NOTAT

Flomfarevurdering og overvannsvurdering ved Sem solkraftverk

OPPDRAGSGIVER

Fred. Olsen Renewables AS

EMNE

Vurdering av flomfare og overvann

DATO / REVISJON: 09/09/24/ 01

DOKUMENTKODE: 10246161-01-RIVASS-RAP-001



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	**Flomfarevurdering Sem solkraftverk**	DOKUMENTKODE	10246161-01-RIVASS-RAP-001
EMNE	Vurdering av flomfare og overvann	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**Fred. Olsen Renewables AS**	OPPDRAGSLEDER	Kjersti Finholt
KONTAKTPERSON	Contact	UTARBEIDET AV	Ole Jakob Bedringås
		ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

SAMMENDRAG

Det er utført flomberegninger og hydraulisk modellering i forbindelse med flomfarevurdering av Sem solkraftverk iht. TEK17. Tiltaket er vurdert til å være i sikkerhetsklasse F2 med dimensjonerende gjentaksintervall for flom på 200 år. Det er utført flomberegninger og hydraulisk modellering med utgangspunkt i NVE sin veileder *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE, 3/2022). Flomberegningene er utført iht. NVEs veileder for flomberegninger.

200-årsflom er beregnet med to ulike metoder. For å hensynta fremtidige klimaendringer og usikkerheter i modellering og beregninger er det lagt til henholdsvis 20% og 45% på denne flomverdien. Dimensjonerende flomvannføring for Akersmyra blir dermed 5.74 m^3/s.

Kulverten under jernbanen var innenfor sikkerhetsområdet for jernbanen og ble ikke målt opp på befaring. Kulverten var synlig gjentettet. Før utbygging må kulverten restaureres. I simuleringene er kulverten antatt gjenåpnet og dimensjonene på kulverten er antatt visuelt. Flomfaren vest for jernbanen er svært avhengig av dimensjonene på denne kulverten, og dersom kulvertens dimensjoner etter restaurering er mindre enn det som er benyttet i simuleringen kan ikke resultatet av denne rapporten stoles på vest for jernbanen. Resultatet vest for jernbanen bør tolkes i lys av denne usikkerheten.

Beregningene viser at det er mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom på deler av planområdet øst for jernbanen, hvor det ikke står vann (Figur 4-8). Figur 4-9 og Figur 4-10 viser at dybdene ofte er små. Ofte er vanndybdene under 0.1 m, og det er få områder hvor vanndybdene er større enn 0.2 m utenfor grøftene. Figur 4-11 og Figur 4-12 viser at vannhastighetene vanligvis er lave utenfor grøftene (0-3 m/s).

Grøfter og kanaler kan utbedres for å redusere flomsonen. Alternativt kan solcellepanelene plasseres på fundamentering som tåler belastningen av den dimensjonerende flomhendelsen. Endringer i terrenget eller i konstruksjoner i vannveien vil endre flomforløpet og nye beregninger vil måtte gjennomføres.

Overvannsvurdering er beskrevet i kapittel 5, og beskriver utfordringer knyttet til erosjon, oversvømmelse og økt massetransport til Akersvannet.

01	09.09.2024	Flomfarevurdering og overvannsvurdering	Ole Jakob Bedringås	Sofie Steinkjer	Kjersti Finholt
00	22.06.2023	Flomfarevurdering	Ole Jakob Bedringås	Sofie Steinkjer	Kjersti Finholt
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

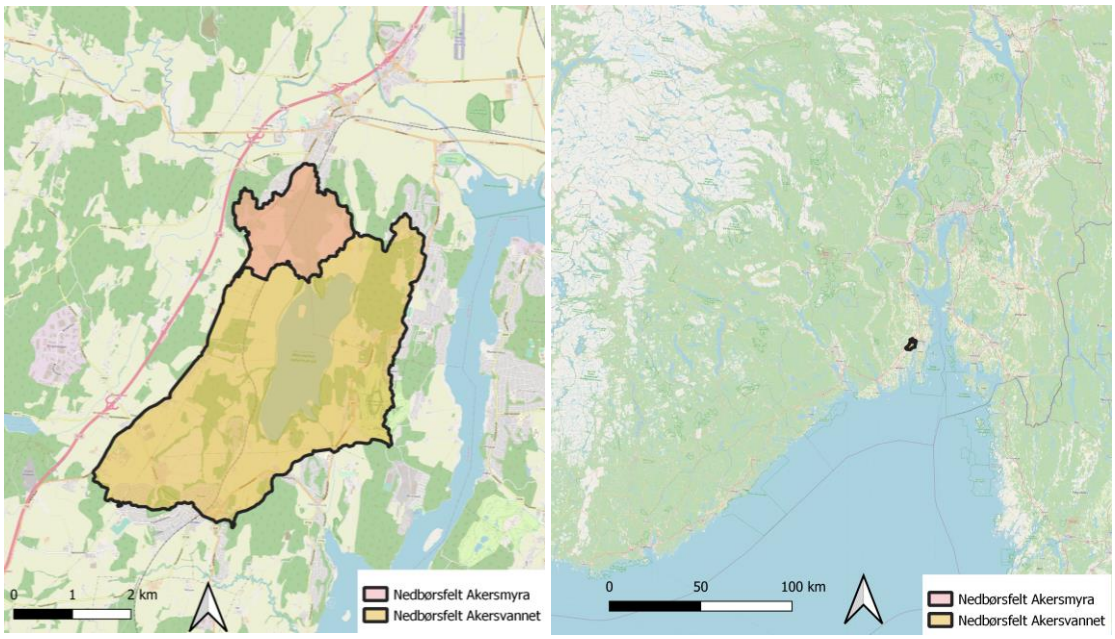
Innholdsfortegnelse

1 Innledning 1
1.1 Bakgrunn for oppdrag 1
1.1 Nedbørfelt og vassdrag 1
1.2 Forutsetninger for beregningene 2
2 Vurdering av flomfare i plan- og byggesak 3
2.1 TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo 3
3 Flomberegning 4
3.1 Formelverk for små nedbørfelt (NIFS) 4
3.2 Flomfrekvensanalyse (FFA) 4
3.2.1 Målestasjoner 5
3.2.2 Resultat av flomfrekvensanalyse (FFA) 5
3.2.3 Momentanflom 6
3.3 Erfaringsverdier og store observerte flommer 6
3.4 Klimaframskrivninger 7
3.5 Sammenligning av resultater og valg av dimensjonerende flom 7
4 Hydraulisk modell 8
4.1 Datagrunnlag 8
4.2 Sikkerhetspåslag 9
4.3 Modelloppsett 9
4.3.1 Modellens geometri 9
4.3.2 Konstruksjoner i vannveien 11
4.4 Grensebetingelser 14
4.4.1 Grensebetingelser for Akersvannet 14
4.4.2 Grensebetingelser for Akersmyra 14
4.5 Følsomhetsanalyse og klassifisering av hydrauliske beregninger 14
4.6 Resultat av hydraulisk modellering 14
4.6.1 Akersvannet 14
4.6.2 Akersmyra 15
5 Overvannsvurdering 21
6 Konklusjon 22
Referanser 23
Vedlegg 24
Vedlegg 1: Ekstremverdianalyse for benyttede referansevannmerker 24
Vedlegg 2: Bru nedstrøms Akersvannet 27
Vedlegg 3: Inn- og utdata fra nedbør- avløpsmodell 28

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppdrag

Multiconsult er engasjert av Fred. Olsen Renewables AS for å utrede flomfare for Sem solkraftverk. Flomfarevurderingen gjennomføres med utgangspunkt i NVE sin veileder *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE, 3/2022) og vil utgjøre en del av kunnskapsgrunnlaget for videre arbeid med prosjektet. Området som skal vurderes er vist i Figur 1-1. Her vises nedbørfeltet til Akersmyra (rosa) og nedbørfeltet til Akersvannet ved nedstrøms bru.



Figur 1-1: Oversiktskart over området som skal vurderes

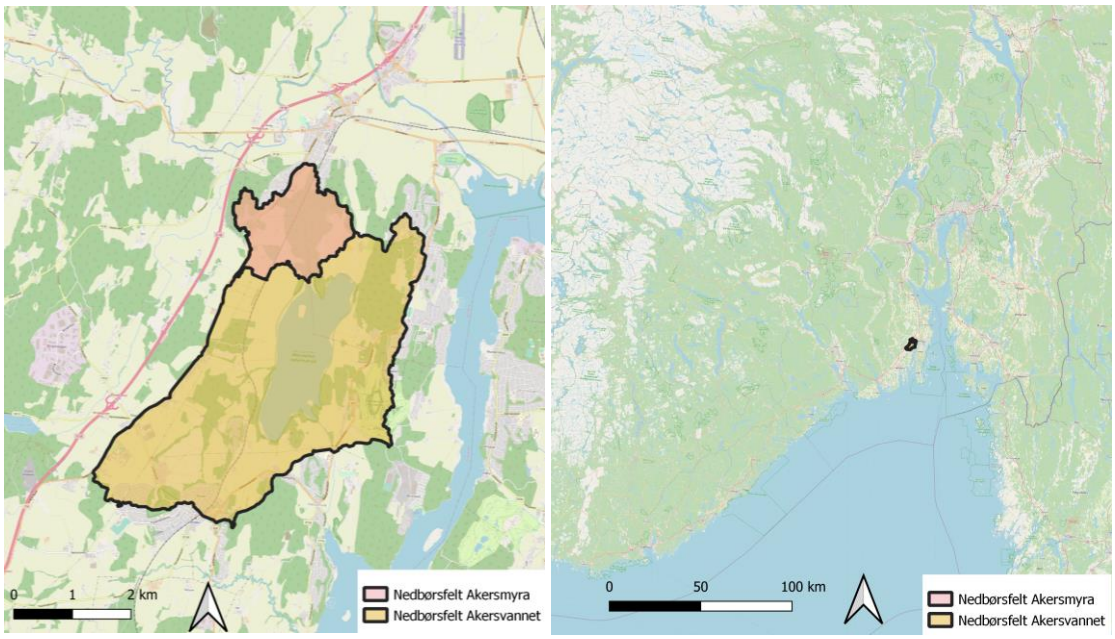
Det skal videre vurderes om det er behov for å heve terrenget og/eller etablere andre sikringstiltak for sikre området. Alle høyder i notatet er oppgitt i NN2000 høydesystem.

