

Oppdragsgiver	Navn Aevi Eiendom AS	Kontaktperson Rune Solstad
Oppdrag	Nummer og navn 22516 Aurskog-Høland – Flomfarevurdering for gbnr. 32/27, 32/33 og 32/37 detaljregulering for Ringneshagan	Oppdragsleder Ingvild Brekke
Dokument	Nummer 22516-01-1 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2023-02-01 Kontrollert av Petter Reinemo

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	01.02.2023	IB	PR	

Flomfarevurdering

Sammendrag

Det arbeides med detaljreguleringsplanen Ringneshagan på gbnr. 32/27, 32/33 og 32/37 i Aurskog-Høland kommune. I den forbindelse er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering av planområdet. Planområdet ligger nær Hølandselva som ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 (2) er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i Hølandselva, inkludert et klimapåslag på 20 %, er beregnet til 115 m³/s. Det er etablert to hydrauliske modeller: En en-dimensjonal modell for Hølandselva fra planområdet og ned til utløpet i Skulerudvannet, og en to-dimensjonal modell ved planområdet. Bruene nedover langs Hølandselva er målt opp og lagt inn i modellen. 50-årsvannstanden i Skulerudvannet ble satt til 119,64 moh. basert på frekvensanalyse av vannstand. Modelleringen bekrefter at vannstanden i Skulerudvannet og kapasiteten til bruene nedover Hølandselva er avgjørende for flomnivået ved samløpet.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17. Dimensjonerende flomnivå i Hølandselva er 122,8 moh. ved planområdet. Det bør benyttes et sikkerhetspåslag på 0,7 meter ved utbygging innenfor faresonen, noe som gir et flomsikkert nivå på 123,5 moh.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Et aktuelt risikoreduserende tiltak kan være å heve planeringshøyden til nytt bygg til over flomsikkert nivå. Planering må eventuelt utformes på en slik måte at nedstrøms bebyggelse ikke får økt ulempe.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Befaring	5
1.3	Forbehold	5
2	Krav til sikkerhet	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Flom	6
2.2.1	Aktuelle krav	7
3	Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold	8
3.1	Område og elveløp	8
3.2	Konstruksjoner	10
3.3	Grunnforhold	13
3.4	Erosjonsfare	13
4	Flomberegning	14
4.1	Metode	14
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	14
4.3	Beregning med utvalgte metoder	15
4.3.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	15
4.3.2	Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvanntføring	18
4.3.3	Regional flomfrekvensanalyse	19
4.3.4	Nedbør-avløpsmetoder	19
4.4	Klimaframskrivninger	19
4.5	Vurdering av resultater	19
4.5.1	Middelflom	19
4.5.2	Vekskurve	20
4.5.3	Sammenligning av de ulike metodene	20
4.6	Dimensjonerende vannføring	20
4.7	Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen	20
4.8	Nedstrøms forhold i vassdraget	20
4.8.1	Samtidighet	20
4.8.2	Flomvannføring nedstrøms	23
5	Hydraulisk modellering	24
5.1	Metode	24
5.2	Oppsett av 1-dimensjonal modell	24
5.2.1	Modelloppsett 1D-modell	24
5.2.2	Grensebetingelser 1D-modell	26
5.2.3	Tilpassing av 1D-modell	26
5.3	Oppsett av 2-dimensjonal modell	27
5.3.1	Modelloppsett 2D-modell	27

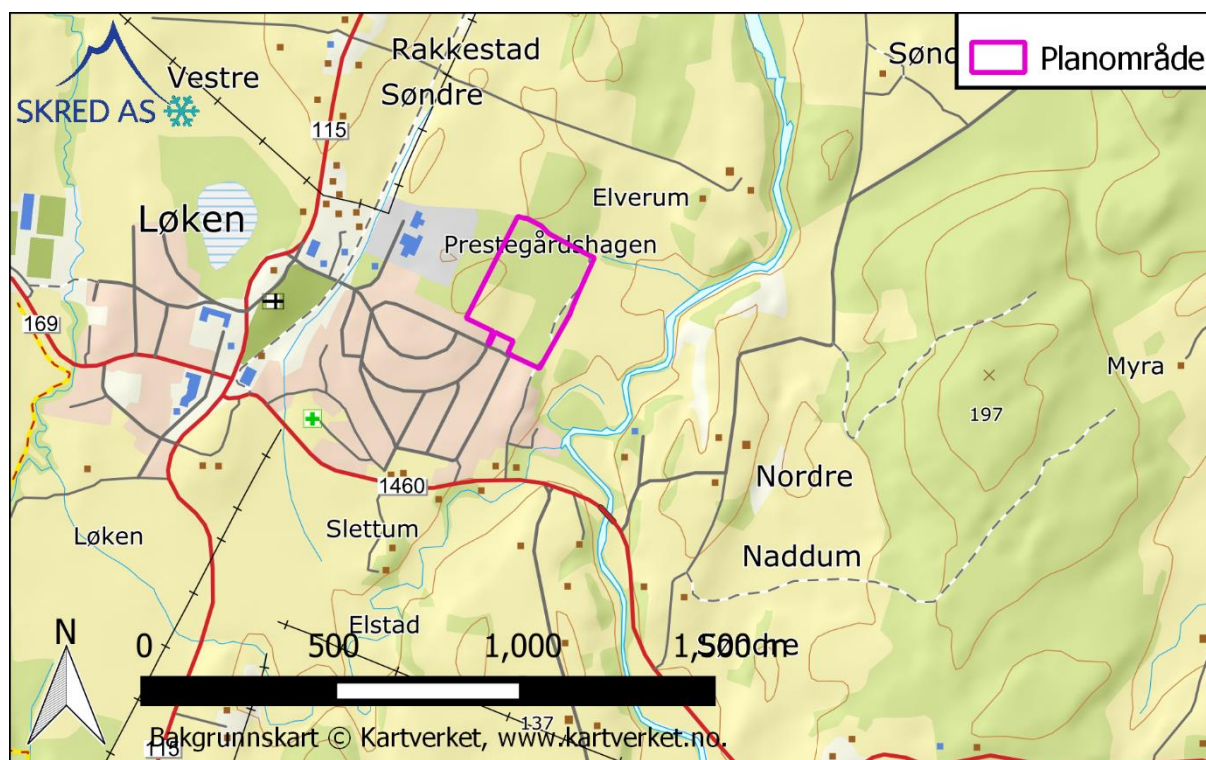
5.3.2	Konstruksjoner 2D-modell	27
5.4	Modellert fremtidig 200-årsflom.....	28
5.5	Følsomhetsanalyse	29
5.5.1	1D-modell	29
5.5.2	2D-modell	29
5.6	Klassifisering av den hydrauliske modellen.....	29
6	Faresoner for flom.....	30
7	Risikoreduserende tiltak.....	31
8	Konklusjon	32
9	Referanser	33

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det arbeides med detaljreguleringsplanen Ringneshagan på gbnr. 32/27, 32/33 og 32/37 i Aurskog-Høland kommune. I den forbindelse er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering av planområdet. Planområdet ligger nær Hølandselva og Prestelva som begge ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 (2) skal legges til grunn for vurderingene. Krav til sikkerhet mot erosjon gitt av TEK17 §7-2 (4) er vurdert av Norconsult (2021).

Beliggenheten til planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til planområdet, ved Løken i Aurskog-Høland kommune.

1.2 Befaring

Skred AS ved Ingvild Brekke og Lars Staver Eid har vært på befaring av de aktuelle elvestrekningene 11.12.2020 i forbindelse med et annet oppdrag. Det var overskyet, bar bakke, mye vann i elva og generelt gode befaringforhold. Registreringer ble gjort til fots og med drone.

1.3 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for flomforholdene. Det kan innbefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Informasjon om tidligere flomhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lowerket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

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 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2018).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).

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 paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

I forbindelse med bygging i alle områder hvor grunnen består av sprøbruddmateriale kommer NVEs retningslinjer og NVE-veileder nr. 1/2019 [2] til anvendelse. Sikkerhet mot erosjon og områdestabilitet følges opp av geoteknisk rådgiver.

2.2.1 Aktuelle krav

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet på forrige side, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet virker sikkerhetsklasse F2 aktuelt for planlagt tiltak.

