovedregel forslagsstiller (plansaker) eller tiltakshaver (byggesaker) som har ansvaret for å framskaffe nødvendig dokumentasjon om sikkerhet mot flom. Kommunen som plan- og bygningsmyndighet er ansvarlig for å påse at planen/tiltaket oppfyller kravene til sikkerhet gitt i plan- og bygningsloven (pbl) og byggt teknisk forskrift (TEK17).

### 2.1 TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom

Bestemmelsene i TEK17 § 7-2 gjelder sikkerhet mot *saktevoksende* flommer som normalt ikke medfører farer for menneskeliv. For bratte masseførende vassdrag der det kan være fare for flomskred, gjelder også kriterier og sikkerhetskrav i TEK17 §7-3. Dagens lovverk krever at faren for flom og flomskred utredes separat for vassdrag der dette kan være aktuelle problemstillinger. NVE definerer i alle flommer som saktevoksende, jf. veileder nr.3 – 2022 - Sikkerhet mot flom. (NVE, 2022).

Multiconsult forutsetter at sikkerhetsklassene F1-F3 i §7-2 i TEK17 er gjeldende for Sørabekken.

## 2.2 Sikkerhetsklasser for byggverk

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom med ulike gjentakintervall som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder, jf. TEK17 § 7-2 annet ledd, se Tabell 2-1. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, er avhengig av funksjonen og konsekvensen ved flom. De ulike sikkerhetsklassene og hvilken flomvannføring området da skal dimensjoneres for, er presentert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: TEK17 §7-2, 2.ledd.

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

Dersom konsekvensene av en flom er særlig store, gjelder kravet til sikkerhet som er gitt i TEK17 §7-2 første ledd; altså skal ikke bygget plasseres i områder som er flomutsatt, (DIBK, 2017). Dette kravet kan ifølge NVEs veileder oppfylles ved å plassere bygget utenfor området som blir oversvømt ved påregnelig maksimal flom, (NVE, 2022).

Multiconsult vurderer at Stabbursmoen skole faller in under konsekvensklasse F2. I veiledningen til TEK17 er sikkerhetsklassen definert på følgende måte.

«Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold. Byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er bolig, fritidsbolig, skole, kontorbygning osv.»

## 3 Forutsetninger for beregningene

Beregningene er utført med dagens beste tilgjengelige datagrunnlag, men er basert på forutsetninger som man antar vil være riktige ved en fremtidig stor flom. Det forutsettes blant annet at en ikke har profilendringer i elva og at en har rent vann. I dette ligger det at effekter av massetransport, erosjon, endret elvegeometri over tid, is, tilstopping som følge av drivgods m.m. ikke beregnes. Dersom ny kunnskap viser at disse forutsetningene ikke er riktige, må beregningene oppdateres.

Over tid vil datagrunnlaget beregningene er basert på endres. Dette gjelder både det hydrologiske datagrunnlaget og terrengdata. Beregningene er derfor kun gyldige for elveløpet slik det er i dag. Dersom det gjøres tiltak innenfor flomsonen, vil dette kunne påvirke beregningene som vil medføre at de må ajourføres for å være gyldige.

## 4 Befaring

Det er i forbindelse med prosjektet gjennomført to befaringer. Eggen Arkitekter befarte skoleområdet 29.01.24, og Multiconsult befarte 09.02.24.

Ved den første befaringen hadde det vært en periode med mildvær, og vannstanden i bekken var høy. Se bilde av inntaket ved kulverten, oppstrøms skoleområdet, Figur 4-1. Denne oppstuvningen ved kulvertinntaket vil eventuelt bli borte dersom kulverten fjernes.





*Figur 4-1: Bilde fra Eggen arkitekter sin befaring. Bildet viser vannstand ved inntaket til kulverten oppstrøms skoleområdet.*

Da Multiconsult befarte samme området, var det betydelig kaldere vær. Det var et 5-10 cm islag på bekken, og et luftrom på omtrent 40 cm mellom vannoverflaten og isen.





Figur 4-2: Bilde fra Multiconsult sin befaring. Sett mot inntaket til kulverten oppstrøms skoleområdet.

09.02 ble vannstanden målt to steder i bekken oppstrøms kulvertinntaket målt til 14 og 17 cm. Det er rimelig å anta at ved en eventuell åpen bekk gjennom skolen vil den se noenlunde lik ut som bekken oppstrøms skoleområdet.



Figur 4-3: Bilde av vannstandsmålinger i bekken oppstrøms kulvertinntaket.

## 5 Flomberegning Stabbursmoen skole

Flomberegninger utført av Asplan Viak juni 2023 er lagt til grunn for vurderingen (Asplan Viak, 2023). Flomberegningen baserer seg på fire ulike metoder; lokal flomfrekvensanalyse (FFA), regional flomfrekvensanalyse (RFFA), forenklet lokal flomfrekvensanalyse (NIFS) og nedbør-avløpsmodellen PQRUT.

Basert på anbefalingene i NVE-veileder 1/2022, benyttes 40 % klimapåslag (NVE, 2022).

Asplan Viak har lagt til grunn en kulminasjonsverdi for 200-årsflom til 4,0 m<sup>3</sup>/s. Med 40 % klimapåslag frem mot år 2100 blir 200-årsverdien 5,6 m<sup>3</sup>/s. I tillegg til klimapåslag har Asplan Viak benyttet et 60 % sikkerhetspåslag i henhold til NVEs veileder (NVE, 2022). Dette gir en kulminerende 200-årsflom på 9,0 m<sup>3</sup>/s. Multiconsult har lagt til grunn Asplan Viak sine flomverdier i beregningene.

## 6 Hydraulisk modell

Hydrauliske beregninger er utført i programvaren HEC-RAS v.6.4.1 (US Army Corps of Engineers, 2024), som er utviklet av USACE. Det er kun flom som følge av rent vann og statisk geometri som er beregnet for gjentakintervallet 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17. For strekningen som er modellert vurderes modellverktøyet som godt egnet.

### 6.1 Datagrunnlag

Alle høydedata er oppgitt i NN2000 høydesystem. Høydedata er lastet ned fra høydedata.no og datasettet er samlet inn i forbindelse med Nasjonal Digital Høydemodell (NDH). Strekningen som er modellert ble laserskannet 12.06.2023 av TerraTec AS i prosjekt *NDH Trondheim*. Bestilt oppløsning var på 30 pkt. pr m<sup>2</sup>.