1.1 Nedbørfelt og vassdrag

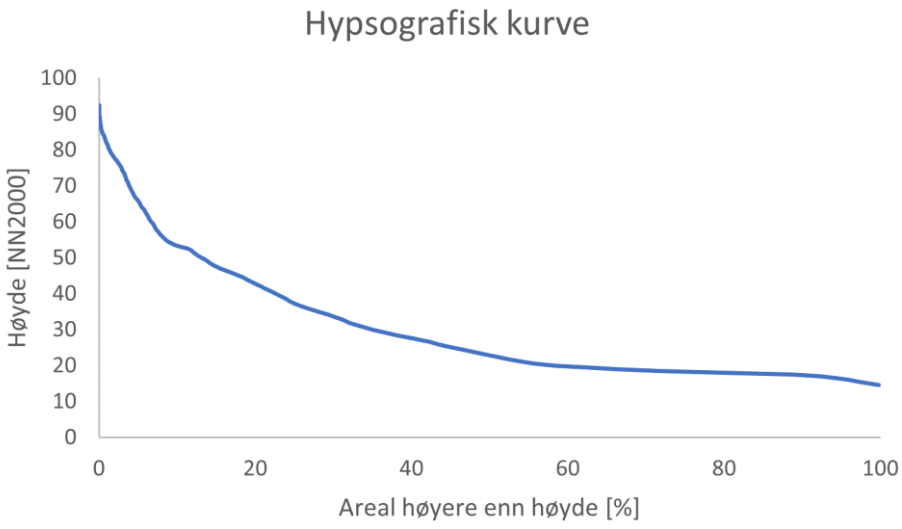
Nedbørfeltet til Akersmyra er 2.46 km² og nedbørfeltet til Akersvannet er 17.6 km². Feltavgrensningen er presentert i Figur 1-2. Nedbørfeltet til Akersmyra består i hovedsak av jordbruksområder (37%), myr (31%), skog (20%), bebygd areal (10%) og åpen fastmark (2%). En stor del av Akersmyra er myr, som i umettet tilstand øker flomdempingen, men som i mettet tilstand kan gi et raskere flomforløp (NVE, 1/2022).

Nedbørfeltet til Akersvannet består av jordbruksområder (36%), skog (24%), ferskvann (14%), bebygd areal (13%), åpen fastmark (7%) og myr (6%). Akersvannet utgjør en betydelig del av nedbørfeltet og flommer vil dempes noe igjennom vannet. Økt vannstand i Akersvannet kan bidra til oppstuving i Akersmyra, og må følgelig tas hensyn til i flomvurdering av Akersmyra.

Den hypsografiske kurven til feltet viser høydefordelingen som en andel av nedbørsfeltet, se Figur 1-3. Det laveste punktet til nedbørfeltet til Akersmyra er 14 moh, medianen er 23 moh og det høyeste punktet er 93 moh.



Figur 1-2: Kart over nedbørfeltene til Akersmyra og Akersvannet. Feltene er beregnet vha. SCALGO.



Figur 1-3: Hypsografisk kurve for Akersmyra sitt nedbørfelt.

1.2 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. Det kan eksempelvis være tilfelle dersom det bygges nye konstruksjoner i vannveien eller dersom massetransport fører til endret vannvei.

Over tid vil datagrunnlaget beregningene er basert på endres. Dette gjelder både det hydrologiske datagrunnlaget og terrengdata. Beregningene er derfor kun gyldige for terrenget slik det er i dag. Flomberegningene bør oppdateres om det inntreffer store

flommer i vassdraget eller datagrunnlaget forbedres betydelig (NVE, 3/2022). Dersom det gjøres tiltak innenfor flomsonen, vil dette kunne påvirke beregningene som vil medføre at de må ajourføres for å være gyldige.

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 saktevoksende flom, erosjon og stormflo er videre presisert i § 7-2. 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. Sikkerhetskravene er førende for arealplan, og tilstrekkelig sikkerhet mot flom må i forbindelse med reguleringsplaner dokumenteres med lovpålagt ROS-analyse, jf. pbl. § 4-3. Sikkerhetskravene i TEK17 gjelder også for ikke søknadspliktige tiltak.

NVE anbefaler at utredningen av flomfare inkluderer hensyn til fremtidige klimaendringer, jf. pbl. § 3-1 g.

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 byggteknisk forskrift (TEK17).

Iht. TEK17 gjelder sikkerhetskravene under § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo* mot *saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv* (Direktorat for byggkvalitet, 2017). For bratte masseførende vassdrag med fare for sterk erosjon og massetransport, herunder flomskred, fastsettes sikkerhetsklasse iht. §7-3 *Sikkerhet mot skred*. Grensen for når flom i et vassdrag defineres som saktevoksende og at det ikke vil være fare for liv, eller som hurtigvoksende og/eller med fare for liv, er ikke definert og det er opp til utførende å vurdere dette. Flomskapende sesong, muligheten for å varsle, potensialet for massetransport og muligheten for å evakuere er sentrale temaer i vurderingen.

2.1 TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo

NVEs veileder *Sikkerhet mot flom* (NVE, 3/2022) bør primært brukes for å dokumentere om et område eller tomt tilfredsstiller kravene til sikkerhet for saktevoksende vassdrag.

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom med ulike gjentaksintervall 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.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: TEK17 § 7-2 andre 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, (Direktorat for byggkvalitet, 2017). Dette kravet kan ifølge NVEs veileder oppfylles ved å plassere bygget utenfor området som blir oversvømt ved påregnelig maksimal flom, (NVE, 3/2022).

Multiconsult vurderer at Sem solkraftverk faller inn under sikkerhetsklasse F2 da dette er en industriutbygging.

I TEK17, §7-2 stilles det også krav om sikkerhet mot stormflo. Med stormflo menes vannstander høyere enn normal flo i sjøen. DSB anbefaler i sin veileder Havnivåstigning og stormflo (DSB, 2016) at det gjøres egne vurderinger for bølger og bølgeoppskylling.

3 Flomberegning

Flomberegningene er utført iht. NVEs veiledere (NVE, 1/2022) (NVE, 3/2022). Beregningsmetodene NIFS, FFA og den rasjonelle metode er brukt som grunnlag for denne flomfarevurderingen.

NVE har utarbeidet to formelverk som kan være et hjelpemiddel til å finne flomstørrelser; et for nedbørfelt inntil 60 km² (NIFS), og regionalt formelverk som hovedsakelig er anbefalt for nedbørfelt som er større enn 60 km^2 (RFFA-2018). Metodene bør brukes til sammenligning med andre metoder. Feltene til Akersmyra og Akersvannet er henholdsvis 2.46 km² og 17.6 km² og NIFS benyttes derfor videre.

3.1 Formelverk for små nedbørfelt (NIFS)

NVE har utviklet regresjonslikninger for å beregne kulminasjonsverdier for små felt (< 60 km²) (NVE, 2015). Inngangsparametere er nedbørfeltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Feltene som er brukt til utarbeidelse av likningene har areal på 0,2-53 km², q_N lik 9-163 l/s/km² og effektiv sjøprosent på 0-21 %. Feltet vi ser på har feltegenskaper i disse intervallene og det er derfor valgt benytte formelverket for sammenligning. Denne metoden gir resultater som vist i tabellen under. Avrenningskartet 1991-2020 er benyttet. Beregningene er oppsummert i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Resultater fra NIFS formelverk

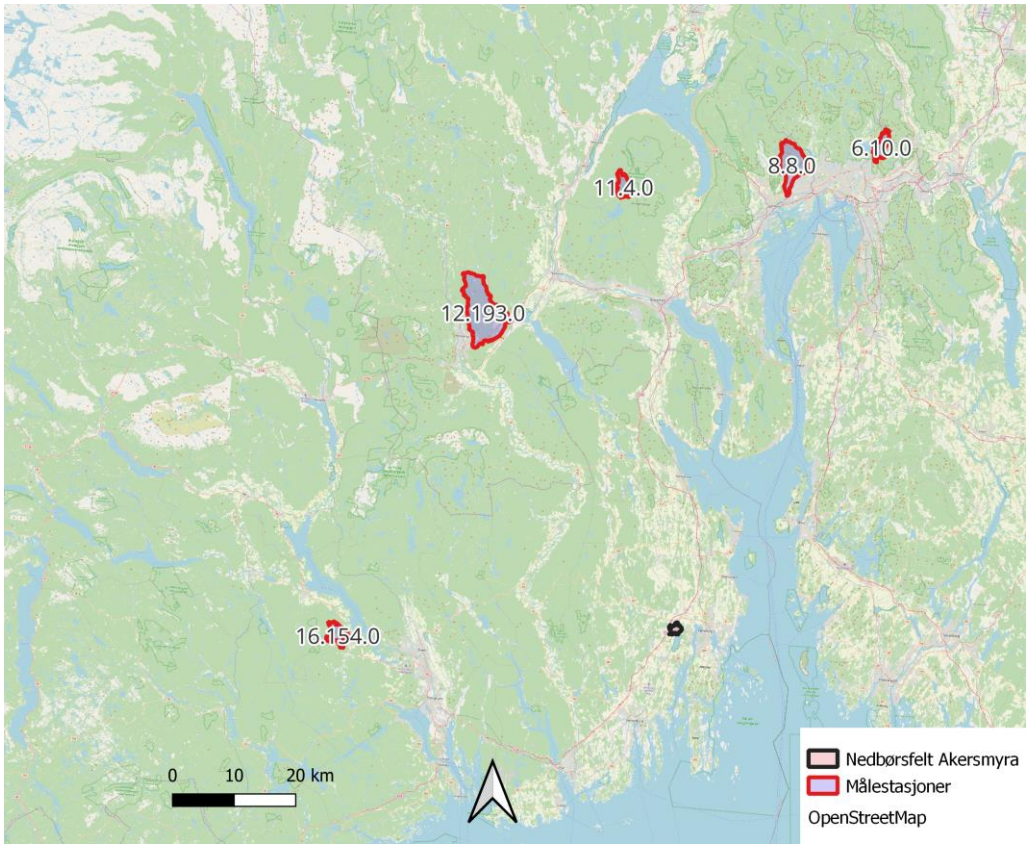
Navn	$q_{M,\,mom}$	$Q_{M,\,mom}$	$q_{200,\,mom}$	$Q_{200,\,mom}$
-	*l/s/km²*	*m³/s*	*l/s/km²*	*m³/s*
Akersmyra	522	1.28	1484	3.64
Akersvannet	186	3.27	626	11.0

3.2 Flomfrekvensanalyse (FFA)

Det ble funnet 5 målestasjoner i området som er vurdert som representative sammenligningsstasjoner for nedbørfeltet til Akersmyra og/eller Akersvannet, og det er utført flomfrekvensanalyse på disse.

3.2.1 Målestasjoner

Målestasjonene er 6.10 Gryta, 8.8 Blomsterkroken, 11.4 Elgtjern, 12.193 Fiskum og 16.154 Brusetbekken. I Figur 3-1 ser en plassering av sammenligningsfeltene i forhold til feltet til Akersmyra og feltegenskapene til de ulike feltene er vist i Tabell 3-2.



Figur 3-1: Kart som viser lokalisering til målestasjonene som er brukt i analysen. Nedbørfeltet til Akersmyra er merket med sort.

Tabell 3-2: Feltegenskaper for de ulike feltene som er vurdert.

Stasjonsnr.	**Navn**	**Feltareal** *km²*	**Snaufjell** *%*	**Eff. Sjø** *%*	**Høydeintervall** *moh. min-median-max*
6.10	Gryta	7.1	0	0.41	165-300-435
8.8	Blomsterkroken	22.6	0	0.29	21-208-458
11.4	Elgtjern	7.1	0.15	3.62	430-510-673
12.193	Fiskum	51.5	0	0.11	80-277-646
16.154	Brusetbekken	7.7	0	0.48	64-126-308

3.2.2 Resultat av flomfrekvensanalyse (FFA)

Fra Tabell 3-3 ser en resultatet av flomfrekvensanalysen. GEV-fordeling (full lokal + regional) er valgt for alle stasjonene. Plot av ekstremverdianalysen er vist i Vedlegg 1.

Tabell 3-3: Resultatet av flomfrekvensanalyser for sammenligningsstasjonene. Oppgitte verdier er i døgnverdier.