3 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

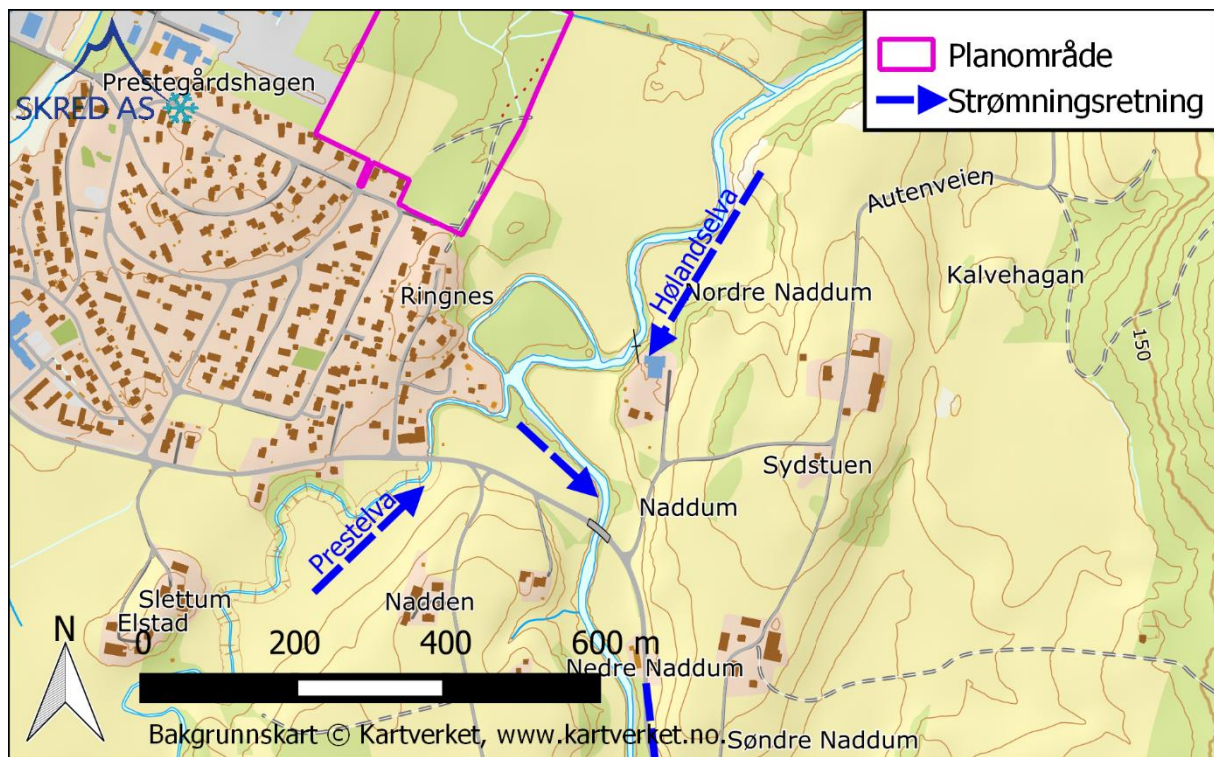
3.1 Område og elveløp

Planområdet ligger på nordsiden av Sandumveien, Fv. 1460. Prestelva renner på sørsiden av veien og meandrer mellom jorder bortover. På det nærmeste er den 70 meter fra planområdet i en yttersving. Veien ligger et nivå høyere enn elva, 4-5 meter over. Planområdet er i dag dyrket mark.

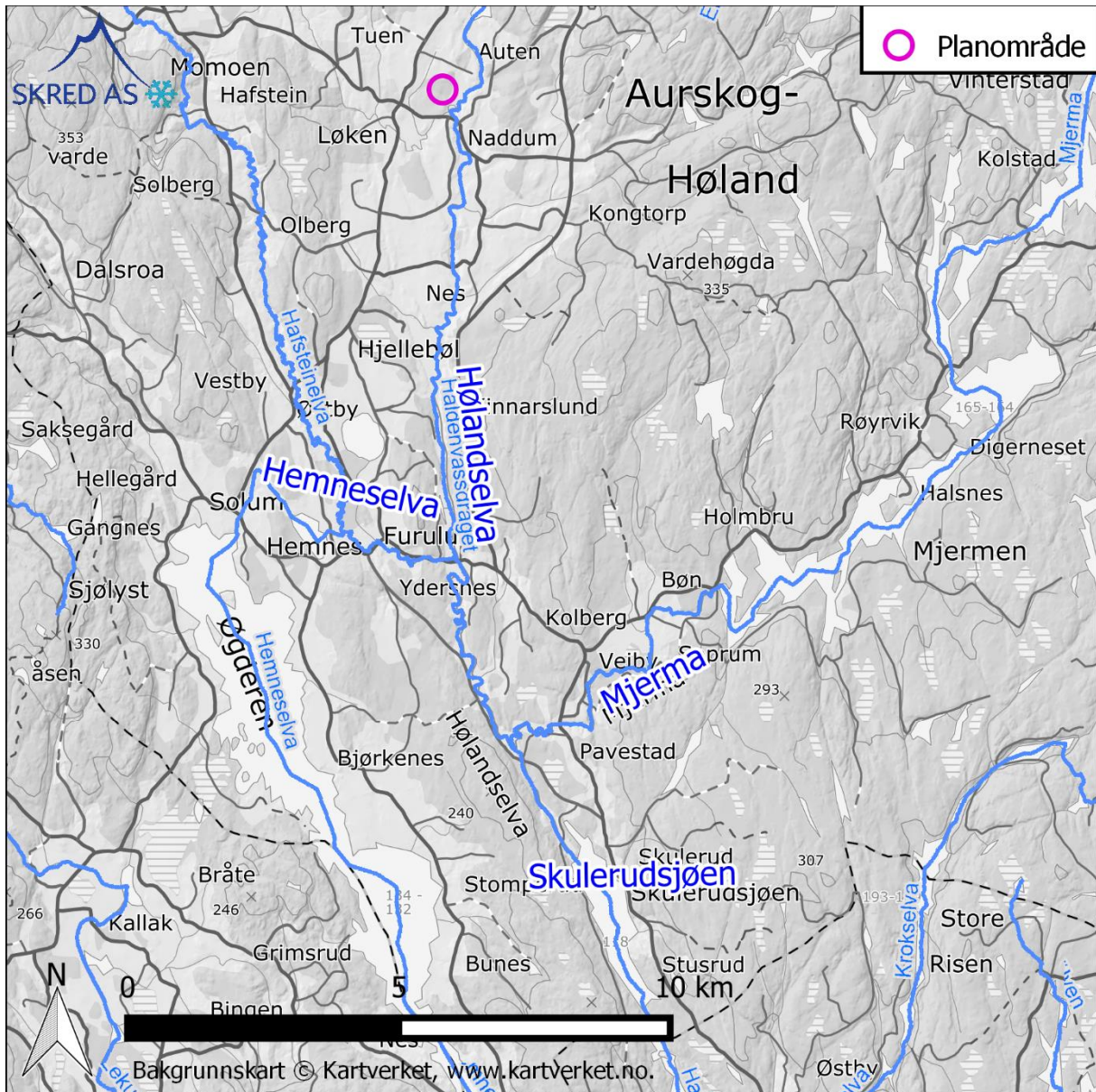
400 meter øst for planområdet renner Prestelva ut i Hølandselva, som renner sørover. 250 m etter samløpet renner Hølandselva under en stor bru for Fv. 1460. Elvegradienten forbi og nedstrøms planområdet er svært liten. Høydeforskjellen på vannlinja fra planområdet og ned til Skulerudsjøen rundt 15 km nedstrøms er fra nasjonal høydemodell indikert til kun rundt 1,0 m. Eventuell begrenset kapasitet under flere bruer nedover elva vil dermed kunne påvirke vannlinja ved planområdet.

Det er ikke gjort registreringer av bunnforholdene av elvene ifm. befaring. Basert på elvenes slake og sakteflytende karakteristikk forventes elvebunn å utgjøres av fine avsetninger som vil yte liten friksjon mot vannmassene.

Figur 2 og Figur 3 viser et oversiktskart over området og elveløpene, mens Figur 4 viser et dronebilde av samløpet.



Figur 2: Oversiktskart over vurdert område og elveløp.



Figur 3: Vassdrag nedstrøms planområdet.



Figur 4: Dronebilde av samløpet til Prestelva (til venstre) og Hølandselva sett nordover. Planområdet er omtrentlig markert i rosa.

3.2 Konstruksjoner

Figur 5 til Figur 8 viser bruer som forventes å kunne ha en oppstuvende effekt på vannlinja. Ved et par andre bruer er omliggende terreng lavere enn underkant bru, så der er ikke brudekket modellert.



Figur 5: Bru Fv. 1460 over Hølandselva 500 m øst for planområdet.



Figur 6: Bru 2,8 km nedstrøms planområdet.



Figur 7: Bru 8,3 km nedstrøms planområdet.



Figur 8: Bru 12 km nedstrøms planområdet.

3.3 Grunnforhold

Ifølge grunnundersøkelsene for planområdet (Løvlien georåd, 2019) består de lavereliggende områdene ned mot Prestelva og Hølandselva av marine avsetninger av homogen leire, mens det i de høyereliggende områdene er tørrskoprelerie, sand og grus over berg. Det er påvist forekomster av kvikkleire og sprøbruddmateriale i området.

3.4 Erosjonsfare

I henhold til krav i TEK17 skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Erosjonsfaren har blitt vurdert av Norconsult (2021) på befaring med kommunen, og de har kommet frem til at det ikke er aktuelt for planområdet.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika. Metodene benyttet i flomberegningene er beskrevet under.