Grunnlaget fra høydedata er benyttet som grunnlag for modellen. Terrenget er modifisert etter tegninger og innspill fra Agraff arkitektur.

### 6.2 Grensebetingelse

Modellen er kjørt med følgende flomsituasjoner, Tabell 6-1. Verdiene er hentet fra Asplan Viak sin flomberegning, (Asplan Viak, 2023), med unntak av normalvannføringen,  $Q_N$ , som er hentet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1991-2020.

Tabell 6-1: De øvre grensebetingelsene i modellen, hentet fra Asplan Viak sin flomberegning

$Q_N$	$Q_M$	$Q_{200}$	$Q_{200+ 40\% \text{ klima}}$	$Q_{200+ 40\% \text{ klima} + 60\% \text{ sikkerhet}}$
0,04 m <sup>3</sup> /s	1,4 m <sup>3</sup> /s	4,0 m <sup>3</sup> /s	5,6 m <sup>3</sup> /s	9,0 m <sup>3</sup> /s

Det er benyttet normaldybde lik 0,013 som nedre grensebetingelse.

### 6.3 Friksjonsforhold

Det er valgt en n-verdi lik 0,035 for hele modellen, inkludert i kulvertbunnene. n-verdiene er valgt ut ifra ruheten på overflaten til terrenget og er hentet fra brukermanualen til HEC RAS (US Army Corps of Engineers, 2024).



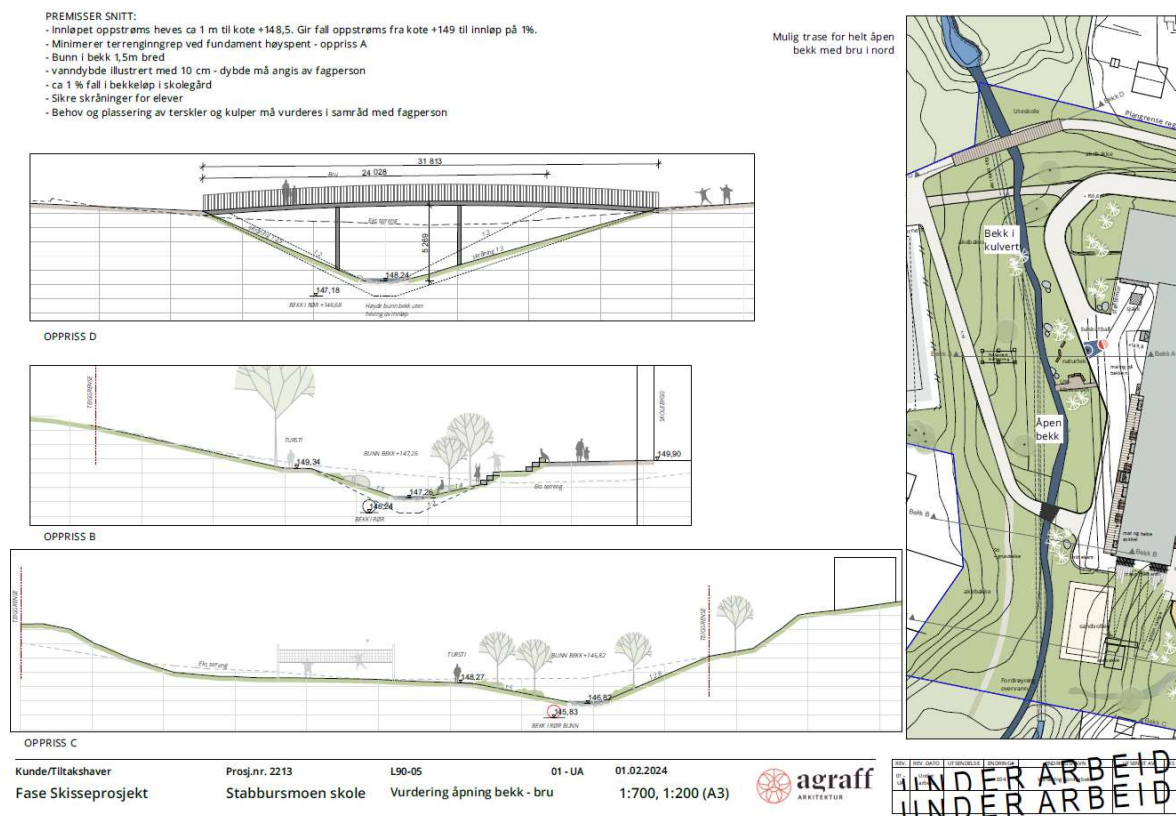
## Stabbursmoen skole - Hydrologi

## 6.4 Modelloppsett

Det er satt opp tre ulike 1D-modeller der det er lagt inn tverrprofiler som beskriver elvas geometri i vertikal- og horisontalplanet. Tverrprofilene er navngitt i meter fra nedstrøms avslutning av modellen. Beregningene er kjørt med *subcritical flow*, som betyr av strømmingen i modellen kun kan være underkritisk.

### 6.4.1 Alternativ 1: Åpen bekk

Det første alternativet som er modellert er en helt åpen bekk, se Figur 6-1 for skisseprosjekt fra Agraff arkitektur. I dette alternativet er det ingen kulverter i vannveien, men to krysningspunkter for fotgjengere i form av bruer.