Navn	**Periode**	**Antall år** *år*	**Felt-areal** *km²*	**q_M** *l/s/km²*	**$Q_{200\text{-døgn}}$** *l/s/km²*	**Q_{200}/Q_M**	**Kurve-kvalitet** (stor vannføring)
Gryta	1967-2023	56	7.1	226	579	2.56	Bra
Blomsterkroken	1975-2023	48	22.6	263	668	2.54	Bra
Elgtjern	1975-2023	48	7.1	232	608	2.62	Ingen informasjon
Fiskum	1976-2023	47	51.5	212	655	3.09	Meget bra
Brusetbekken	1987-2023	36	7.7	269	579	2.5	Middels

Tabell 3-3 viser ingen trend i synkende spesifikk flomverdi med 200 års gjentaksintervall, og det er valgt å ikke skille på feltstørrelse. Det er derfor valgt 617 l/s/km^2 for begge feltene som et snitt av alle feltene. Dette tilsvarer 1.5 m³/s for Akersmyra og 10.8 m³/s for Akersvannet.

3.2.3 Momentanflom

Forholdet mellom døgnmiddelflom og momentanflom er i *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* (NVE, 2015) oppgitt for Gryta som 1.36, for Brusetbekken som 1.52, for Blomsterkroken som 2, og for Fiskum som 1.27.

RFFA-2018 kan også benyttes til å beregne momentanfaktor. Med RFFA-2018 er momentanfaktor beregnet til 1.02 for Akersvannet og 1.75 for Akersmyra.

For Akersvannet velges momentanfaktoren 1.1. RFFA-2018 vektlegges mest da den tar hensyn til den høye effektiv sjøprosent i Akersvannet. For Akersmyra velges momentanfaktor 1.6 basert på representative stasjoner og RFFA-2018. Dermed blir kulminerende flomverdier beregnet med FFA for Akersmyra som oppgitt i Tabell 3-4.

Tabell 3-4: Beregnet flomverdier for Akersmyra basert på flomfrekvensanalysen, momentanverdier.

Navn	**$Q_{200\text{-momeentan}}$** *l/s/km²*	**Q_{200}** *m³/s*
Akersmyra	*977*	*2.4*
Akersvannet	676	11.9

3.3 Erfaringsverdier og store observerte flommer

I NVEs *Veileder for flomberegninger i små felt* (NVE, 2015) er erfaringsverdier for spesifikke kulminasjonsverdier for 200-årsflommen oppgitt.

På Østlandet (Hedmark, Oppland, Akershus, Oslo, Buskerud og deler av Telemark) varierer flomverdiene i stort fra 500 l/s·km2 til 1500 l/s·km2, men noen flomverdier er helt opp til 2000 – 2500 l/s·km2 og helt ned i 400 l/s·km2. Det er relativt jevn geografisk spredning på flomverdiene, men de laveste verdiene finner en øst i området og/eller større felt med høy selvreguleringsevne.

De beregnede spesifikk kulminasjonsverdiene for gjentaksintervall på 200 år med både NIFS og FFA er innenfor intervallet av observerte spesifikke kulminasjonsverdier.

3.4 Klimaframskrivninger

Klimaprofilen for Vestfold og Telemark fylke viser at klimaendringer vil føre til kraftigere nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn.

Nedbørfeltene til Akersmyra og Akersvannet ligger i tidligere Vestfold fylke. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %. For prosjektet har vi derfor benyttet et klimapåslag på 20 %.

3.5 Sammenligning av resultater og valg av dimensjonerende flom

Flomfrekvensanalysen er utført basert på målestasjoner i representative felt. Måleseriene er ca. 50 år lange og flomverdiene samsvarer med erfaringsverdier for området. Ut fra dette vurderes datagrunnlaget for flomberegningen til å være brukbart.

I Tabell 3-5 vises resultater fra NIFS og FFA for Akersmyra og Akersvannet. Verdiene er svært like for Akersvannet, men varierer noe for Akersmyra.

Det er valgt å vekte NIFS med en faktor 0.7 og FFA med en faktor 0.3 for Akersmyra. Basert på dette får man en kulminerende 200-årsflom på 3.3 m^3/s (1344 $l/s/km^2$) for Akersmyra. Faktorene er valgt på grunnlag av at stasjonene i flomfrekvensanalysen er noe større enn nedbørsfeltet til Akersmyra. For Akersvannet blir kulminerende 200-årsflom 11.45 m^3/s (651 $l/s/km^2$) som et gjennomsnitt av NIFS og FFA.

Tabell 3-5: Beregnede verdier fra flomfrekvensanalysen (FFA) og NIFS-formelverket.

Beregningsmetode	**Q_{200}**	**Q_{200}**
NIFS – Akersmyra	3.64	1484
FFA - Akersmyra	*2.4*	*977*
NIFS- Akersvannet	11.0	626
FFA - Akersvannet	11.9	676

Dimensjonerende flomverdier med klimapåslag er vist i Tabell 3-6.

Tabell 3-6: Beregnet flomverdier med klimapåslag.

	Q_{200}, klima *m^3/s*
Akersmyra	3.96
Akersvannet	13.74

På bakgrunn av datagrunnlaget for flomberegningen vil den klassifiseres ut fra kriteriene presentert i Tabell 3-7. Flomberegningen i denne rapporten vurderes å være i klasse 2.

Tabell 3-7: Klassifiseringskriterier for flomberegninger

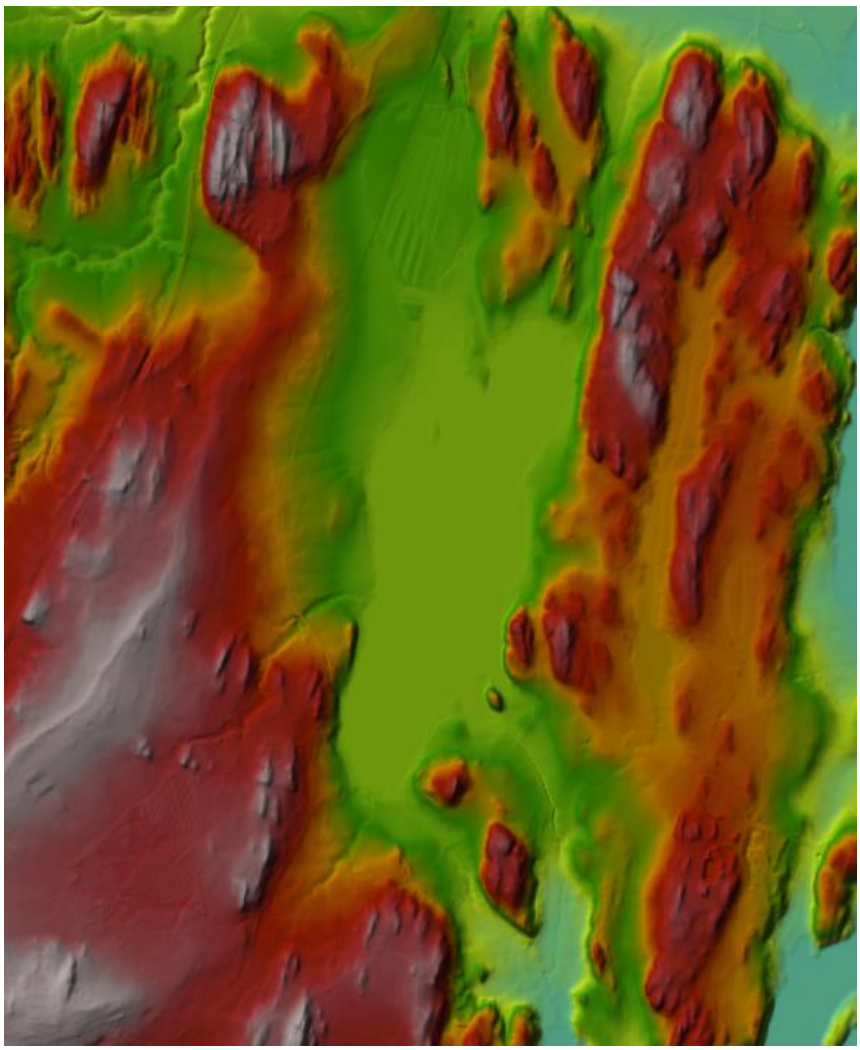
Klasse	**Klassifiseringskriterier**
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk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

4 Hydraulisk modell

Hydrauliske beregninger er utført i programvaren HEC-RAS v.6.3 (Brunner, 2016), som er utviklet av USACE. Det er kun flom som følge av rent vann og statisk geometri som er beregnet for gjentaksintervall på 200 år med klimapåslag (F2 i TEK 17). For strekningen som er modellert vurderes modellverktøyet som godt egnet.

4.1 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), se Figur 4-1. En del av strekningen som er modellert ble laserskannet i 2022 med 10 pkt. pr m^2 i prosjektet Grenland Vestfold Øst og en del av strekningen som er modellert ble laserskannet i 2016 med 5 pkt. pr m^2 i prosjektet NDH Vestfold. Det er forutsatt at de stikkrenne som finnes i grøftene ikke er begrensende for grøftenes kapasitet til å lede vann ved dimensjonerende flom.



Figur 4-1: Kart som viser dagens terreng fra terrengmodell ved Akersvannet og Akersmyra.

4.2 Sikkerhetspåslag

NVEs veileder *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* anbefaler å ta hensyn til usikkerheter i flomberegningene og de hydrauliske beregningene (NVE, 3/2022). Ut ifra vurderinger av usikkerheter, er det gjort en klassifisering av flomberegningen i klasse 2, se avsnitt 3.5. Den hydrauliske modellen benyttet i denne vurderingen vurderes å være i klasse E.

Videre anbefaler veilederen å bestemme et prosentvis påslag på vannføringen som kjøres i hydraulisk modell. Ut ifra klassifiseringen av flomberegningen og den hydrauliske modellen, legges det til et sikkerhetspåslag på 45%.

Tabell 3-8: Sikkerhetspåslaget avhenger av flomberegningen og klassifisering av hydraulisk modell (NVE, 3/2022).

Prosentvis påslag på vannføringen

Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5
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 %

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2

Sikkerhetspåslaget legges til beregnet dimensjonerende vannføring med 20 % klimapåslag frem mot år 2100.

Tabell 4-9: Benyttede flomverdier med klima- og sikkerhetspåslag.