Veileder for flomberegninger (NVE, 2022) er lagt til grunn for flomberegningen.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

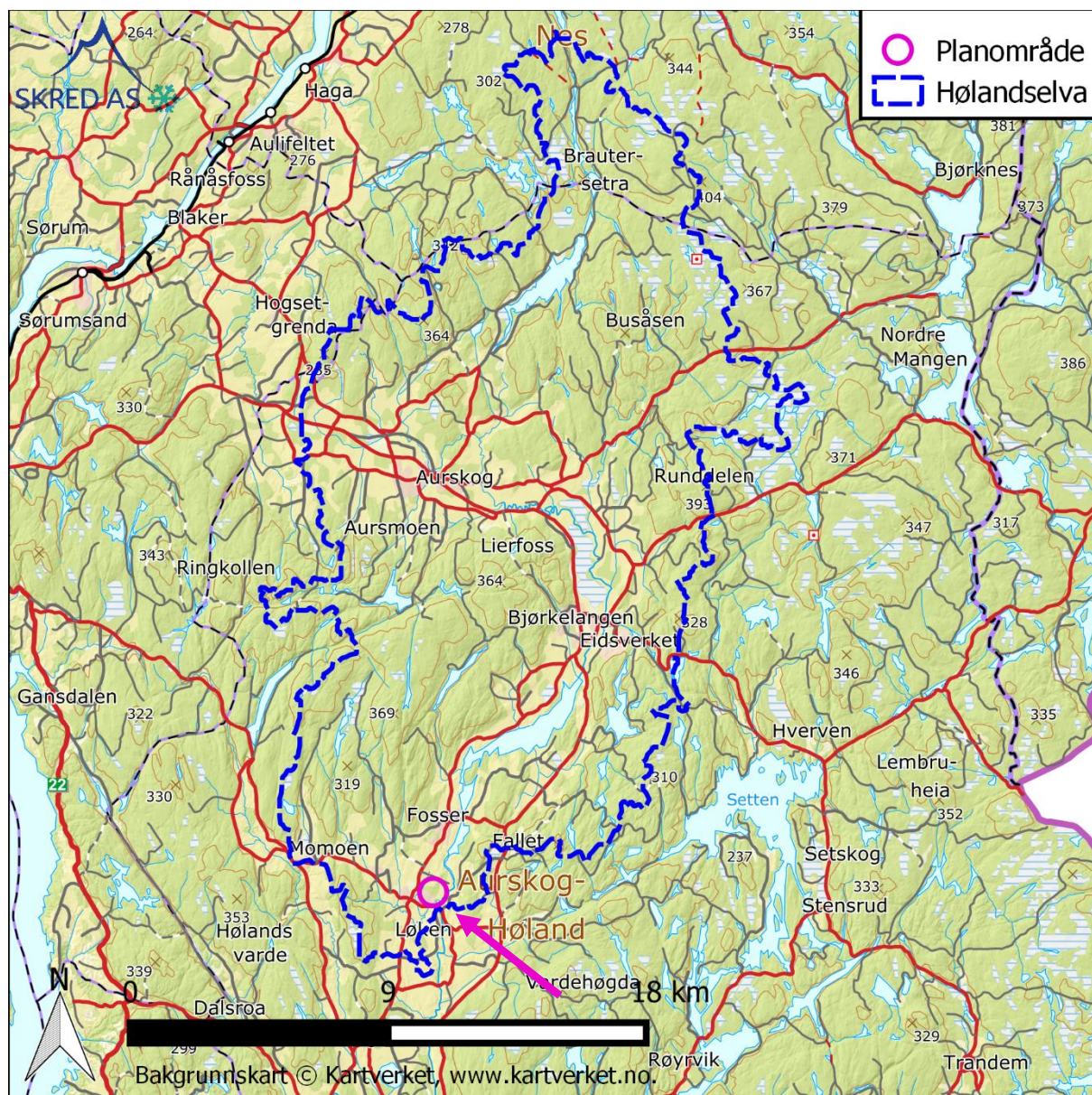
Nedbørfeltet til Hølandselva begynner i Nes kommune og drenerer sørover. Det er flere innsjøer, blant annet Bjørkelangen, som bidrar til den effektive sjøprosenten. Mesteparten av nedbørfeltet består av skog, men også en del dyrket mark i tilknytning til vegnettet. Feltet er veldig flatt, og har en elvegradient på 2 m/km. Både Bjørkelangen og Maltjenn er regulert for kraftproduksjon, og flere mindre innsjøer er demmet opp trolig med vannforsyning som formål. Regulerings høyden i Bjørkelangen og Maltjenn er kun 1-2 m. For store returperioder forventes den flomdempende effekten av reguleringa å avta, slik at flommer med høy returperiode forventes å ha tilnærmet uregulerte forhold.

Feltkarakteristika til elvene er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 9.

Tabell 2: Feltkarakteristika til Hølandselva.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N * [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Dyrket [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Hølandselva	321	14	1.1	72	16	0	119-407

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



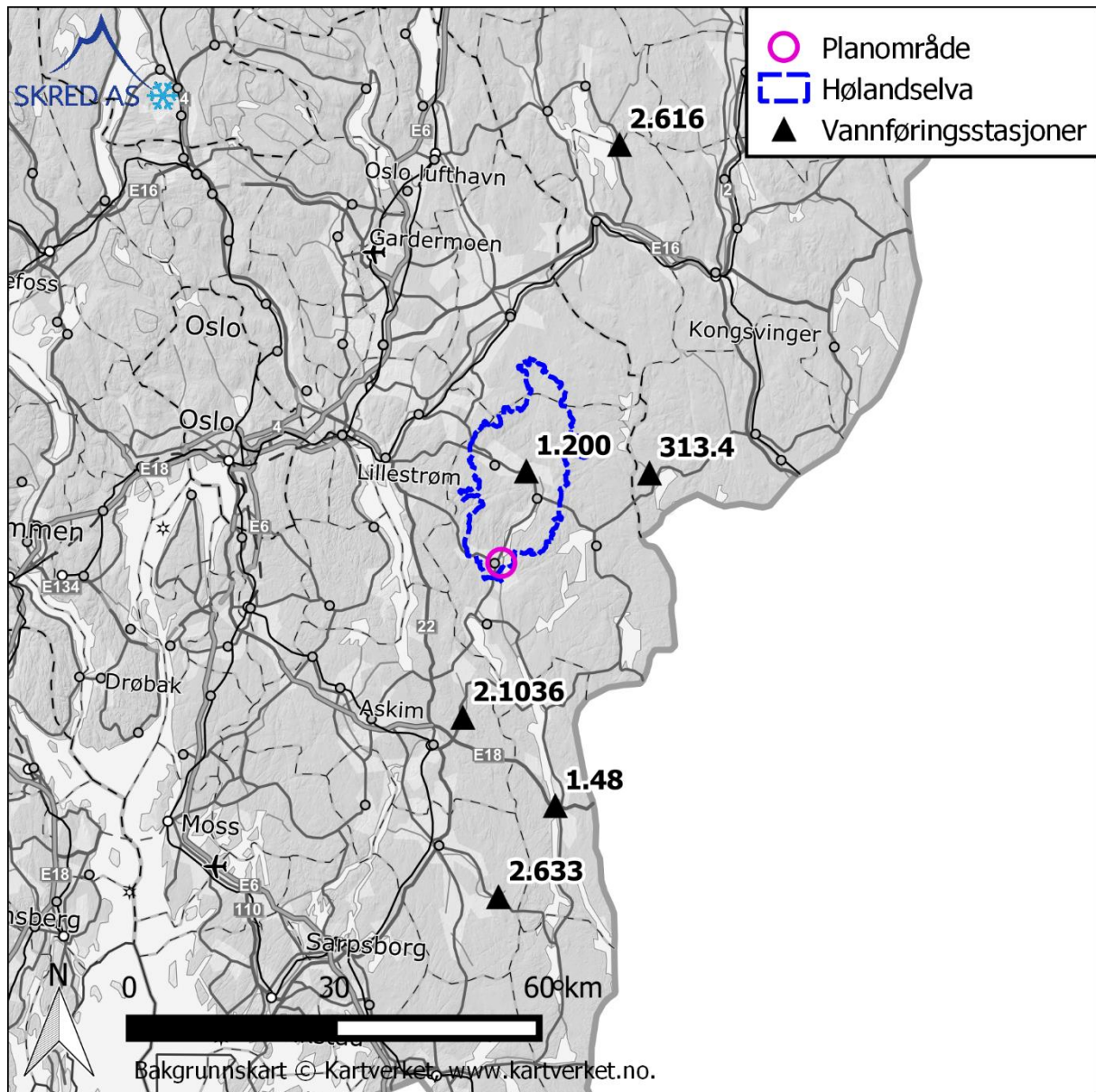
Figur 9: Feltgrensene til Hølandselva. Pila markerer Løken.

4.3 Beregning med utvalgte metoder

4.3.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Målestasjonen 1.200 Lierelv ligger oppstrøms i Hølandselva og har 10 år med målinger, men den er vurdert som uegnet for flomanalyser av NVE. Målestasjonen 1.48 Ørje ligger lenger nede i vassdraget (1007 km²), men har en reguleringsgrad-areal på 1,0. Det er valgt å benytte disse stasjonene for å vurdere spesifikk avrenning, men ikke flomforholdene. Det er derfor funnet et annet større utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i elvene. Indikasjonen fås gjennom beregning og vurdering av spesifikk middelflom og flomfrekvensanalyse, samt analyse av feltkarakteristika opp mot aktuelt nedbørfelt.

I *Tabell 3* er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig kvalitet. Middellavrenning (q_n) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 11 og beliggenhet er vist i Figur 10.