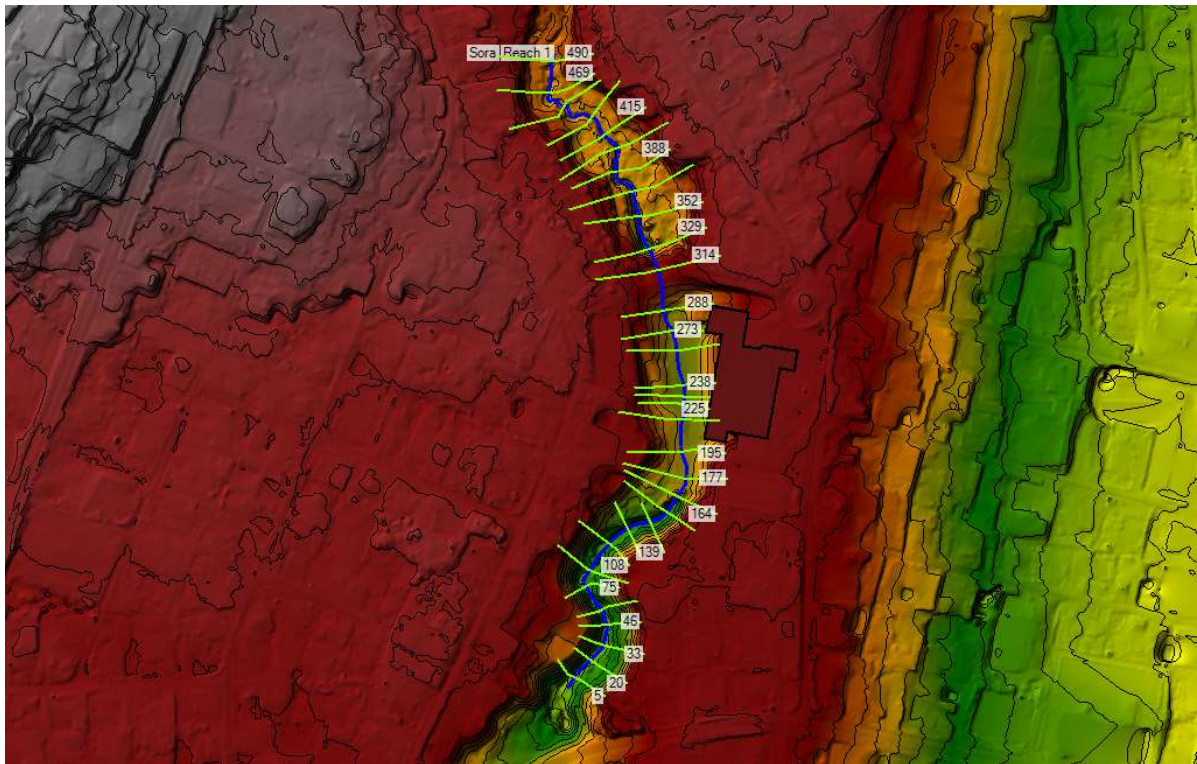


Figur 6-1: Skisseprosjekt fra Agraff arkitektur, åpen bekk.

Terrenggrunnet i modellen er hentet fra Agraff arkitektur sitt skisseprosjekt. Modellen er vist i Figur 6-2.



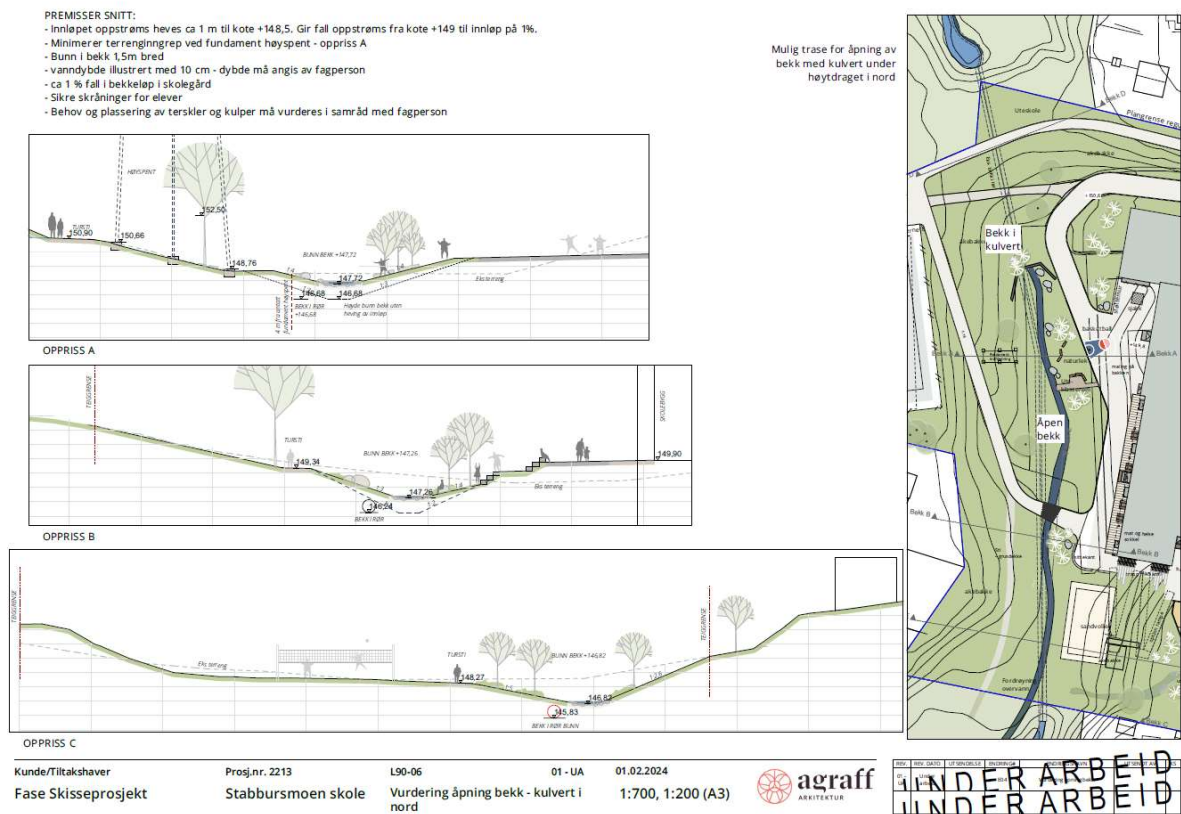
## Stabbursmoen skole - Hydrologi



Figur 6-2: HEC RAS-modell for åpen bekk. Terrenget på bildet er kun en illustrasjon, hentet fra høydedata.no.