Navn	**Q_{200}, dim.** *m^3/s*
Akersmyra	5.74
Akersvannet	19.9

4.3 Modelloppsett

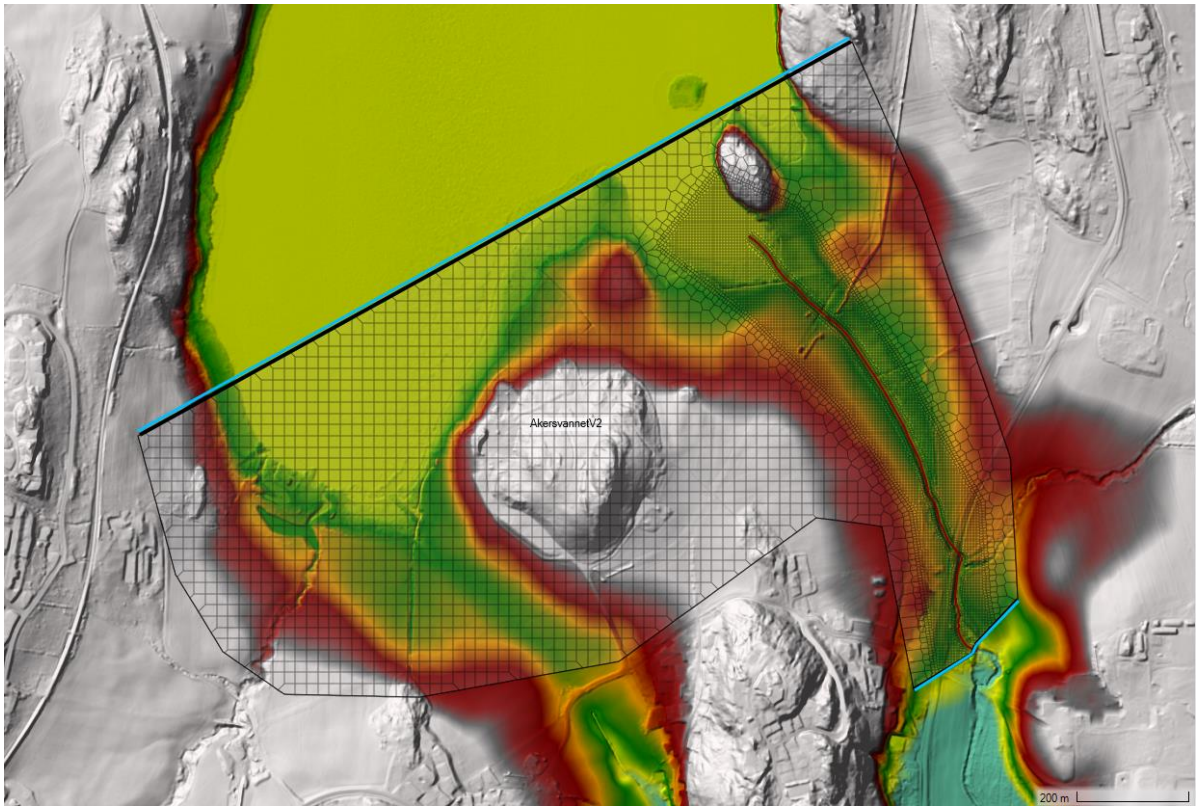
4.3.1 Modellens geometri

Det har blitt satt opp to hydrauliske modeller for å vurdere flomfare for Akersmyra. Først er det satt opp en 2D-modell av utløpet til Akersvannet, vist i Figur 4-2. Denne modellen har cellestørrelse mellom 20x20 meter og 2x2 meter.

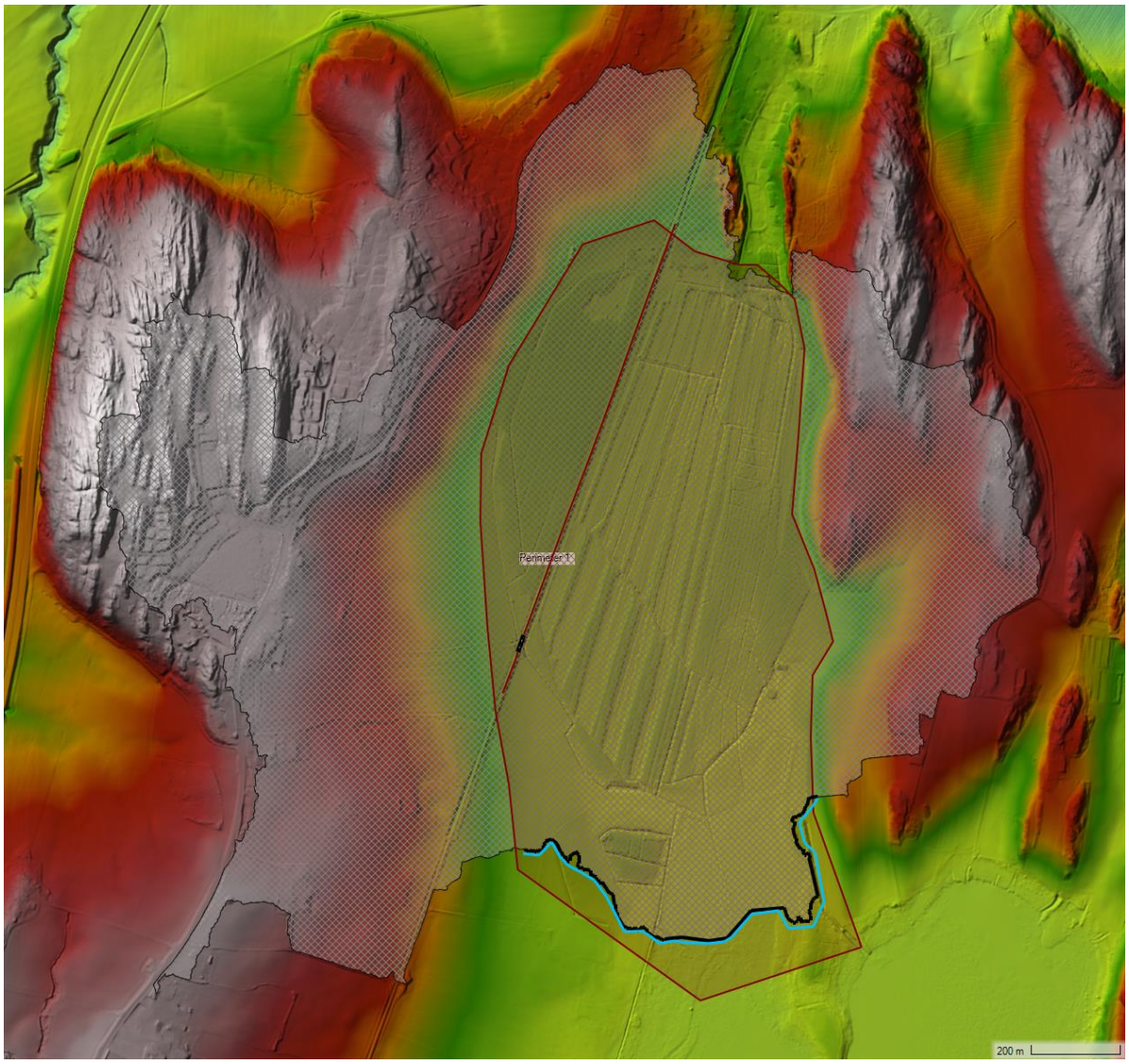
Videre er det satt opp en egen modell for Akersmyra, som benytter beregnet flomvannstand i Akersvannet som nedstrøms grensebetingelse. Denne 2D-modellen har cellestørrelser mellom 20x20 meter og 3x3 meter.

En 2-dimensjonal hydraulisk modell beregner vannstander og vannhastigheter for brukerdefinerte beregningsceller basert på topografi og ruhet. Modellen egner seg godt til å modellere situasjoner der strømningshastigheten og retningen ikke nødvendigvis er entydig, slik den kan være der flomvann strømmer over flomsletter.

Mannings n-verdi er satt lik 0.03 for alle 2D-områder basert på erfaringsverdier for lignende terreng.



Figur 4-2: Kart som viser avgrensning av analyseområdet for den hydrauliske modellen for utløpet til Akersvannet.



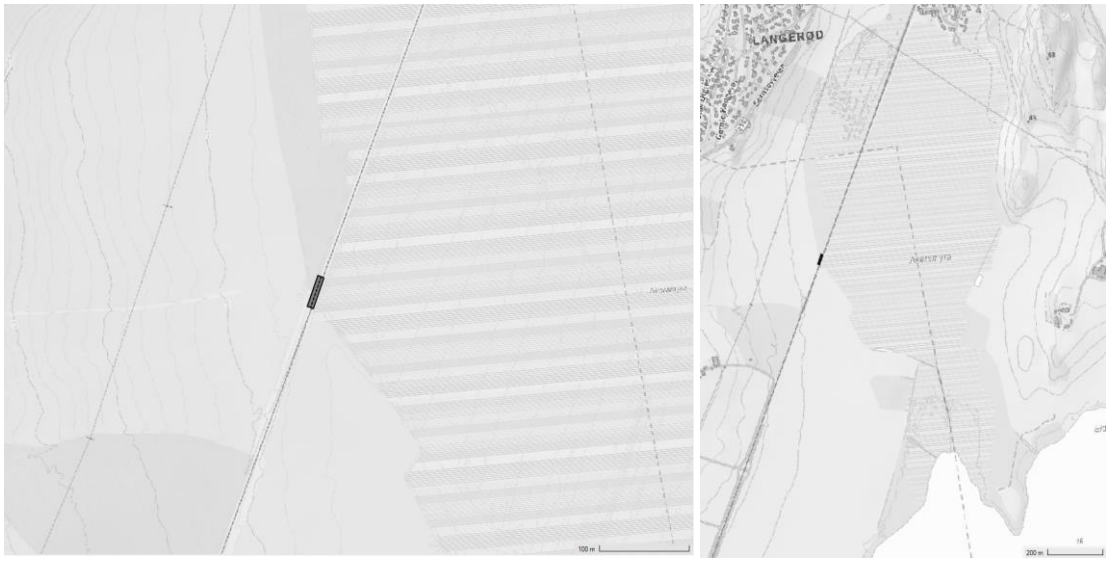
Figur 4-3: Kart som viser avgrensning av analyseområdet for den hydrauliske modellen for Akersmyra.

4.3.2 Konstruksjoner i vannveien

Det er langt inn en bru og en kulvert i vannveien i den hydrauliske modellen for Akersvannet, og en kulvert i den hydrauliske modellen for Akersmyra. Plasseringen av konstruksjonene i vannveien for Akersvannet er vist i Figur 4-4 og i Figur 4-5 for Akersmyra.



Figur 4-4: Plassering av bru (til venstre) og kulvert (til høyre) med to løp i utløpet til Akersvannet er vist i mørk grå farge.



Figur 4-5: Plassering av kulvert under jernbanen i Akersmyra.

Data for de ulike konstruksjonene er målt inn på befaring av vassdraget datert 15. mai 2023. Dataen er presentert i Tabell 4-10 til Tabell 4-12.

Tabell 4-10: Dimensjoner til bru nedstrøms Akersvannet.

Konstruksjon	**Bredde** *m*	**Høyde veidekke** *m*
Bru	3.9	0.48

Tabell 4-4: Dimensjoner til kulvert nedstrøms Akersvannet.

Konstruksjon	**Lengde** *m*	**Bredde lysåpning** *m*	**Høyde lysåpning** *m*	**Antall kulvertrør**	**Form tverrsnitt**
Kulvert	17.5	2.36	2.45	2	Halv sirkel



Figur 4-6: Bilde av kulvert under jernbanen i Akersmyra.

Tabell 4-12: Estimerte dimensjoner til kulvert under jernbanen.

Konstruksjon	**Lengde** *m*	**Bredde lysåpning** *m*	**Høyde lysåpning** *m*	**Antall kulvertrør**	**Form tverrsnitt**
Kulvert	12	1	1.1	1	Rektangel

4.4 Grensebetingelser

4.4.1 Grensebetingelser for Akersvannet

Nedstrøms grense for Akersvannet er plassert i et snitt med høy helning hvor det er antatt at strømningen ikke er definert av nedstrøms betingelser. Her er det antatt normalstrømning med helning hentet fra terrengmodellen. Oppstrøms grense er en konstant vannføring lik flomvannføringen med gjentaksintervall på 200 år med klima- og sikkerhetspåslag (Tabell 4-9).