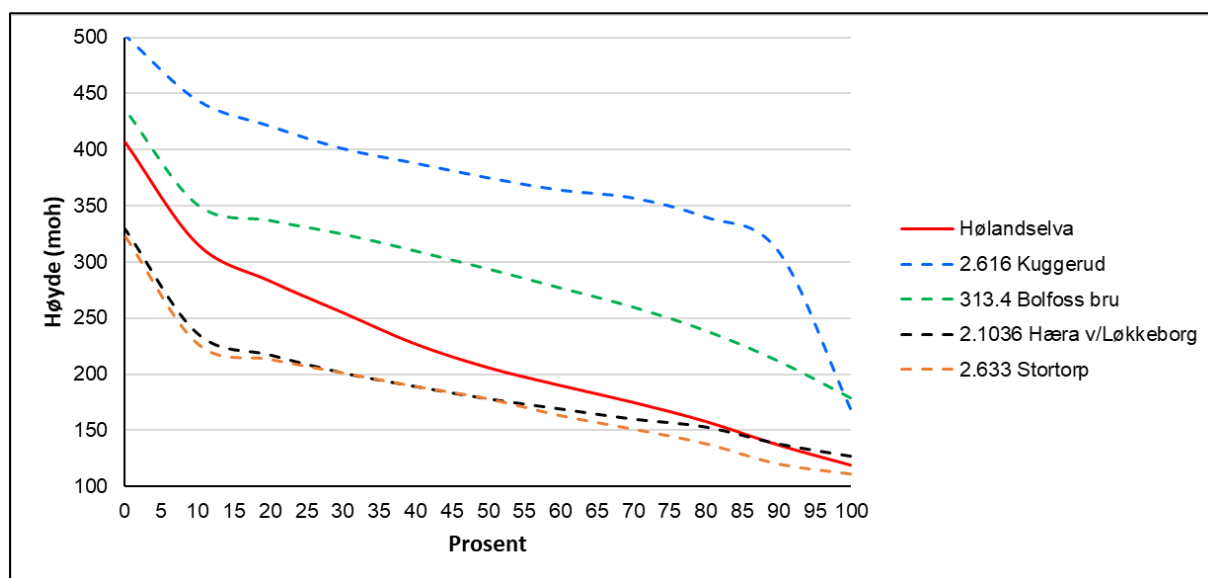


Figur 10: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

Tabell 3: Utvalgte målestasjoner som er vurdert representative for Hølandselva.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Målinger [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Dyrket [%]	Høyde [moh]
Hølandselva	321	-	14*	1.10	72	16	119-407
1.200 Lierelv	133	2011-2020	16	0.59	74	16	134-407
1.48 Ørje	1007	1964-2012	15	2.33	73	13	92-407
2.616 Kuggerud	48	1978-2020	16	1.14	85	0	169-502
313.4 Bolfoss bru	267	1911-1984	15	3.21	82	0	179-436
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	133	2006-2021	17	0.32	71	21	127-329
2.633 Stortorp	87	1980-2021	20	0.42	86	4	111-323

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90



Figur 11: Hypsografisk kurve til Hølandselva og vurderte målestasjoner.

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom programmet Flom_analyse og NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Kvaliteten til vannføringskurvene er gitt av NVE sin vurdering av aktuell kurve, noe som er avgjørende for kvaliteten til måledataene.

For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Resultatene fra analysen er presentert i Tabell 4 og Tabell 5.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmiddel).

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode	Kurvekvalitet (flom)
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel-estimat	Øvre estimat		
2.616 Kuggerud	45	5.7	119	1.87	2.25	2.64	GEV	Usikker
313.4 Bolfoss bru	73	23.3	87	2.05	2.39	2.76	GEV	Bra
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	16	16.2	122	1.79	2.30	2.81	Gumbel	Bra
2.633 Stortorp	42	13.3	153	1.97	2.12	2.34	Gumbel	Usikker

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (findata).

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode	Kurvekvalitet (flom)
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel-estimat	Øvre estimat		
2.616 Kuggerud	41	6.5	135	1.90	2.28	2.66	Gumbel	Ok
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	15	16.2	122	1.70	2.36	3.03	Gumbel	Bra
2.633 Stortorp	23	15.6	179	1.78	2.28	2.78	Gumbel	Usikker

4.3.2 Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen beregnet i Tabell 4. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning. For Hølandselva gir formelverket RFFA-2018 gir en kulminasjonsfaktor på 1,06.

For målestasjonene med findata er forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføringen beregnet, se Tabell 6. Den er funnet ved å sammenligne døgnmiddelvannføring og høyeste timevannføring for de største flommene ved hver målestasjon. For 2.616 Kuggerud er dette 02.05.06, 06.05.77 og 05.05.86. 2.1036 Hæra er dette 17.01.08, 16.12.11, 26.10.14 og 08.09.11, mens det for 2.633 Stortorp er 01.10.21, 18.09.15, 11.08.09, og 25.10.14. Den største verdien er satt som forholdstall.

Tabell 6: Forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring beregnet fra døgn- og findata.

Målestasjon	Kulm/døgn
2.616 Kuggerud	1.13
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	1.10
2.633 Stortorp	1.18

Hølandselva har et stort og veldig flatt nedbørfelt, noe som ofte innebærer at forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring er lite. Bjørkelangen vil også redusere forholdstallet. Forholdstallet settes derfor til 1,06, som RFFA-2018.

4.3.3 Regional flomfrekvensanalyse

4.3.3.1 RFFA-2018

I tillegg til lokal flomfrekvensanalyse er regional flomfrekvensanalyse RFFA-2018 benyttet for å verifisere resultatene. Spesifikk avrenning er justert til 15 l/s*km² basert på 1.200 Lierelv og 1.48 Ørje. Analysen gir døgnmiddelvannføring og er beskrevet i NVE (2020). Resultatene er presentert i Tabell 7.

Tabell 7: Resultater fra regional flomfrekvensanalyse (døgnmiddel) for Hølandselva.

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
2,5 % usikkerhet	24.6	77		57
Flomverdi	42.3	132	2.43	103
97,5 %	72.8	227		187

4.3.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.3.4.1 PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. PQRUT anbefales brukt til felt mellom 1 og 200 km² (Fergus, T., Hoseth, K. A., Sæterbø, E., 2010), så den er ikke benyttet for Hølandselva.

4.4 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2022) og klimaprofil for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter, 2022) blir et klimapåslag på 20 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100.

4.5 Vurdering av resultater

4.5.1 Middelflom

2.616 Kuggerud har et lite nedbørfelt og lav effektiv sjøprosent i forhold til Hølandselva. Det forventes derfor lavere spesifikk flom i Hølandselva. Kurvekvaliteten er usikker.

313.4 Bolfoss bru har en lang måleserie av god kvalitet, og har et felt rett øst for Hølandselva. Det er på størrelse med Hølandselva, men har høyere effektiv sjøprosent. Den forventes derfor noe større flommer i Hølandselva.

2.103 Hæra har et nedbørfelt som er mindre enn halvparten så stort som Hølandselva, og relativt lav effekt sjøprosent. Den har noe høyere spesifikk avrenning, som gjør at det forventes lavere spesifikk flom i Hølandselva. Måleserien har god kvalitet, men er kort.

2.633 Stortorp har et feltareal på omtrent en fjerdedel av Hølandselva, og relativt lav effektiv sjøprosent. Feltet har en del høyere spesifikk avrenning noe som gjør at det forventes betydelig lavere spesifikk flom i Hølandselva. Måleserien er middels lang, men av usikker kvalitet.

Basert på målestasjonene virker en kulminert spesifikk middelflom på 90-140 l/s*km² rimelig for Hølandselva. Dette ligger mellom nedre estimat og middelestimatet fra RFFA-2018.

4.5.2 Vekskurve

Vekstkurven fra den regionale kurven for Hølandselva, RFFA-2018, sammenfaller omtrentlig med middelestimatet fra den beste av de vurderte målestasjonene, 313.4 Bolfoss bru. Siden 313.4 har en lang måleserie, med god kvalitet og lignende klima (omtrent lik spesifikk avrenning) velges det å legge vekt på den vekstkurven.

4.5.3 Sammenligning av de ulike metodene

Kulminert spesifikk middelflom settes til 125 l/s*km² for Hølandselva basert på målestasjonene. Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 8.

Tabell 8: Sammenligning av resultater fra flomberegninger for Hølandselva med ulike metoder (kulm.).

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Vurdert fra referensefelt	90-140	-
Regional flomfrekvensanalyse	80 – 230 (132)	190 – 550 (321)
VALGT	125	300

4.6 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende 200-årsflom beregnet for elvene er gitt i Tabell 9. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til ca. 360 l/s*km² for Hølandselva.

Tabell 9: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) for Hølandselva ved Løken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q ₂₀₀ [m ³ /s]
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	
Hølandselva	321	20	48	150	115

4.7 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Det foreligger observasjoner både i og nært vassdraget, noen av målestasjonene har god kvalitet, men det er relativt stor variasjon i spesifikke flomstørrelser mellom målestasjonene. På bakgrunn av dette vurderes det hydrologiske grunnlaget for flomberegninger til klasse 3 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «Brukbar hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området».