#### 6.4.2 Alternativ 2: Kulvert + Åpen bekk

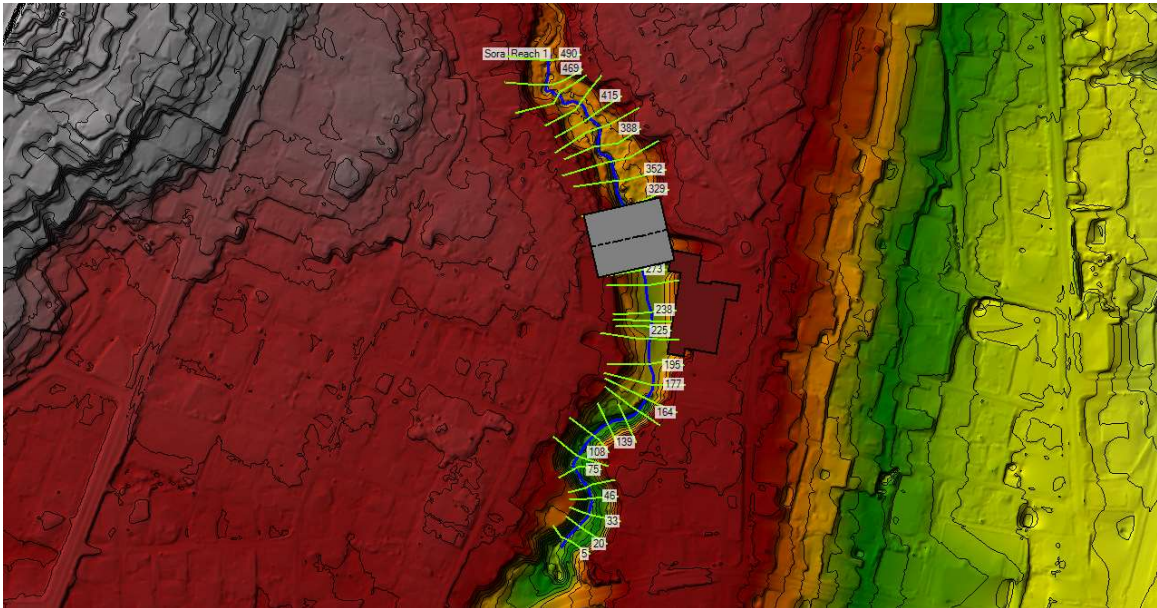
Det andre alternativet innebærer en løsning der den øverste deler av kulvertstrekningen fremdeles går i rør, mens den sørlige delen forbi skoleområdet er en åpen løsning, se Figur 6-3.



Figur 6-3: Skisseprosjekt fra Agraff arkitektur, kulvert + åpen løsning

## Stabbursmoen skole - Hydrologi

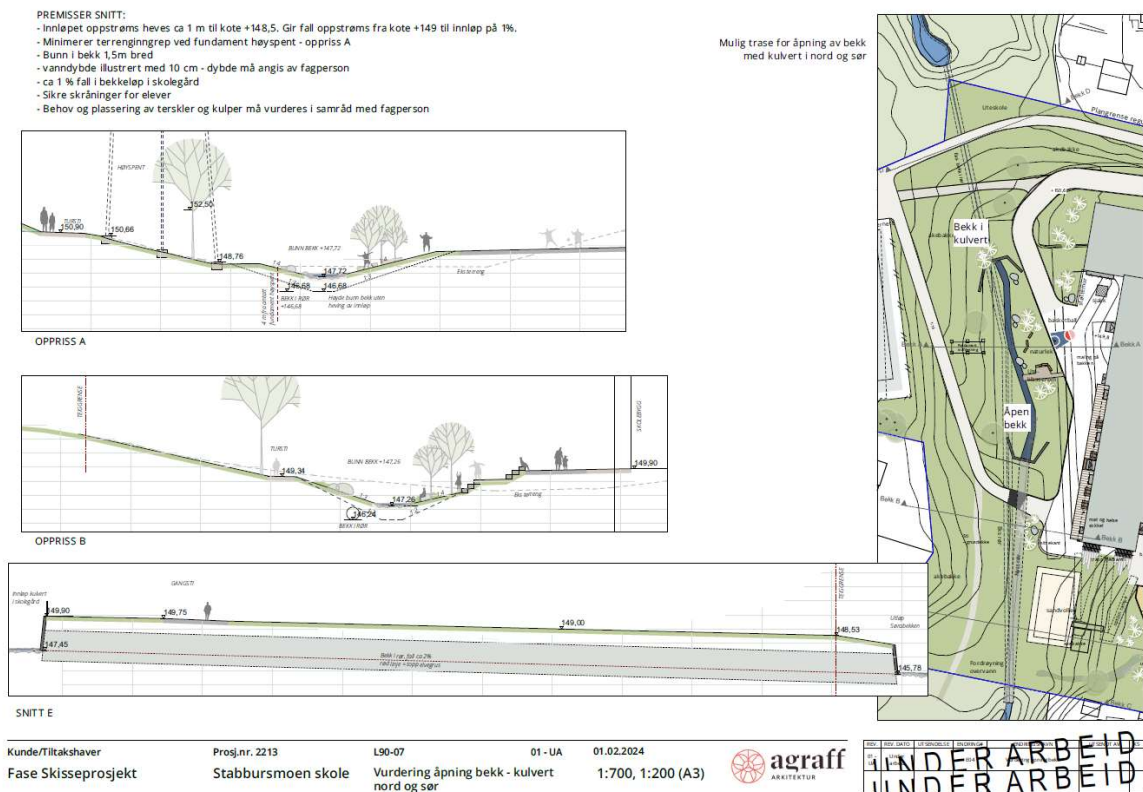
Kulverten ble i første omgang lagt inn med målene anbefalt i Asplan viak sin rapport. På grunn av kapasitetsbegrensninger foreslår Multiconsult at røret økes til innvendig diameter  $\varnothing = 3000$  mm. Kulverten ble lagt inn i modellen med en tredjedel av røret nedgravet og fylt med grus for å bedre vannveien for fisk. Se Figur 6-4 for plassering av kulverten.



Figur 6-4: HEC RAS-modell av alternativ to: kulvert og åpen løsning. Terrenget på bildet er kun en illustrasjon, hentet fra høydedata.no.