4.4.2 Grensebetingelser for Akersmyra

Nedstrøms grense er satt lik vannstanden i Akersvannet, beregnet til 16,04 moh (se kap 4.6.1). Denne vannstanden er hentet ut fra simuleringen av Akersvannet. Oppstrøms grense er et nedbørforløp over hele nedbørfeltet til Akersmyra. Nedbørforløpet er tilpasset slik at den maksimale vannføringen nedstrøms Akersmyra er omtrentlig lik flomvannføringen med gjentaksintervall på 200 år med klima- og sikkerhetspåslag (Tabell 4-9). I tillegg er det lagt vekt på å ha et korrekt volum i løpet av et døgn. Volumet i løpet av et døgn er tilpasset slik at vannføringen ut av modellen over et døgn i snitt er lik dimensjonerende døgnflom. Dimensjonerende døgnflom er funnet ved å dele flomvannføringen med 200-års gjentaksintervall med klima- og sikkerhetspåslag (Tabell 4-9) på momentanfaktoren 1.6. Nedbørforløpet og utløpshydrogram er vist i Vedlegg 3.

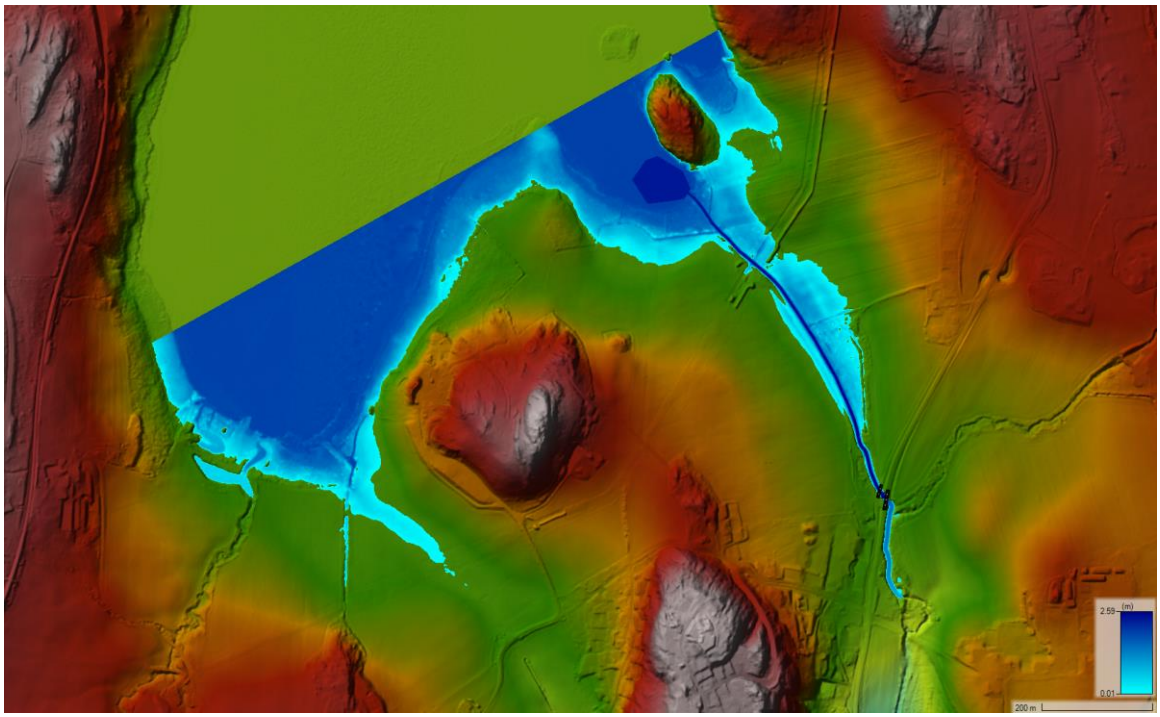
4.5 Følsomhetsanalyse og klassifisering av hydrauliske beregninger

Det er utført en følsomhetsanalyse ved å øke ruhet og vannføring med 20%. Resultatet av beregningene viser at modellen gir 0 - 0.15 m økt vannstand. Ut fra dette vurderes vannlinjeberegningene som lite følsomme.

4.6 Resultat av hydraulisk modellering

4.6.1 Akersvannet

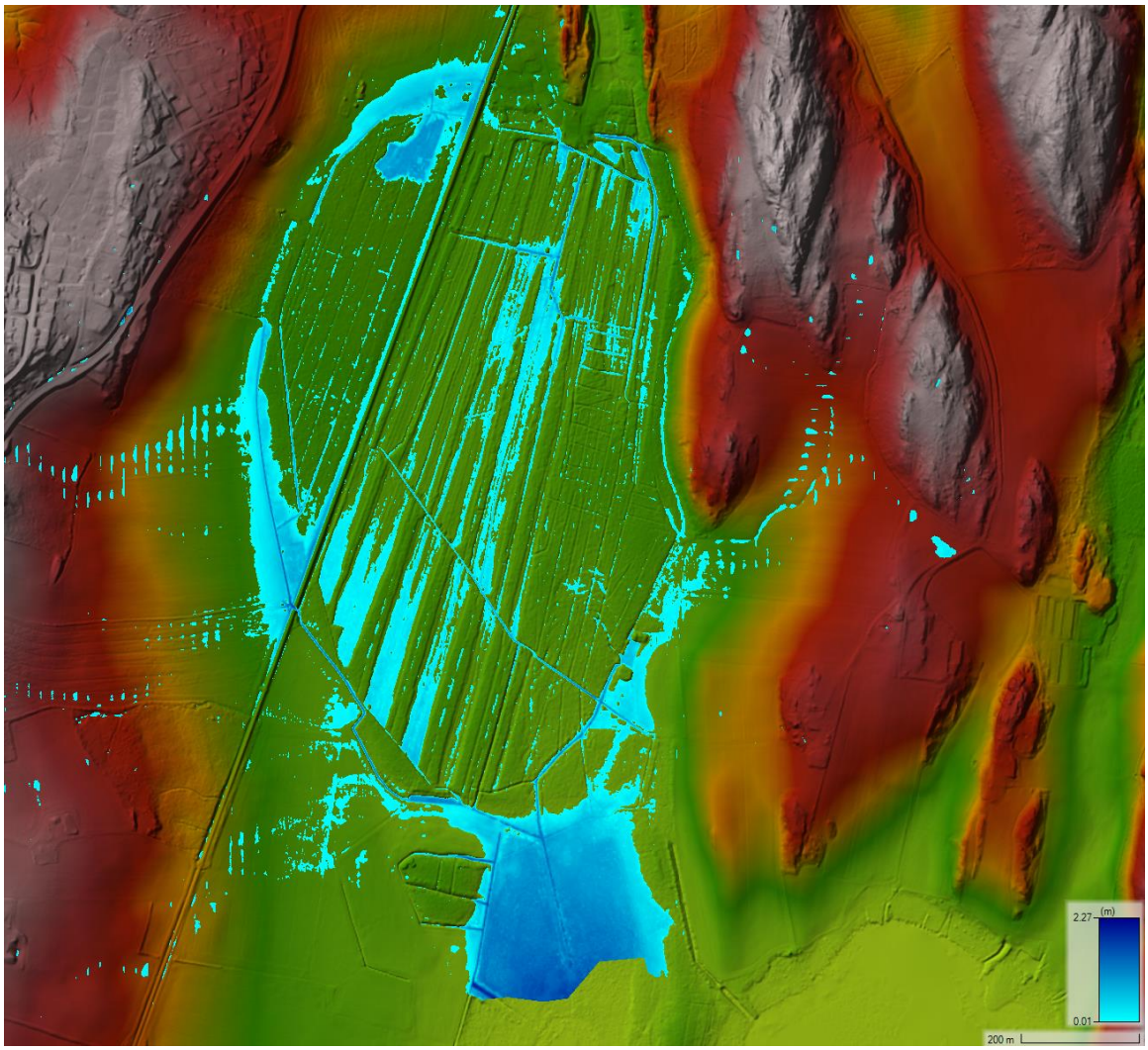
Et oversiktskart over den simulerte flomsonen er presentert i Figur 4-7. Simuleringen konvergerte til en vannstand på 16.04 m over NN2000 i Akersvannet. Kulvert og bru nedstrøms Akersvannet ble ikke overtoppet.



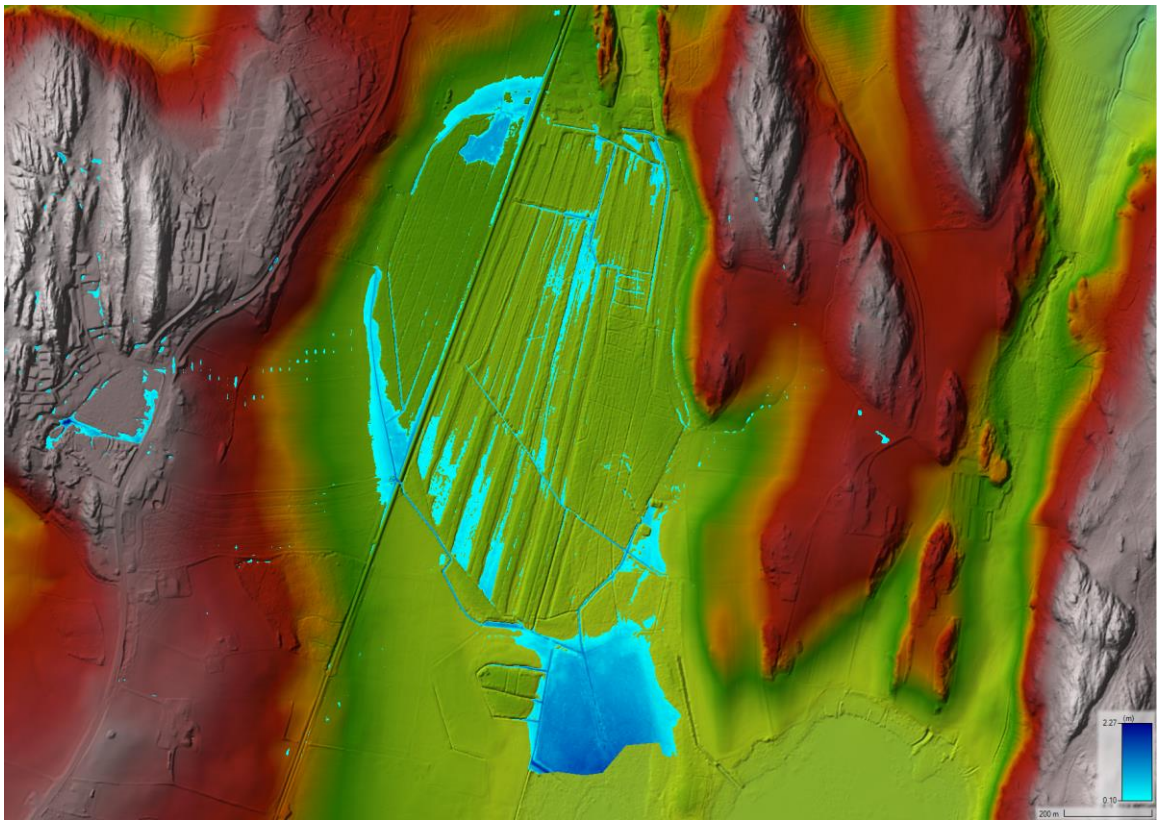
Figur 4-7: Oversiktskart over 200-års flomsone ved utløpet til Akersvannet med Manning's n-verdi på 0,03. Mørkere blå farge tilsvarer større dybde.