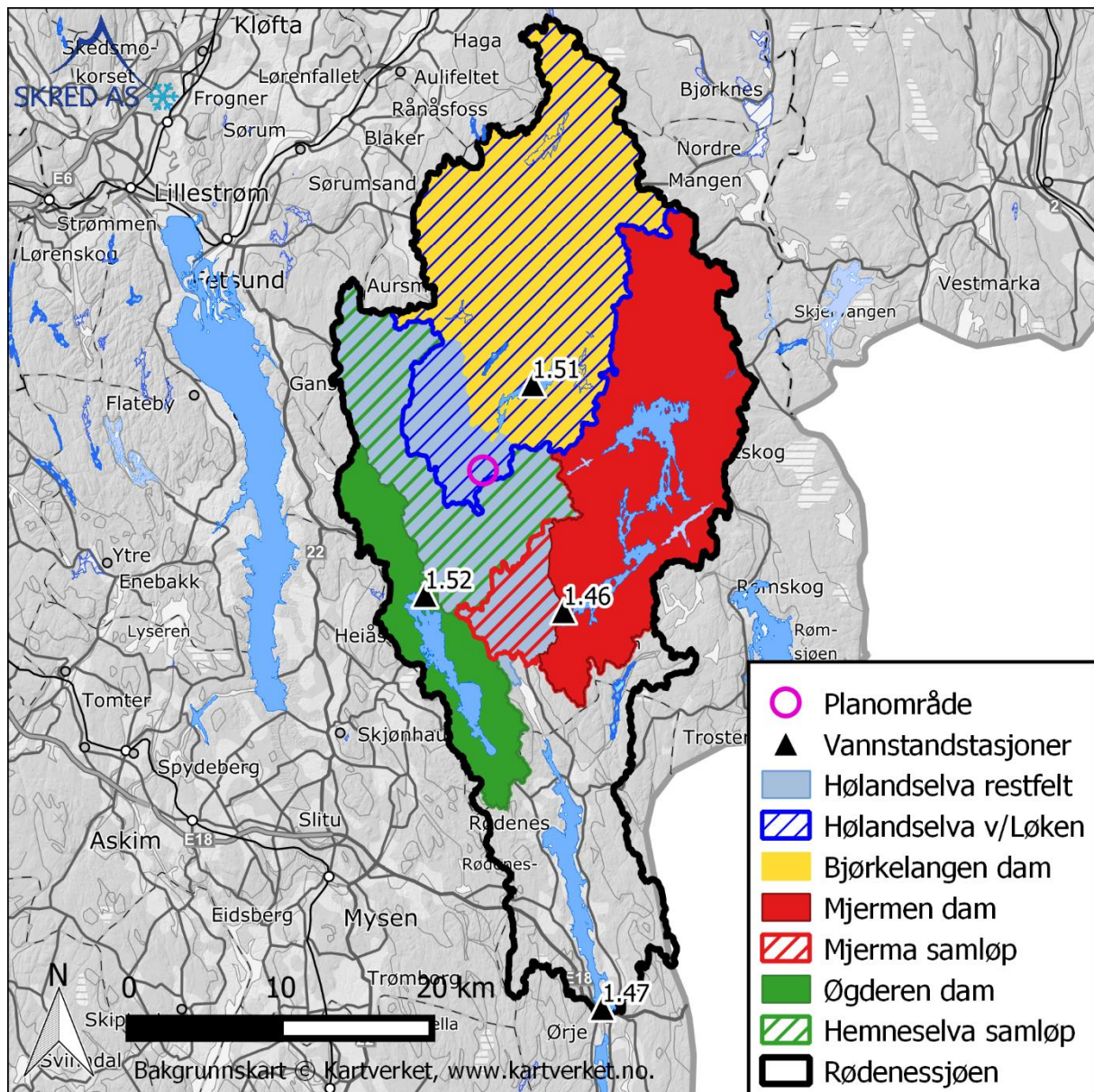
4.8 Nedstrøms forhold i vassdraget

Siden Hølandselva er så slak nedover, forventes det at vannstanden i Skulerudvann kan være bestemmende for vannstanden oppover. Hølandselva har et nedbørfelt på 813 km² ved utløpet i Skulerudvann, der det meste av tilleggfeltet er fordelt på Hemneselva 8 km nedstrøms vurdert område og Mjerma 12 km nedstrøms vurdert område.

4.8.1 Samtidighet

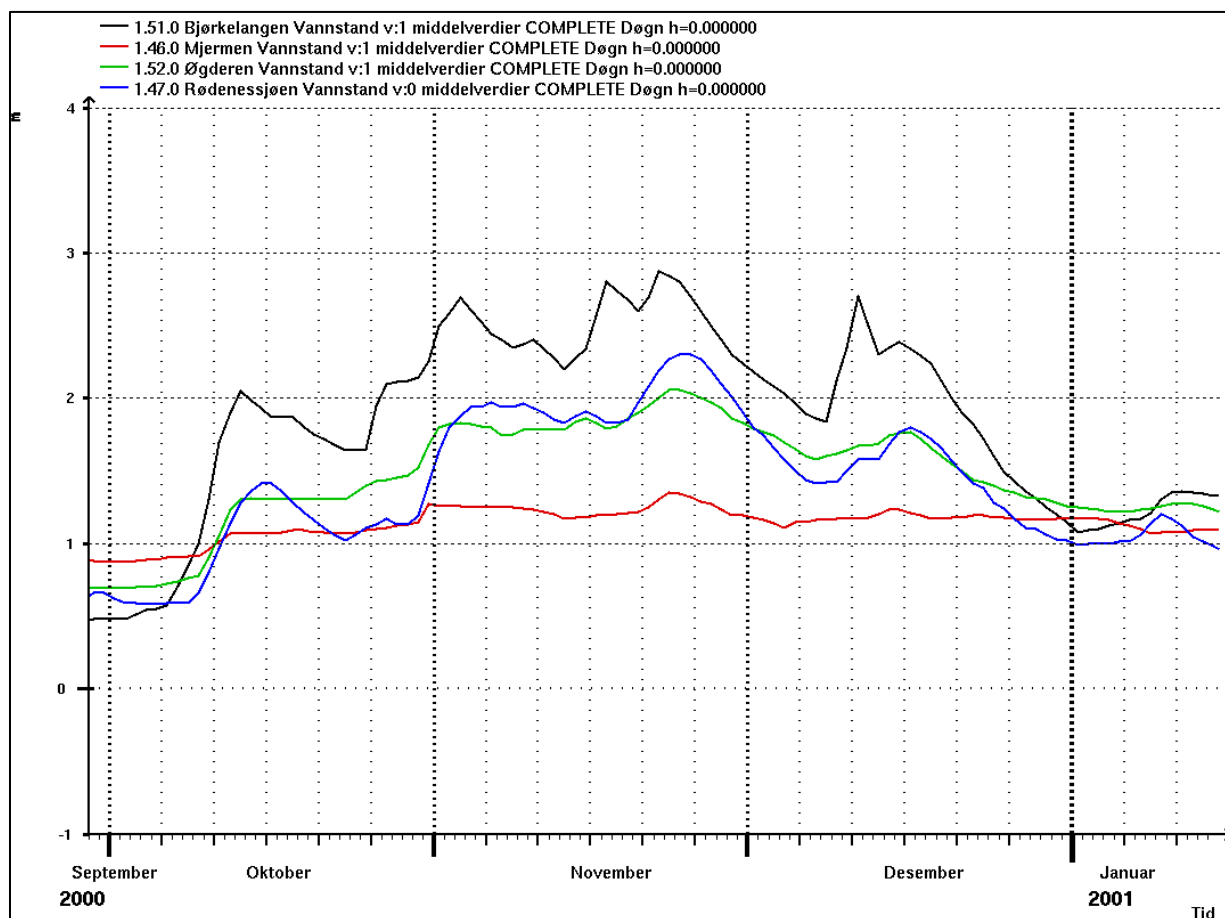
For å vurdere samtidighet mellom flom i Hølandselva, sidevassdragene nedstrøms og Skulerudvatn/Rødenessjøen er det valgt å ta utgangspunkt i målinger av vannstand i de ulike

magasinene. Figur 12 viser plassering til målestasjonene og nedbørfelt (heltrukket farge) sammen med nedbørfeltet til Hølandselva ved Løken.



Figur 12: Nedbørfelt til sideelver ol. frem til utløpet i Skulerudvatn/Rødenessjøen.

Det finnes samtidige målinger av vannstand ved de fire aktuelle magasinene over en periode på 50 år (1965-2016). Det var samme hendelse som utgjorde den høyeste målte vannstanden ved tre av målestasjonene, 1.51 Bjørkelangen, 1.52 Øgderen og 1.47 Rødenessjøen i november 2000, se Figur 13.



Figur 13: Høyeste målte vannstand ved 1.51 Bjørkelangen, 1.52 Øgderen og 1.47 Rødenessjøen i perioden 1965-2016.

Ved den aktuelle flomhendelsen kulminerte vannstanden i Bjørkelangen én dag før Øgderen, og to til tre dager før Rødenessjøen. Det er utført frekvensanalyse på vannstanden ved målestasjonene (metode GEV max) for å få en indikasjon på returperiode.

Tabell 10: Tidspunkt, størrelse og estimert gjentakintervall for flomtopp. Målinger for 1.51 Bjørkelangen, 1.52 Øgderen og 1.46 Mjermen referer til lokalt høydesystem.