### 6.4.3 Alternativ 3: Kulvert + Åpen bekk + Kulvert

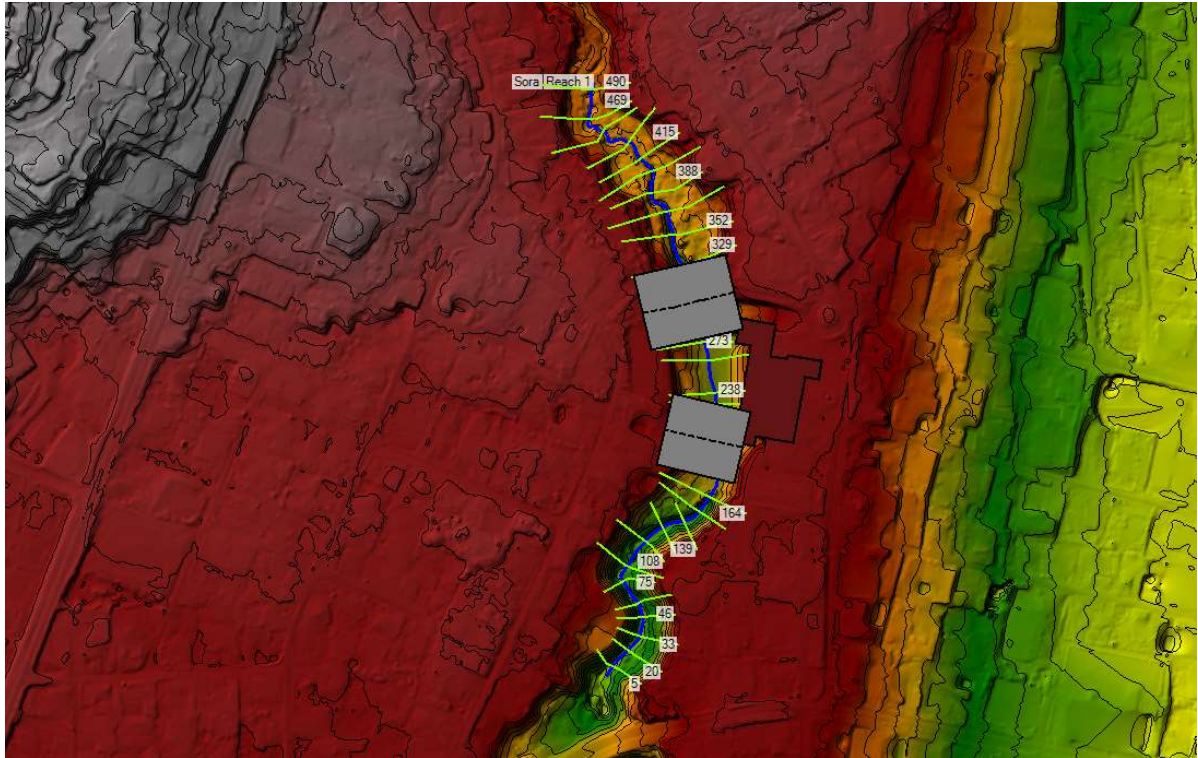
Det tredje alternativet som er modellert innebærer en kulvert i nord og en i sør, med en åpen løsning forbi skoleområdet. Se skisseprosjekt fra Agraff arkitektur, Figur 6-5.



Figur 6-5: Skisseprosjekt for alternativ 3: Kulvert i nord og sør, kombinert med åpen løsning forbi skoleområdet



Slik som for alternativ to ble kulvertene i første omgang lagt inn med målene anbefalt i Asplan Viak sin rapport. På grunn av kapasitetsbegrensninger foreslår Multiconsult at innvendig diameter på begge kulvertene økes til  $\varnothing = 3000$  mm. Kulvertene ble lagt inn i modellen med en tredjedel av røret nedgravet og fylt med grus for å bedre vannveien for fisk. Se Figur 6-6 for plassering av kulvertene i modellen.



Figur 6-6: HEC RAS-modell for alternativ 3: Kulvert i nord og sør, med åpen løsning forbi skoleområdet. Terrenget på bildet er kun en illustrasjon, hentet fra høydedata.no.

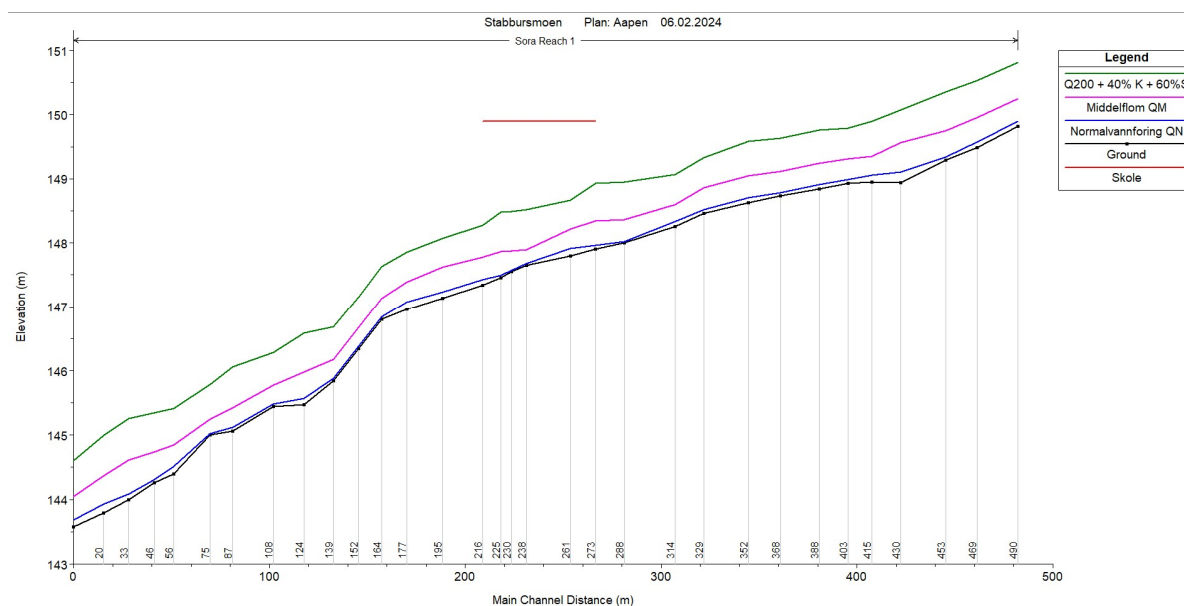
## 7 Resultater

Under er beregnet lengdeprofil for modellen presentert.

### 7.1 Alternativ 1: Åpen bekk

Den åpne løsningen er modellert for fem ulike flomszenarioer. I Figur 7-1 presenteres vannstander ved normalvannføring, middelflom og 200-årsflom inkludert 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag.

## Stabbursmoen skole - Hydrologi



Figur 7-1: Vannlinjer for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for alternativ 1. Rød linje er terrengnivået ved ny Stabbursmoen skole.

For normalvannføring vil det være ca. 13 cm vanddybde ved skoleområdet. Den kulminerende middelflommen vil være omtrent 0,6 m, og den kulminerende 200-årsflommen med påslagene vil gi en vanddybde på omtrent 1,0 m.