4.6.2 Akersmyra

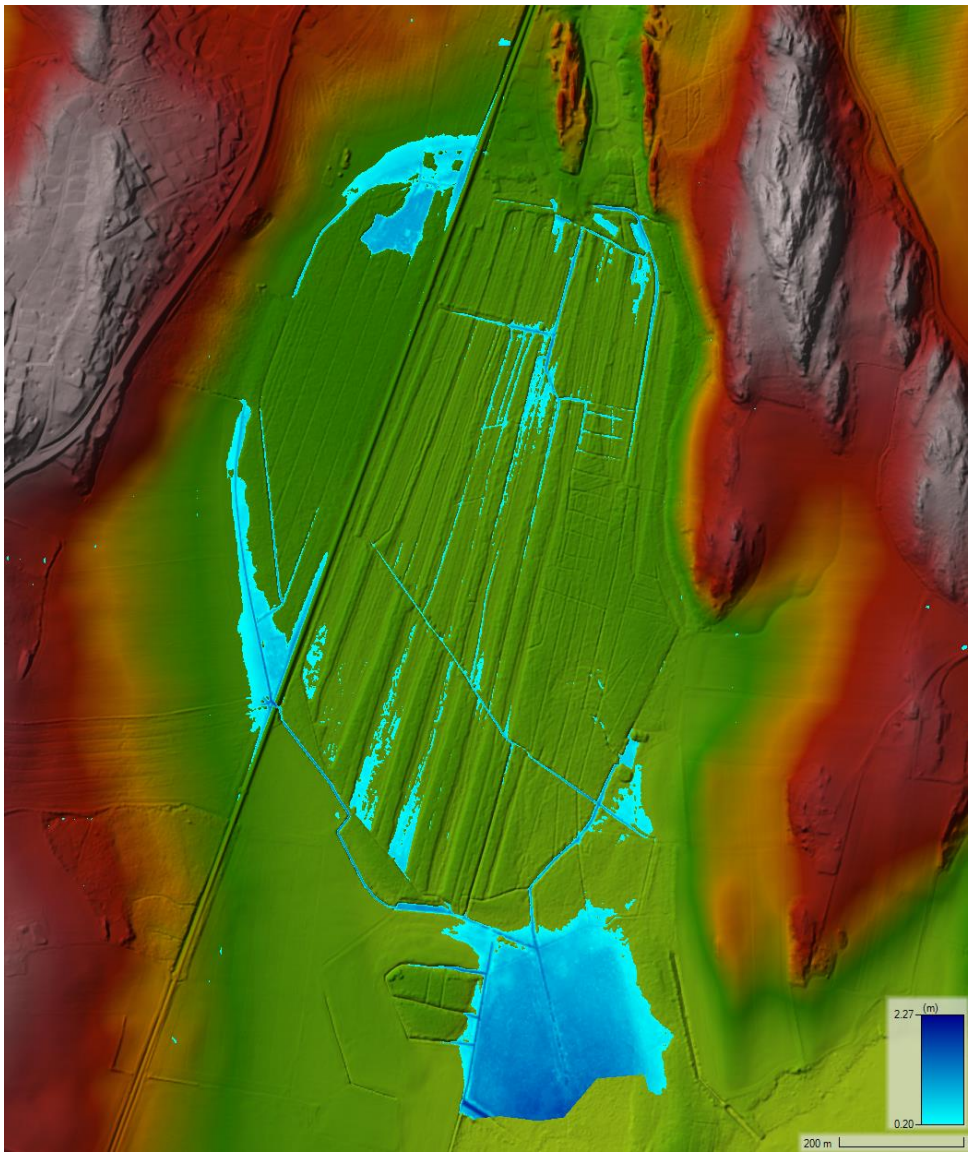
Flomsonen til Akersmyra er presentert ved hjelp av vanndybder i *Figur 4-8*, *Figur 4-9* og *Figur 4-10*. Vanndybdene ligger på det planlagte utbyggingsområdet mellom ca. 0-2.27 m. Kulverten under jernbanen ble ikke overtoppet, men er tydelig oppstuvet. *Figur 4-11* og *Figur 4-12* viser vannhastigheter på området, som ligger mellom ca. 0 - 3 m/s.



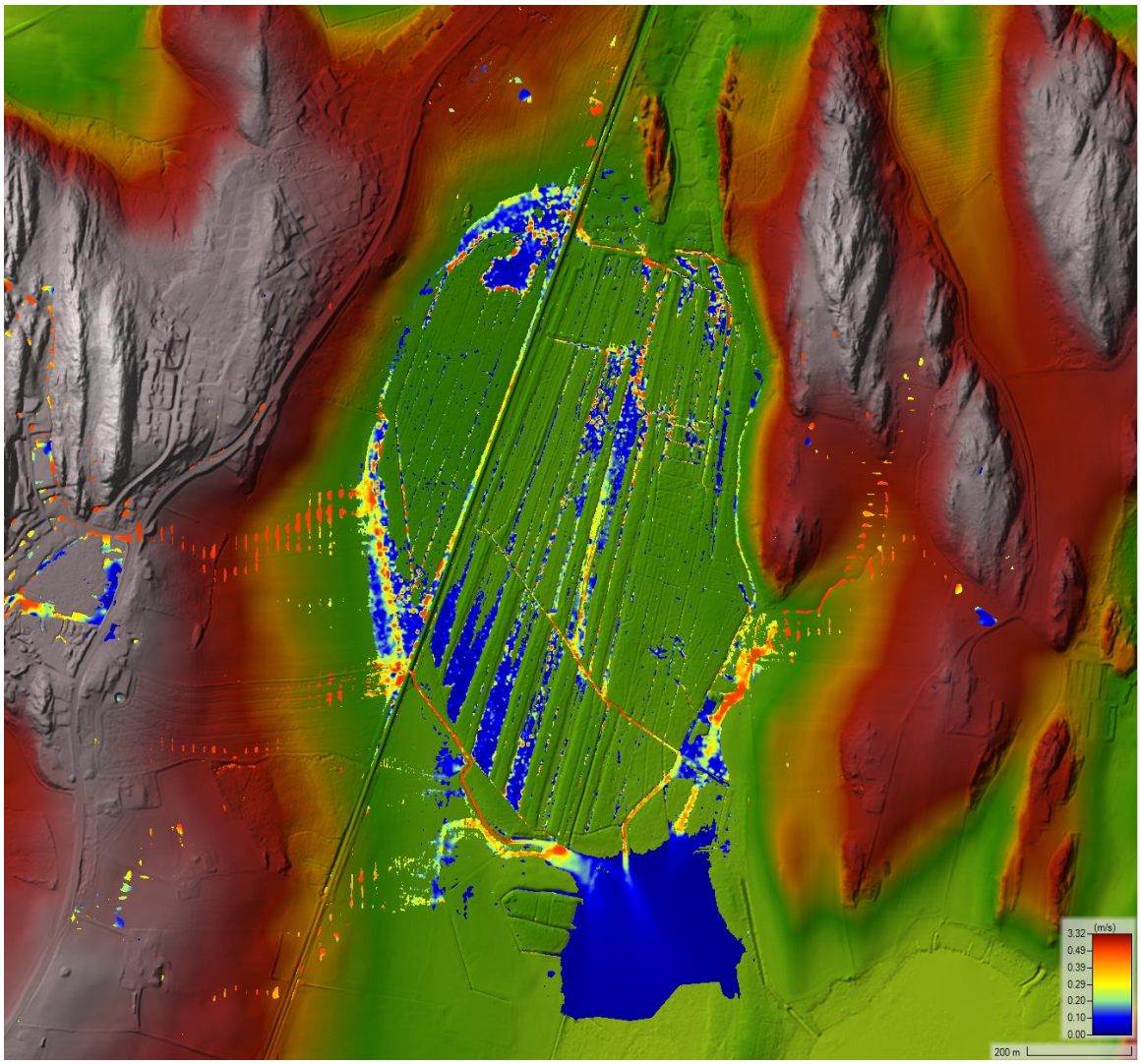
Figur 4-8: Oversiktskart over flomsonen med dybder større enn 0.01 m.



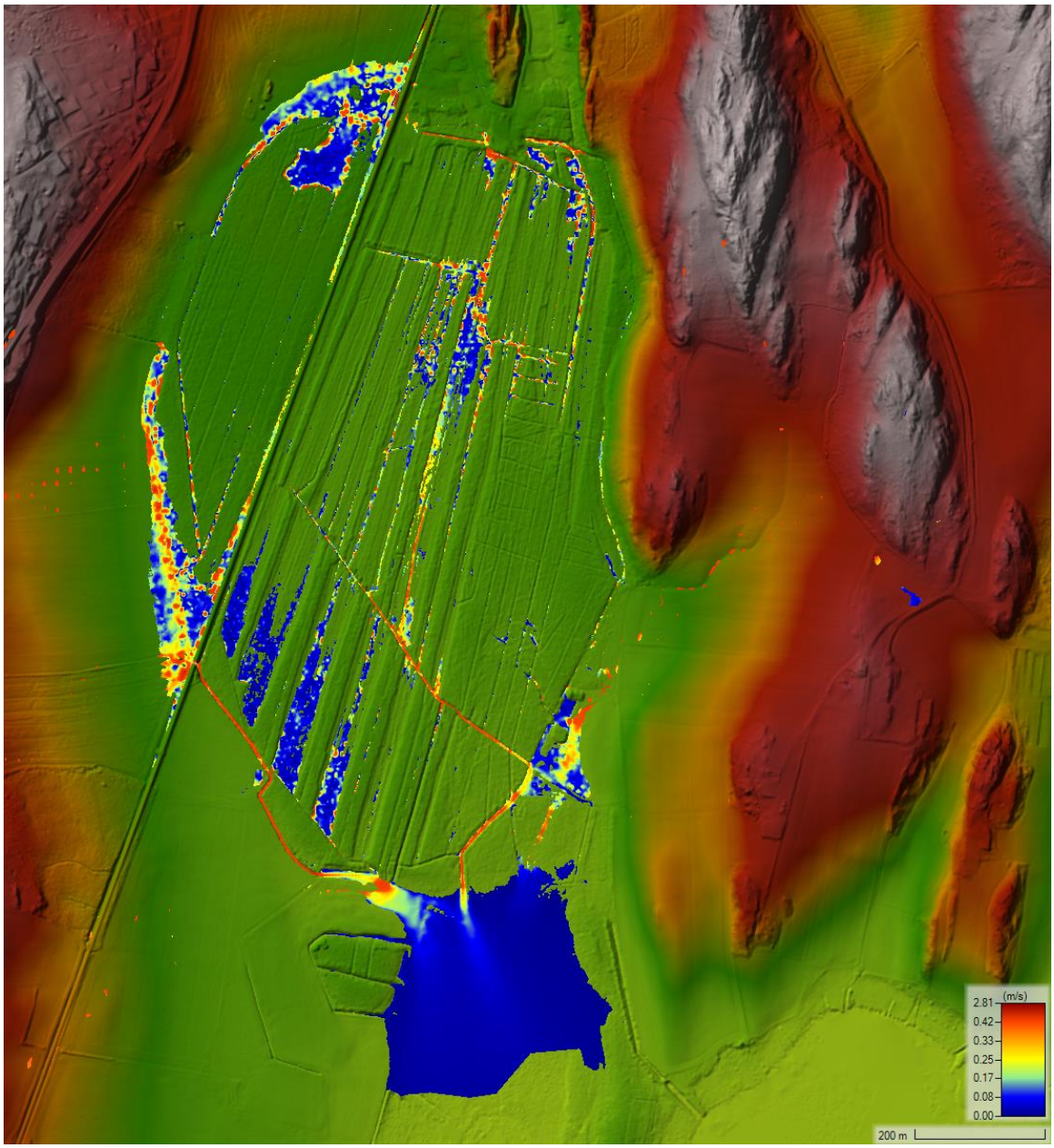
Figur 4-9: Oversiktskart over flomsonen med dybder større enn 0.1 m.