Målestasjon	Flomtopp			Flomtopp Bjørkelangen (22.11)	
	Dato	Vannstand [moh.]	T [år]	Vannstand [moh.]	T [år]
1.51 Bjørkelangen	22.11	2.90	200 år	2.90	200 år
1.52 Øgderen	23.-24.11	2.05	100 år	2.00	70 år
1.46 Mjermen	23.11	1.35	4 år	1.30	2 år
1. 47 Rødenessjøen	24.-25.11	119.60	70 år	119.50	40 år

Frekvensanalysen ved 1.47 Rødenessjøen viser en flomtopp flere dager etter at Bjørkelangen har kulminert og slak vekstkurve, så det forventes at kulminasjonsvannføring i Hølandselva kombinert korresponderende vannstand nedstrøms vil være dimensjonerende tilfelle. Basert

på Figur 13 og analysen i Tabell 10 er det dimensjonerende kombinasjon vurdert til 200-årsflom i Hølandselva ved Løken kombinert med 50-årsflom i vassdragene nedstrøms.

4.8.2 Flomvannføring nedstrøms

Vi har fått tilsendt sammendraget av damflomberegninga for vassdraget (Multiconsult, 2011) fra VTA Marcus Lundquist. I damflomberegninga er det beregnet 1000- og/eller 500-årsflom for de aktuelle vassdragene. Vekstkurven for 313.4 Bolfoss er benyttet for å omregne fra 1000- til 50-årsflom. Det gir en skaleringsfaktor på 0.69. Tabell 11 viser beregninger tilløpsflommen for Rødenessjøen og aktuelle punkter oppstrøms, der Q_{1000} er hentet fra damflomberegninga, mens Q_{50} er skalerte verdier.

Tabell 11: Hovedresultater fra damflomberegninga skalert til $Q_{50} + 20\%$.

Vassdrag	A [km ²]	Q_{1000} [m ³ /s]	$Q_{50} + 20\%$ [m ³ /s]	$q_{50} + 20\%$ [l/s*km ²]
Dam Bjørkelangen	276	85	71	-
Dam Øgderen	90	21	18	-
Dam Mjermen	247	62	52	-
Lokalfelt Rødenessjøen	390	176	147	376
Sum Rødenessjøen	1003	348	290	-

Total vannføring i Hølandselva er funnet ved å legge sammen avløpsflommene fra dam Bjørkelangen, dam Øgderen, dam Mjermen og lokalfeltet til Hølandselva (813-276-90-247 = 200 km²) kombinert med spesifikk 50-årsflom med klimapåslag fra lokalfeltet til Rødenessjøen. Dette gir 50-årsvannføring med 20 % klimapåslag for utløpet av Hølandselva på 215 m³/s.

I den hydrauliske modellen er det valgt å fordele tilleggsvannføringa på Hemneselva og Mjermen, se skraverte arealet i Figur 12. Tabell 12 viser valgt fordeling.

Tabell 12: Fordeling av økt vannføring mellom Hølandselva ved Løken og ved utløpet i Skulerudvatn/Rødenessjøen.

Vassdrag	Areal [km ²]	T [år]	Vannføring [m ³ /s]
Hølandselva ved Løken	321	200	115
Ved samløp Hemneselva	+ 158	< 50	18 + 24
Ved samløp Mjermen	+ 247	< 50	52 + 7
Sum Hølandselva	813	50	215

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.3.1 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. Det er valgt å benytte en forenklet 1-dimensjonal modell over en lang strekning av Hølandselva fordi elva er så slak at flere av bruene eller innsjøen nedstrøms vil ha en oppstuvende effekt som påvirker vannstanden ved vurdert tomt. For samløpet Prestelva/Hølandselva er det valgt å benytte en 2-dimensjonal-modell der nedstrøms grensebetingelse hentes fra 1D-modellen.

5.2 Oppsett av 1-dimensjonal modell

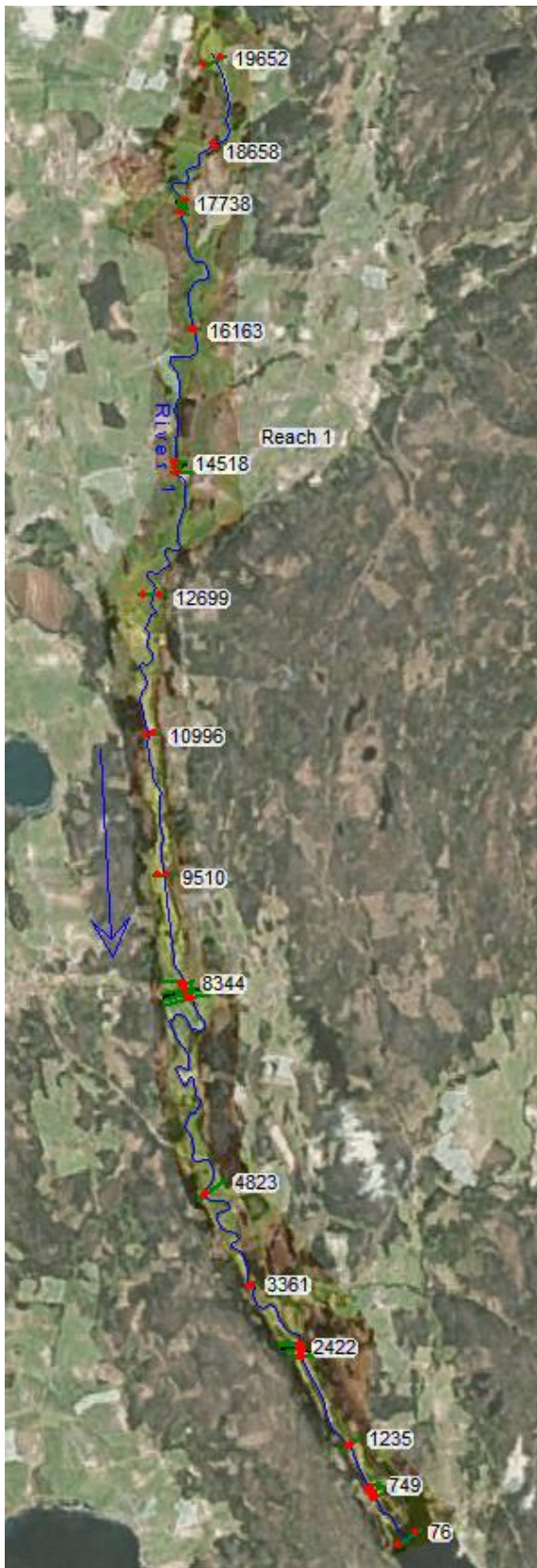
5.2.1 Modelloppsett 1D-modell

Et utsnitt av nasjonal digital høydemodell for Aurskog-Høland (5 pkt, 2018) er benyttet som terrengmodell. Punkttheteten for laserscanninga viser at den ikke har scannet punkter på elvebunnen. Elvebunnen har dermed blitt interpolert ut fra høyden på elvebreddene. Vi har ikke hatt tilgang til profileringsdata for elvebunnen for denne jobben. Som et estimat har elveløpets utstrekning på ortofoto blitt senket skjønnsmessig i forhold til den omliggende terrengmodellen. Estimert på dybde er tilpasset gjennom en overordnet kalibrering for å gjenskape observert vannlinje ved befaring. I den øverste delen av 1D-modellen er elvebunnen senket 2 meter sammenlignet med terrengmodellen, med en gradvis overgang til 3 meter senkning ved utløpet i Skulerudvann.

Det har blitt benyttet et Manningstall på 33 i elveløpet og 25 på sidene, basert på anbefalinger i Vassdragshåndboka (Fergus, Hoseth, & Sæterbø, 2010). Elveløpet består trolig av fine avsetninger med lav ruhet, mens flomslettene primært av dyrket mark.

Det har blitt satt opp fire tverrprofiler i forbindelse med hver bru, samt tverrprofiler mellom bruene for å få med hovedtrekk av elvas geometri.

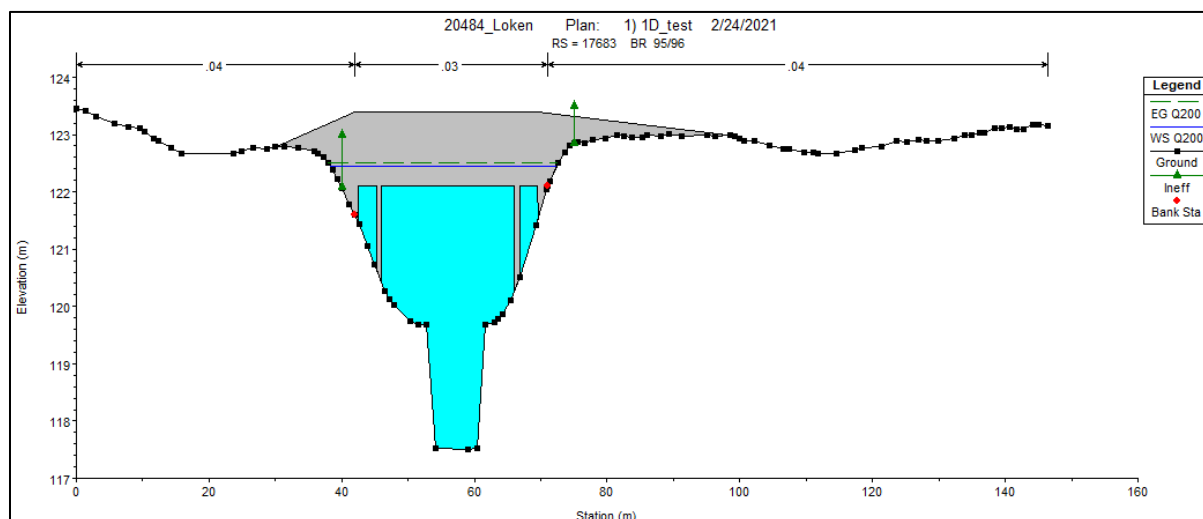
Figur 14 viser utstrekninga til hele 1D-modellen, mens Figur 15 viser et utsnitt av den øverste brua. Figur 16 viser tverrprofilen til samme bru.