I tverrsnitt 238, som er plassert ved skoleområdet får vi følgende vannføringer ved henholdsvis normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag; 0,2 m/s, 0,9 m/s og 1,1 m/s. Resultatene for vannhastighet og vanddybde for de ulike alternativene er presentert i Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Vannhastighet og vanddybde for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for tverrsnittene innenfor skolens område

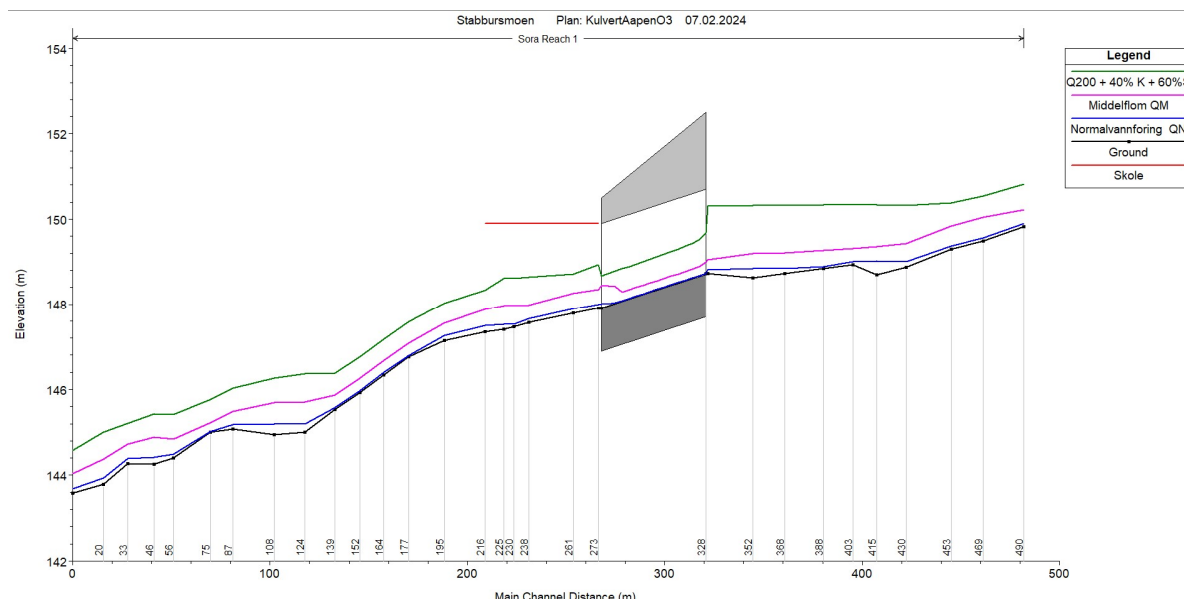
Tverrsnitt	Normalvannføring, Q <sub>N</sub>		Middelflom, Q <sub>M</sub>		Q <sub>200</sub> + 40 % klima + 60 % usikkerhetspåslag	
	Hastighet m/s	Vanddybde m	Hastighet m/s	Vanddybde m	Hastighet m/s	Vanddybde m
273	0,1	0,1	0,4	0,5	1,0	1,0
261	0,6	0,1	1,4	0,4	2,2	0,9
238	0,2	0,03	0,9	0,2	1,1	0,9
230	0,4	0,02	0,7	0,3	1,1	0,9

## 7.2 Alternativ 2: Kulvert + åpen bekk

Alternativ to er modellert for fem ulike flomscenarier. I Figur 7-2 presenteres vannstander ved normalvannføring, middelflom og 200-årsflom inkludert 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag.



## Stabbursmoen skole - Hydrologi



Figur 7-2: Vannlinjer for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for alternativ 2. Rød linje er terrengnivået ved ny Stabbursmoen skole.

For normalvannføring vil det være ca. 0,1 m vanddybde ved skoleområdet. Den kulminerende middelflommen vil være omtrent 0,6 m, og den kulminerende 200-årsflommen med 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag vil gi en vanddybde på omtrent 1,1 m.

I tverrsnitt 238, som er plassert i skoleområdet får vi følgende vannføringer ved henholdsvis normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag vil gi 0,6 m/s, 1,3 m/s og 1,2 m/s. Resultatene for vannhastighet og vanddybde for de ulike alternativene er presentert i Tabell 7-2.

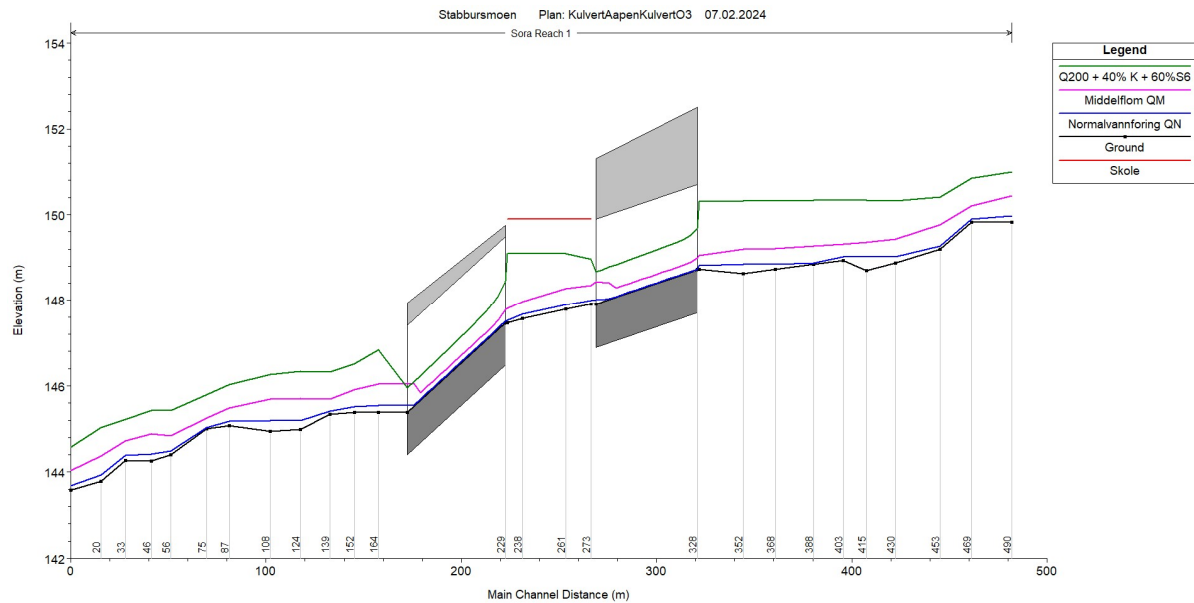
Tabell 7-2: Vannhastighet og vanddybde for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for tverrsnittene innenfor skolens område

Tverrsnitt	Normalvannføring, Q <sub>N</sub>		Middelflom, Q <sub>M</sub>		Q <sub>200</sub> + 40 % klima + 60 % usikkerhetspåslag	
	Hastighet m/s	Vanddybde m	Hastighet m/s	Vanddybde m	Hastighet m/s	Vanddybde m
273	0,5	0,1	1,6	0,4	2,5	1,0
261	0,4	0,1	1,0	0,5	1,9	0,9
238	0,6	0,1	1,3	0,4	1,2	1,1
230	0,4	0,1	0,8	0,5	1,2	1,1

### 7.3 Alternativ 3: Kulvert + åpen bekk + kulvert

Alternativ tre er modellert for fem ulike flomscenarier. Det presenteres vannstander ved normalvannføring, middelflom og 200-årsflom inkludert 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag, Figur 7-3.