Figur 4-10: Oversiktskart over flomsonen med dybder større enn 0.2 m.



Figur 4-11: Oversiktskart over vannhastigheter med dybder større enn 0.01 m.



Figur 4-12: Oversiktskart over vannhastigheter med dybder større enn 0.1 m.

5 Overvannsvurdering

Arealendringer vil endre dreneringen og avrenningen i planområdet. I det følgende er utfordringer knyttet til overvann diskutert.

- **Erosjon**: Styrtregn som renner av solcellepanelene kan danne grøfter på dryppsiden og kraftig nedbør kan medføre erosjon på planområdet og grave ut nye vannveger. Planområdet er i dag forholdsvis flatt med grøfter. På areal med lite fall vil overvannet ha lav fart. Faren for erosjon og utvasking av løsmasser anses derfor som liten, men avhenger av hvordan terrenget bearbeides og løsmasser blottlegges. Tiltak mot overflateerosjon bør vurderes. Kart over vannhastigheter kan nyttes for å identifisere områder hvor erosjon kan oppstå (Figur 4-12).
- **Forringet vannkvalitet i Akersvannet**: Økt avrenning fra planområdet kan bidra til økt transport av sedimenter og næringsstoffer til Akersvannet med forringet vannkvalitet som følge. Solcellepanelene blir stående over bakken, men på bakkenivå vil det være en mindre økning av impermeable flater. Anleggsveier og avskoging vil redusere infiltrasjonen og bidra til økt spissavrenning. Planområdet utgjør en mindre del av nedbørfeltet til Akersvannet (14%). Det kan forventes en viss økning i spissavrenning til Akersvannet som følge av tiltaket. Arbeid under hogst- og anleggsfasen kan medføre økt massetransport.
- **Oversvømte solcellepanel:** For solcellestativene betraktes hendelser med noe lokal oversvømmelse som akseptabelt. Dog, solcellepanelene bør ikke legges i grøfter hvor man forventer at det vil samle seg vann (Figur 4-8, Figur 4-9 og Figur 4-10). Etablering av stativ og anleggsveger må ikke påvirke avrenningstraséer uten å gjøre kompenserende tiltak. Dimensjoner og tilstand på eksiterende kulverter i grøfter bør vurderes i detaljfasen.

6 Konklusjon

Det er utført flomfarevurdering inkludert flomberegning og hydraulisk modellering og overvannsvurdering for Sem solkraftverk.

200-årsflom er beregnet med to ulike metoder. For å hensynta fremtidige klimaendringer og usikkerheter i modellering og beregninger er det lagt til henholdsvis 20% og 45% på denne flomverdien. Dimensjonerende flomverdi for Akersmyra blir dermed 5,74 m^3/s.

Kulverten under jernbanen var innenfor sikkerhetsområdet for jernbanen og ble ikke målt opp på befaring. Kulverten var synlig gjentettet. Før utbygging må kulverten restaureres. I simuleringene er kulverten antatt gjenåpnet og dimensjonene på kulverten er antatt visuelt. Flomfaren vest for jernbanen er svært avhengig av dimensjonene på denne kulverten, og dersom kulvertens dimensjoner etter restaurering er mindre enn det som er benyttet i simuleringen kan ikke resultatet av denne rapporten stoles på. Resultatet vest for jernbanen bør tolkes i lys av denne usikkerheten.

Beregningene viser at det er mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom på deler av planområdet øst for jernbanen, hvor det ikke står vann (Figur 4-8). Figur 4-9 og Figur 4-10 viser at vanndybdene på utbyggingsområdet er små. Ofte er vanndybdene under 0.1 m, og det er få områder hvor vanndybdene er større enn 0.2 m utenfor grøftene. Figur 4-11 og Figur 4-12 viser at vannhastighetene vanligvis er lave utenfor grøftene (0-3 m/s).

Større kanaler kan etableres for å unngå flom. Alternativt kan solcellepanelene plasseres på fundamentering som tåler belastningen av den dimensjonerende flomhendelsen. Endringer i terrenget eller konstruksjoner vil endre flomforløpet og nye beregninger vil måtte gjennomføres.

Overvannsvurdering er beskrevet i kapittel 5, og beskriver utfordringer knyttet til erosjon, oversvømmelse og økt massetransport til Akersvannet.

Referanser

Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 5.0.* US Army Corps of Engineers.

Direktorat for byggkvalitet. (2017). *Bygteknisk forskrift.* Direktorat for byggkvalitet.

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

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

Norsk Klimaservicesenter. (Oppdatert januar 2020). *Klimaprofil Hordaland.* Norsk Klimaservicesenter.

NVE. (1/2022). *Veileder for flomberegninger.* NVE.

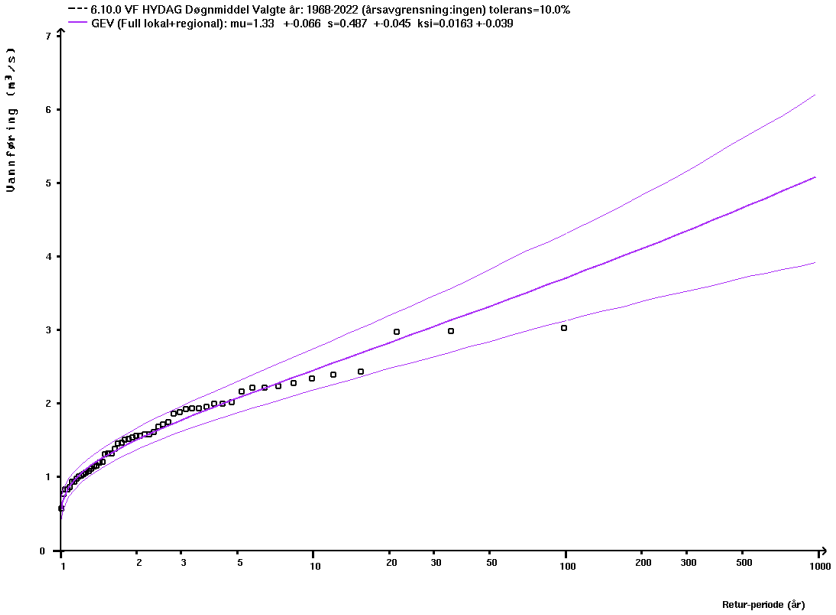
NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger.* Grethe Holm Midttømme, Lars Evan Pettersson: NVE.

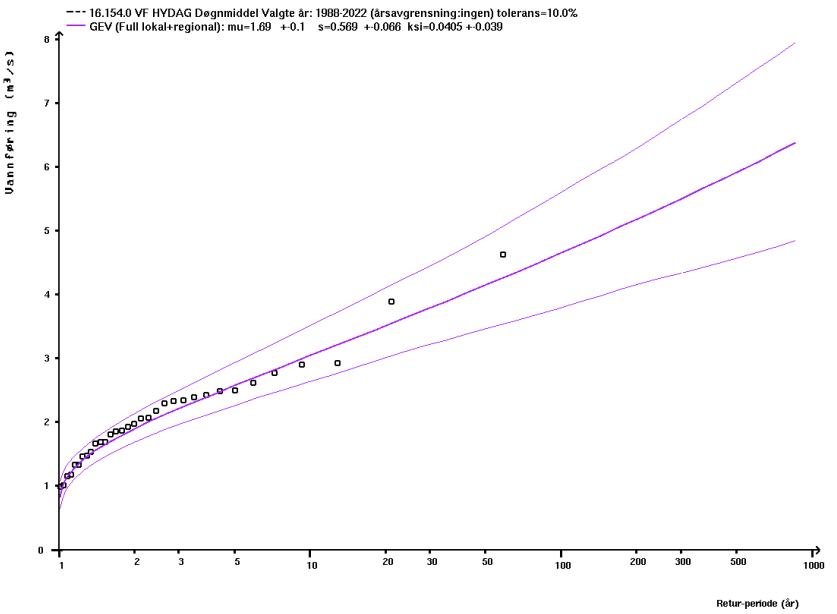
NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.* Glad, Per Alve; Stenius, Seija; Væringstad, Thomas; Wang, Thea Karoline, NVE.

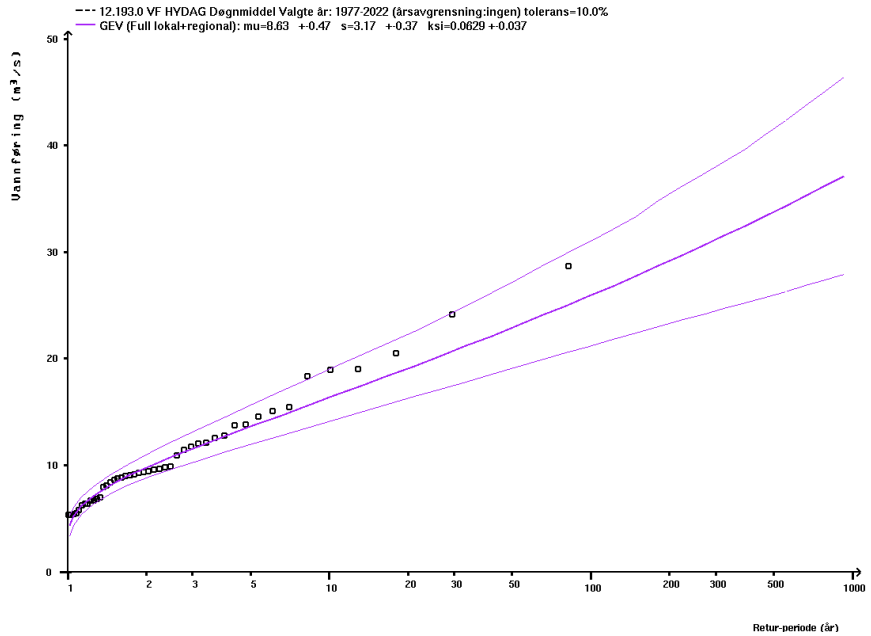
NVE. (3/2022). *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak.* Bakkan, M.; Bjerke, P.L.; Bønsnes, T.E.; Eggen, I.; Flatøy, A.; Herje, F.; Holt, O.F.; Humlen, E.F.; Jespersen, M.N.; Pedersen, T.B.; Roald, C.M.; Sommer-Erichson, P.; Væringstad, T.