Figur 14: Full utstrekning av 1D-modell av Hølandselva, med Skulerudvann i sør.



Figur 15: Utsnitt av 1D-modell som viser bru over Hølandselva rett nedstrøms samløpet.



Figur 16: Eksempel på brutverrsnitt, fra brua i Figur 15.

5.2.2 Grensebetingelser 1D-modell

5.2.2.1 Oppstrøms grensebetingelse

Som oppstrøms grensebetingelse er det valgt normalstrømning med 1 % fall. Beregningene viser underkritisk strømning hele veien, så denne grensebetingelsen er ikke aktiv.

5.2.2.2 Nedstrøms grensebetingelse

Vannstanden i Skulerudvann/Rødenessjøen er satt som nedstrøms grensebetingelse. Skulerudvann og Rødenessjøen skiller på det smaleste av et 10 m bredt sund, men det er ingen større høydeforskjell. Rødenessjøen er demmet opp av Ørje dam og er regulert for kraftproduksjon. HRV er 118,23 moh. En flomberegning fra 2011 viser at 1000-årsflom gir en vannstandsøkning på 1,9 meter over HRV (NN54) ifølge VTA Marcus Lundqvist ved Haldenvassdragets brukseierforening. Dette tilsvarer 120,13 moh.

Vannstanden ved utløpet av Rødenessjøen (målestasjon 1.47) har blitt målt omtrent sammenhengende siden 1944. Frekvensanalyse av vannstanden (GEV max) gir en 50-årsvannstand på 119,48 moh (dette er en lenger periode enn analysen i Tabell 10). Dette virker rimelig med tanke på HRV og 1000-årsflommen, så 119,48 moh. benyttes som nedre grensebetingelse. Ved Ørje ligger NN2000 16 cm over NN54, så 119,64 moh. (NN2000) benyttes i modellen.

5.2.3 Tilpassing av 1D-modell

Under befaringa ble tykkelsen på brudekket og høyden fra vannivået til underkant bru målt inn. Ved den nederste brua ble vannivået i forhold til en nærliggende vei målt inn. Dette har blitt brukt til å gjøre en enkel kalibrering av modellen ved å justere bunnivået i elva, ved modellering av estimert vannføring ved befaring. Vannføringen er estimert ut fra vannføringen på befaringsdagen ved målestasjon 2.1036 Hæra i forhold til middelflom ved samme målestasjon. Den er så skalert til de aktuelle vassdragene basert på areal og middelflom. Vi er ikke kjent med innmålinger av kjente flomhendelser i vassdraget, og har ikke hatt grunnlag for kalibrering ut over dette.

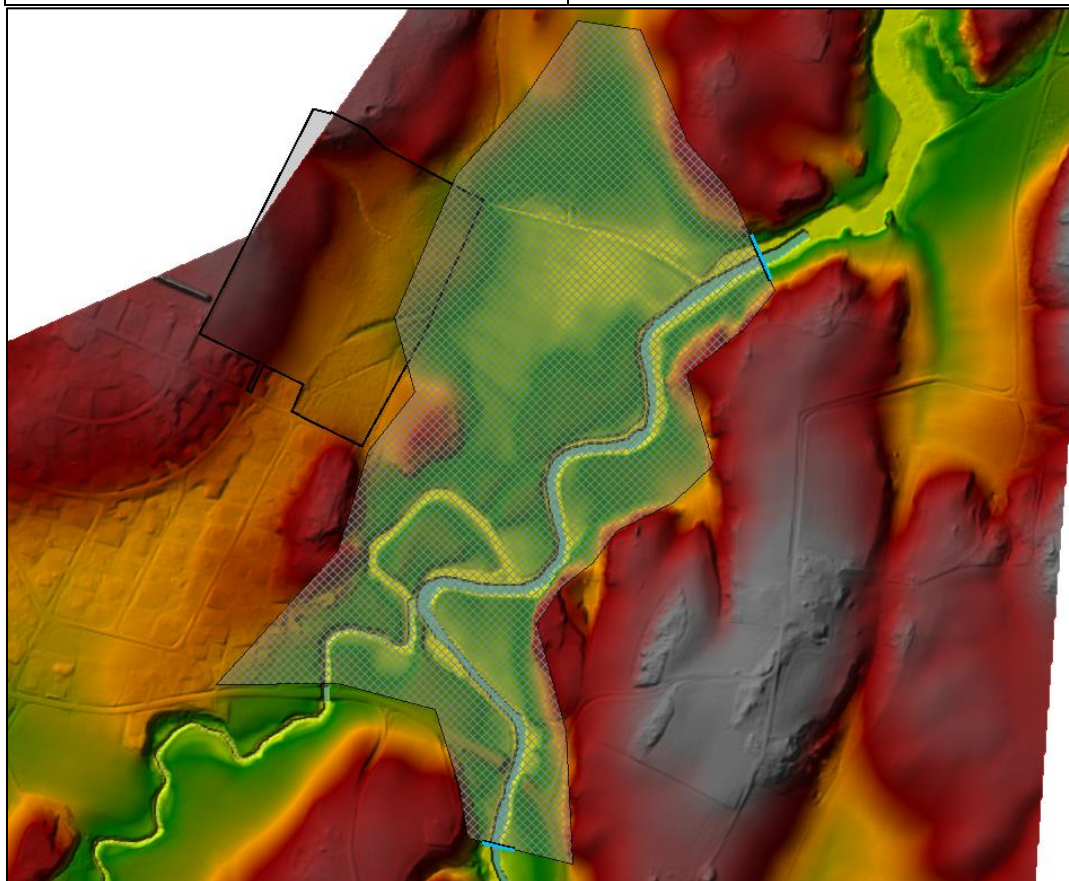
5.3 Oppsett av 2-dimensjonal modell

5.3.1 Modelloppsett 2D-modell

Det er tatt utgangspunkt i den samme terrengmodellen som for 1D-modellen. Elveløpet er senket 1 meter i Prestelva og 2 meter i hovedløpet til Hølandselva. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 13. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 17

Tabell 13: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Hølandselva ved planområdet.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Fast vannstand slik at 1D og 2D-modellen har lik vannstand oppstrøms brua i Hølandselva (122.55 moh.)
Cellestørrelse beregningsgrid	3 x 3 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	33 i elv, 25 på dyrka mark



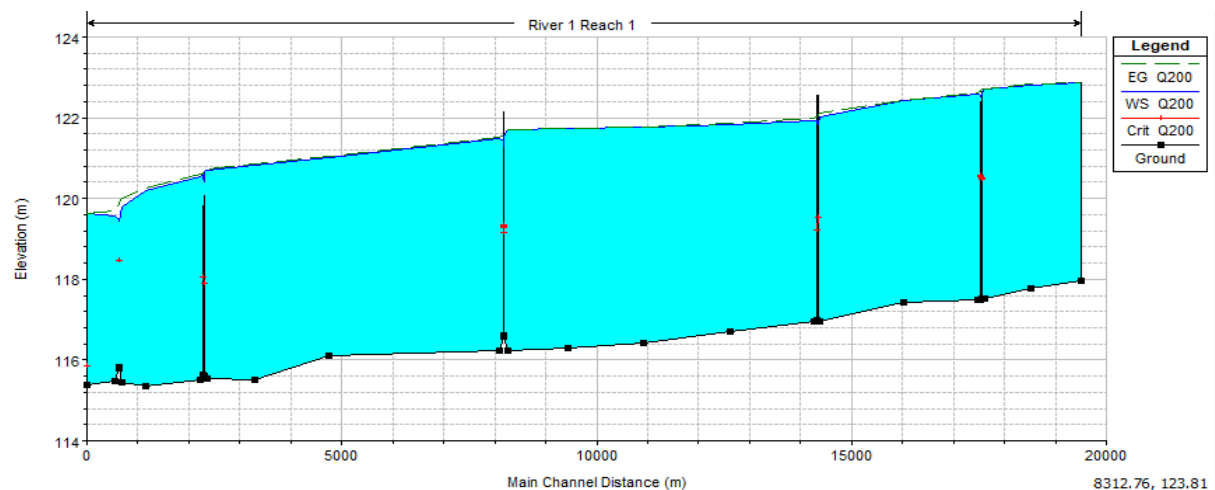
Figur 17: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser. Planområdet er markert i svart.