## Stabbursmoen skole - Hydrologi



Figur 7-3: Vannlinjer for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for alternativ 3. Rød linje er terrengnivået ved ny Stabbursmoen skole.

For normalvannføring vil det være ca. 0,1 m vanddybde ved skoleområdet. Den kulminerende middelflommen vil være omtrent 0,5 m, og den kulminerende 200-årsflommen med 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag vil gi en vanddybde på omtrent 1,6 m.

I tverrsnitt 238, som er plassert i skoleområdet får vi følgende vannføringer ved henholdsvis normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima- og 60 % sikkerhetspåslag; 0,5 m/s, 1,4 m/s og 0,8 m/s. Resultatene for vannhastighet og vanddybde for de ulike alternativene er presentert i Tabell 7-3.

Tabell 7-3: Vannhastighet og vanddybde for normalvannføring, middelflom og 200-årsflom med 40 % klima og 60 % usikkerhetspåslag for tverrsnittene innenfor skolens område

Tverrsnitt	Normalvannføring, $Q_N$		Middelflom, $Q_M$		$Q_{200} + 40\% \text{ klima} + 60\% \text{ usikkerhetspåslag}$	
	Hastighet <i>m/s</i>	Vanddybde <i>m</i>	Hastighet <i>m/s</i>	Vanddybde <i>m</i>	Hastighet <i>m/s</i>	Vanddybde <i>m</i>
273	0,5	0,1	1,5	0,4	2,5	1,1
261	0,4	0,1	1,0	0,5	1,0	1,3
238	0,5	0,1	1,2	0,4	0,8	1,5
230	0,6	0,1	1,5	0,3	0,7	1,6



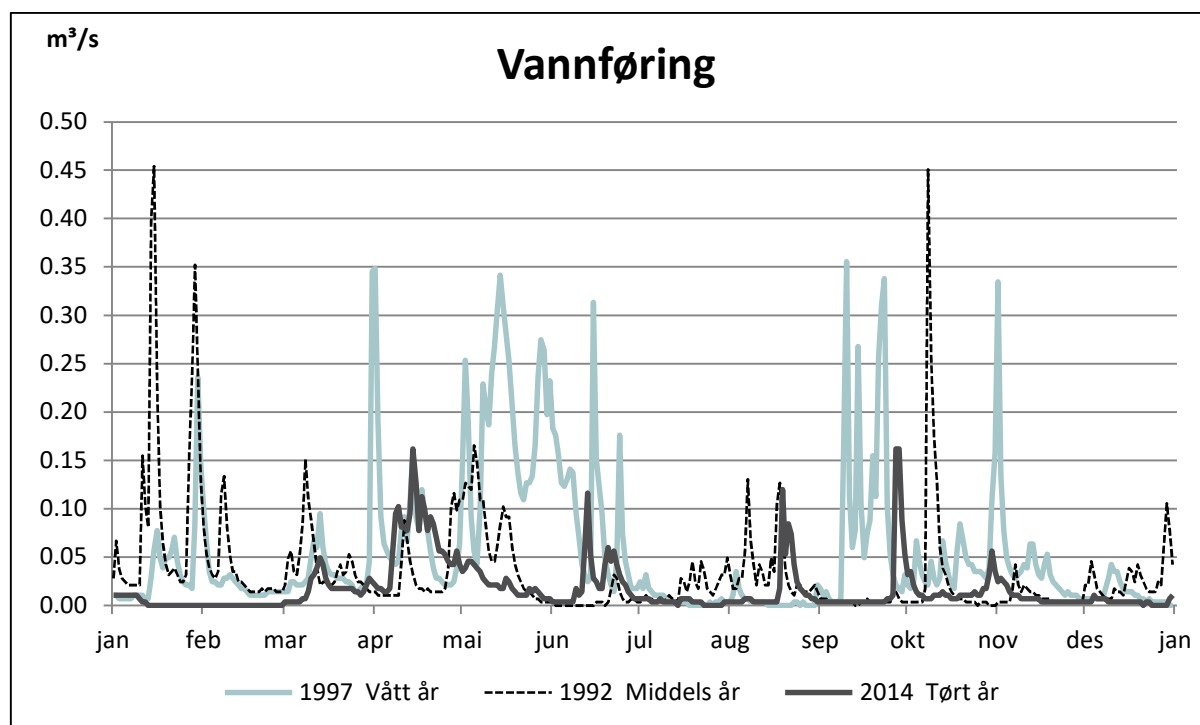
## 8 Flomfare og varighet



Multiconsult har utarbeidet en rapport som tar for seg dampsikkerhet i et helhetlig perspektiv med fokus på å kartlegge hva som anses som farlige nivåer av vannstand og -hastigheter. Det er betraktet at dersom friske voksne mennesker skulle oppholde seg i områder der vannstanden er under 0,3 m og DV-tallet, produktet av dybde og hastighet, er under  $0,3 \text{ m}^2/\text{s}$ , er det liten fare for tap av liv. Merk at terskelverdiene er fastsatt for voksne funksjonsfriske mennesker. Det er ingen fare for konstruksjonssvikt ved disse verdiene (Multiconsult, 2020). Dette vil altså være tilfelle ved normalvannstand for alle de tre alternativene som er modellert.

I § 8-3 i TEK17, 4.ledd angis det i de preakseptable ytelsene at for hagedammer og andre mindre damanlegg vil vandedybder med maksimum dybde på 0,20 m, vil det normalt ikke være nødvendig med inngjerding.