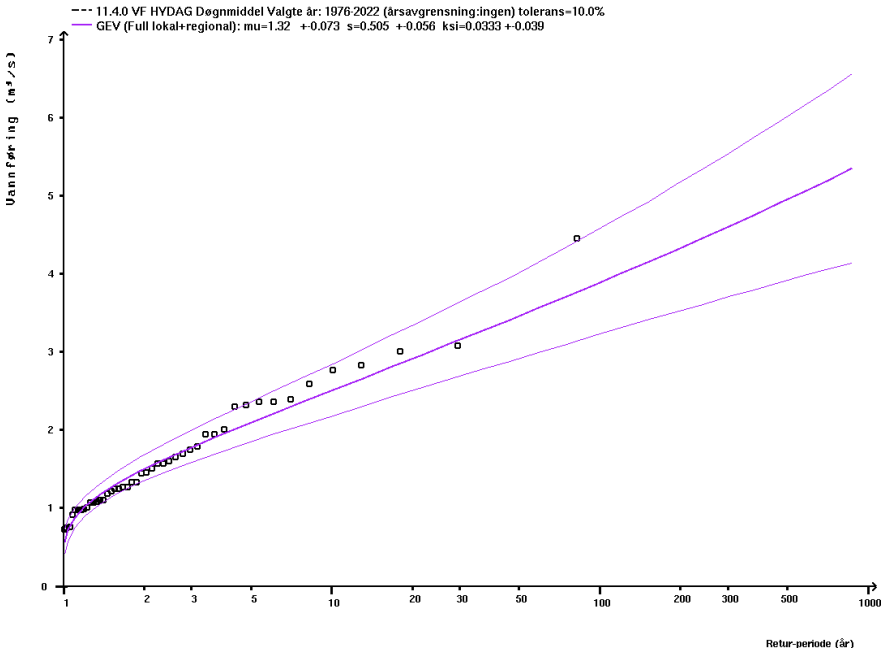
Vedlegg

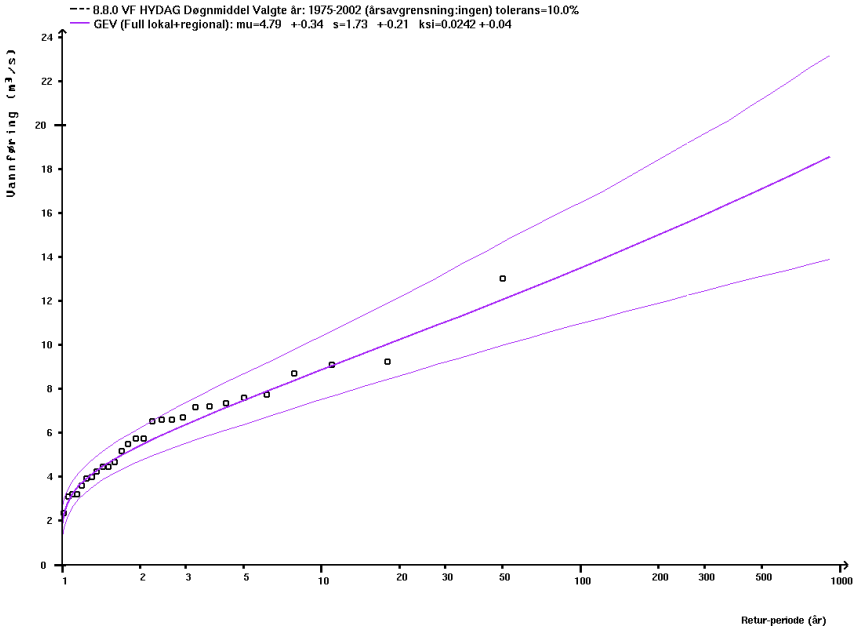
Vedlegg 1: Ekstremverdianalyse for benyttede referansevannmerker



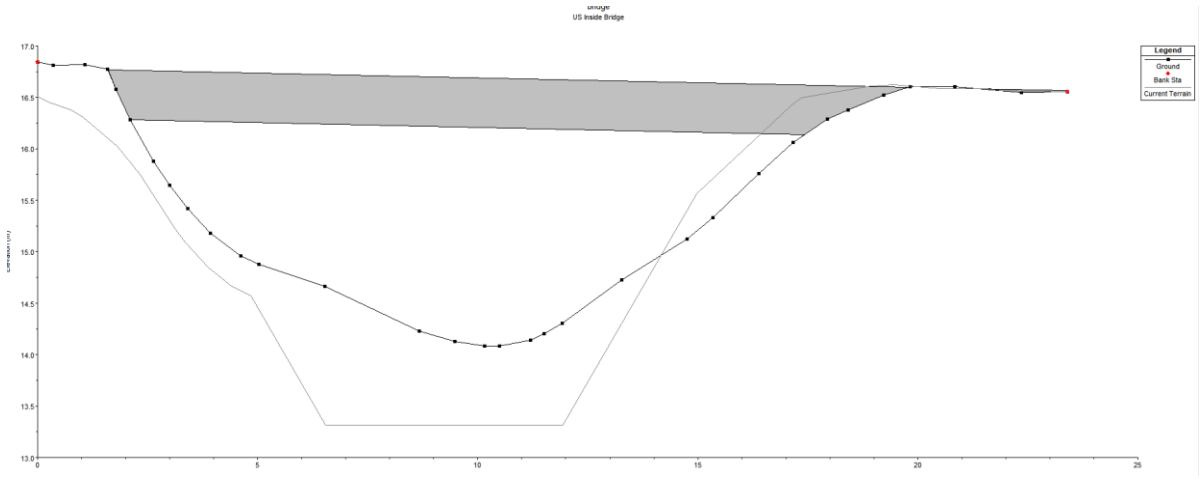



12.193.0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 1977-2022 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%
GEV (Full lokal+regional): mu=8.63 +-0.47 s=3.17 +-0.37 ksi=0.0629 +-0.037
Vannføring (m³/s)
Retur-periode (år)


11.4.0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 1976-2022 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%
GEV (Full lokal+regional): mu=1.32 +-0.073 s=0.505 +-0.056 ksi=0.0333 +-0.039
Vannføring (m³/s)
Retur-periode (år)


8.8.0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 1975-2002 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%
GEV (Full lokal+regional): mu=4.79 +-0.34 s=1.73 +-0.21 ksi=-0.0242 +-0.04
Vannføring (m³/s)
Retur-periode (år)

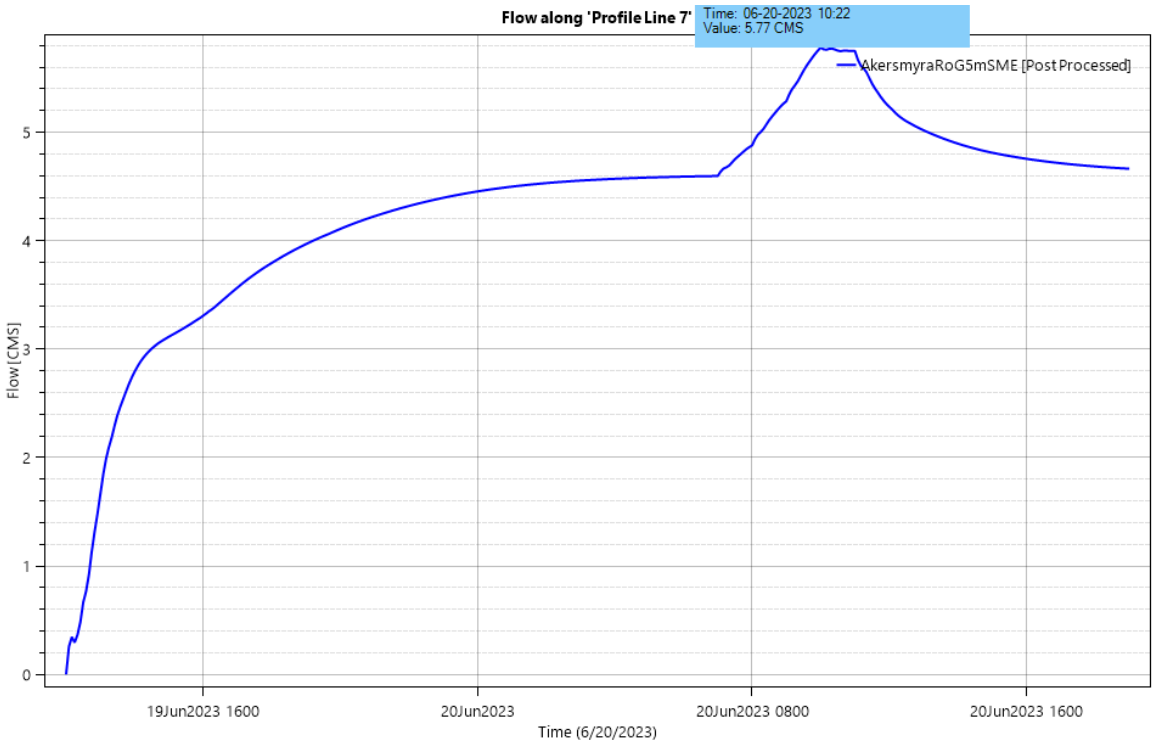
Vedlegg 2: Bru nedstrøms Akersvannet



Vedlegg 3: Inn- og utdata fra nedbør- avløpsmodell

Hydrograph Data

	Date	Simulation Time (hours)	Precipitation (mm)
1	19Jun2023 1200	0:00:00	7
2	19Jun2023 1300	1:00:00	7
3	19Jun2023 1400	2:00:00	7
4	19Jun2023 1500	3:00:00	7
5	19Jun2023 1600	4:00:00	7
6	19Jun2023 1700	5:00:00	7
7	19Jun2023 1800	6:00:00	7
8	19Jun2023 1900	7:00:00	7
9	19Jun2023 2000	8:00:00	7
10	19Jun2023 2100	9:00:00	7
11	19Jun2023 2200	10:00:00	7
12	19Jun2023 2300	11:00:00	7
13	19Jun2023 2400	12:00:00	7
14	20Jun2023 0100	13:00:00	7
15	20Jun2023 0200	14:00:00	7
16	20Jun2023 0300	15:00:00	7
17	20Jun2023 0400	16:00:00	7
18	20Jun2023 0500	17:00:00	7
19	20Jun2023 0600	18:00:00	7
20	20Jun2023 0700	19:00:00	7
21	20Jun2023 0800	20:00:00	8
22	20Jun2023 0900	21:00:00	9
23	20Jun2023 1000	22:00:00	10
24	20Jun2023 1100	23:00:00	9
25	20Jun2023 1200	24:00:00	7
26	20Jun2023 1300	25:00:00	7
27	20Jun2023 1400	26:00:00	7
28	20Jun2023 1500	27:00:00	7
29	20Jun2023 1600	28:00:00	7
30	20Jun2023 1700	29:00:00	7
31	20Jun2023 1800	30:00:00	7
32	20Jun2023 1900	31:00:00	7


Flow along 'Profile Line 7'
Time: 06-20-2023 10:22
Value: 5.77 CMS
AkersmyraRoG5mSME [Post Processed]
Flow [CMS]
0
1
2
3
4
5
19Jun2023 1600
20Jun2023
20Jun2023 0800
20Jun2023 1600
Time (6/20/2023)