Det er gjort en vurdering av flomvarighet i bekken ved å se på avrenningen fra et lignende felt i området, VM 123.29 Svarttjørnbekken. Dette vannmerket ligger rett sør for Jonsvatnet, og har et nedbørfelt på  $3,4 \text{ km}^2$ . Det er hentet ut en tidsserie med døgndata fra 1971 til 2022 fra vannmerket fra NVEs database Hydra II. Døgndata vil si data med tidsoppløsning på ett døgn (midlet verdi over et døgn). Det vil si at vannføringen fra stasjonen representerer et døgnmiddel fra en gang om dagen i over 50 år. Tidsserien er arealskalert for å tilpasses Sørabekken. Resultatene for vannføring over året er presentert for et vått år, middels år og tørt år i Figur 8-1.



Figur 8-1: Vannføring for et vått, middels og tørt år

Med dette som utgangspunkt er det undersøkt hvor ofte vandedybden i bekken vil overskride de to terskelverdiene omtalt tidligere i kapitlet, 20 og 30 cm. Ved å kjøre den hydrauliske modellen for ulike vannføringer finner vannføringen for når vandedybden overskrider 20 og 30 cm, se Tabell 8-1. Tabellen viser at løsningene med kulvert vil reagere relativt likt på økt vannføring, mens den åpne bekken må ha større vannføring for å gi samme vandedybder. Vandedybden representerer maksimal i elveprofilen.

Tabell 8-1: Oversikt over hvor stor vannføring som gir vanndybder over hhv. 20 og 30 cm for de ulike alternativene.

Løsning	Vannføring, Q, der vanndybden overskrider ca. 20 cm $m^3/s$	Vannføring, Q, der vanndybden overskrider ca. 30 cm $m^3/s$
Åpen bekk	0,32	0,81
Kulvert + Åpen	0,28	0,60
Kulvert + Åpen + Kulvert	0,28	0,62

Ved å benytte dataserien fra Svarttjørbekken er det estimert hvor mange dager per år vannføringen overskrider terskelverdiene fastsatt i Tabell 8-1. I Tabell 8-2 er resultatet presentert for de ulike alternativene.

Tabell 8-2: Antall dager vanndybden i bekken overskrider 20 og 30 cm

	Ant. dager med vanndybde over 20 cm <i>begge løsninger</i>	Ant. dager med vanndybde over 30 cm <i>kulvertløsning</i>	Ant. dager med vanndybde over 30 cm <i>åpen bekk</i>
1997 Vått år	61	23	10
1992 Middels år	31	8	4
2014 Tørt år	7	0	0
Gjennomsnitt (1971-2022)	31	6	3

I gjennomsnitt vil altså vanndybden i bekken forbi skoleområdet overskride 20 cm 31 dager i året, og overskride 30 cm vanndybde 6 eller 3 ganger i året, avhengig av bekkeutformingen. Reelle vanndybder vil være sensitive for utformingen av tverrsnittet i bekken. Bredere bunntverrsnitt og slake elvebredder vil gi lavere vanndybder.

## 9 Kulvert som passasje for fisk

Det er registrert stasjonær bekkørret i Sørabekken. For å hensynta fiskevandring i bekken må følgende tas i betraktning når kulverten skal utarbeides:

- Kulverter med helning 2-10 % er å anse som en bratt kulvert, og vil gjøre det utfordrende for fisken å svømme gjennom. Den nordligste kulverten har helning på litt over 1 %, mens den sørlige kulverten har en helning på 3 %. Den sørligste kulverten må dermed gjøres slakere for å sikre at fisken skal klare å svømme igjennom.
- Det kan ikke være fall ved utløpet eller innløpet til kulverten, slik at fisken lett kommer seg inn og ut.
- Grusen og massene som skal legges i bunnen av elva må dimensjoneres etter Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø (Norwegian Research Centre - LFI, 2023). I tillegg til å dimensjonere steinstørrelsen som skal legges i elva, må steinen legges slik at fisken



både kan bruke den som skjulesteder, men også slik at den er tett nok til at vannet renner over steinene.

- Det må være en minimumvannstand på 0,1 m for at bekkeørrett skal kunne passere. Dette kravet er sikret så fremt grusen legges tett nok i kulverten.
- En kulvert over 30 m må ha en maks hastighet på 0,8 m/s for at fisk skal kunne passere. Dette er kun tilfelle ved normalvannføring i bekken.
- Dersom det benyttes risikt må åpningen mellom stavene i risten være så stor som mulig og minst 20 cm. Ristene må kontrolleres og renskes jevnlig og spesielt i perioder med gyting.
- Det bør vurderes å utforme innløpet til kulverten slik at vanddybet blir stort nok og at en får lav vannhastighet. Det sikrer fisken en hvileplass etter svømmeturen gjennom kulverten.

Tiltakene er hentet fra Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø (Norwegian Research Centre - LFI, 2023) og Direktoratet for naturforvaltning sin håndbok 22-2022 (Direktoratet for naturforvaltning, 2022).

## 10 Kostnader

Et svært grovt kostnadsestimat på meterpris på de ulike tiltakene viser at meterprisen for å åpne bekken er omtrent halvparten av meterpris på kulvert. Det er da kun snakk om material- og byggekostnader, og det er ikke tatt i betraktning større engangsinvestering, slik som tørrmur ved innløp og utløp kulvert, og bru over bekken.

Det er heller ikke vurdert driftskostnader.

## 11 Referanser

Asplan Viak. (2023). *Notat Flomvurdering Stabbursmoen*.

DIBK. (2017). *Byggeteknisk forskrift (TEK17)*. Direktorat for byggkvalitet.

Direktoratet for naturforvaltning. (2022). *Slipp fisken fram!*

DSB. (2016). *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Lovdata. (2008). *Plan- og bygningsloven*. Kommunal- og distriktsdepartementet.

Multiconsult. (2020). *Damsikkerhet i et helhetlig perspektiv - Forbedret underlag ved klassifisering av dammer*.

Multiconsult. (2020). *DSHP-metoden for detaljert konsekvensvurdering av dambrudd*. Oslo: Energi Norge AS.

Norwegian Research Centre - LFI. (2023). *Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø*.

NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Bakkan, M.; Bjerke, P.L.; Bønsnes, T.E.; Eggen, I.; Flatøy, A.; Herje, F.; Holt, O.F.; Humlen, E.F.; Jespersen, M.N.; Pedersen, T.B.; Roald, C.M.; Sommer-Erichson, P.; Væringstad, T.

US Army Corps of Engineers. (2024, 02 08). *US Army Corps of Engineers*. Hentet fra Hydrologic Engineering Center: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation.aspx>