5.3.2 Konstruksjoner 2D-modell

Det er kontrollert at vannstanden oppstrøms brua over Hølandselva er lik for 1D- og 2D-modellen. Brua er derfor modellert åpen i 2D-modellen.

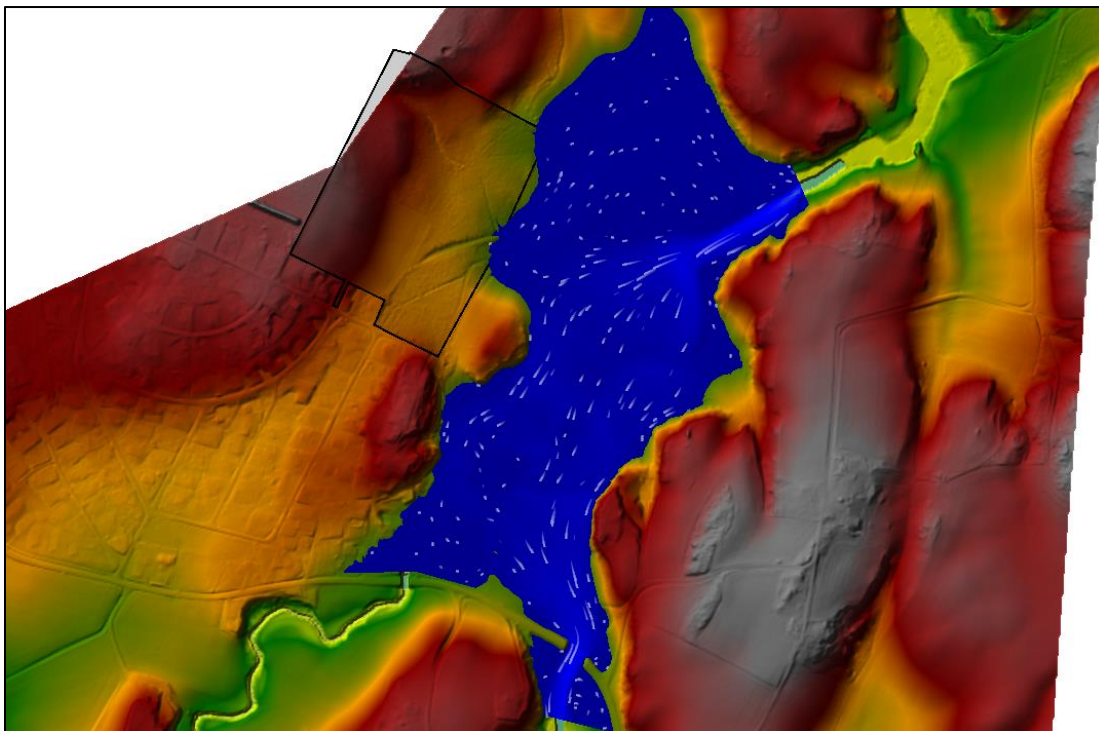
5.4 Modellert fremtidig 200-årsflom

For en fremtidig 200-årsflom viser 1D-modellen at vannstanden i Skulerudvannet og de modellerte bruene er avgjørende for flomnivået til Hølandselva. Resultatet fra 1D-modellen benyttes som nedre grensebetingelse i 2D-modellen, slik at også 2D-modellen tar hensyn til oppstivinga fra Skulerudvannet og bruene. Figur 18 viser resultatet fra 1D-modellen, der vannstanden oppstrøms den øverste brua er 122,7 moh.



Figur 18: Resultat fra 1D-modell.

2D-modellen viser at det oppstår noe oppstiving der terrenget smalner inn mot brua. Dette gir dimensjonerende vannstand på 122,85 moh. for planområdet, og de laveste delene av planområdet fylles av vann. Figur 19 viser resultatet fra 2D-modellen.



Figur 19: Resultatet fra den 2D-modellen.

5.5 Følsomhetsanalyse

5.5.1 1D-modell

For å undersøke følsomheten til modellen og usikkerheten i beregningsresultatene er det utført følgende sensitivitetsanalyser ved grensebetingelsen for 2D-modellen:

- Økning i dimensjonerende vannføring på 20 %. Dette gir 0,3 meter høyere vannstand oppstrøms den øverste brua.
- Økning i ruhetsverdier med 20 %. Dette gir 0,15 meter høyere vannstand.
- Legge til tverrprofiler i de to største strekkene uten profiler. Dette gir 0,1 meter lavere vannstand.
- Senking av elva med 4 meter i hele strekningen gir 0,35 meter lavere vannstand.

Resultatene gir et inntrykk av hvilken usikkerhet som ligger i modelleringsresultatene. Modellen vurderes tilstrekkelig for formålet, men kan videreutvikles med bunnprofilering og høyere oppløsning for en vurdering med mindre usikkerhet. Basert på resultatene i sensitivitetsanalysen, velges det å benytte resultatene fra modellen med to ekstra tverrprofiler.

5.5.2 2D-modell

Økning i vannføring med 20 % i både 1D- og 2D-modellen gir en økning i vannstand i Hølandselva ved planområdet på ca. 0,4 meter. 20 % økning i ruhet gir 0,05 meter økt vannstand.

Brua etter samløpet er modellert åpen, noe som i 2D-modellen gir et falltap på 0,16 meter. Tilsvarende falltap for 1D-modellen er 0,07 meter. Dette indikerer at 1D-modellen heller over- enn underestimerer kapasiteten til brua.

5.6 Klassifisering av den hydrauliske modellen

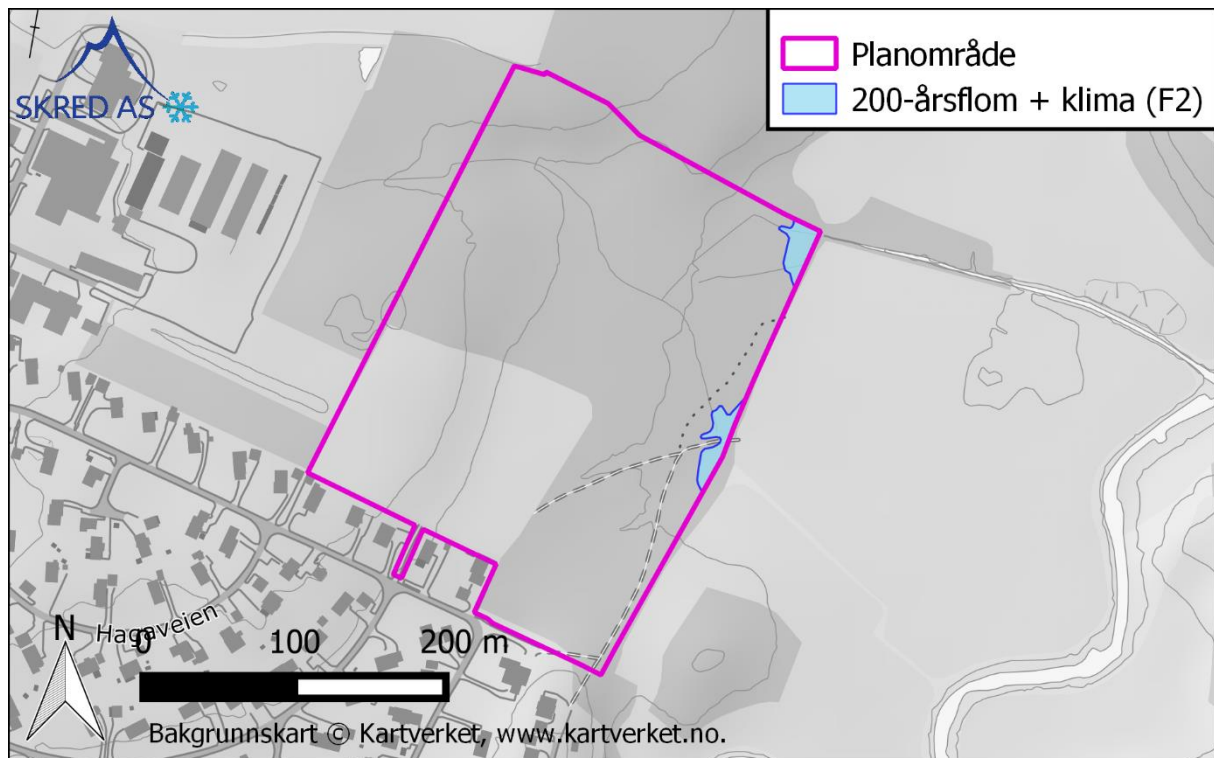
1D-modellen er tilpasset mot vannlinje målt på befaring, men følsomhetsanalysen viser at endringen er større enn 0,3 meter. Basert på dette settes den hydrauliske modellen til klasse E.

6 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Faresonen er i stor grad en konsekvens av at begrenset kapasitet i bruene nedover mot Skulerudvatn gir oppstuvning oppover. Faresonen fremkommer av Figur 20. Dimensjonerende vannstand er 122,8 moh. for planområdet.

I henhold til NVE (2022) skal det benyttes et prosentvis påslag på 50 % for å fastsette sikkerhetspåslag når flomberegningen er satt til klasse 3 og den hydrauliske modellen er satt til klasse E. Dersom det etableres bebyggelse innenfor sonen anbefales det derfor å benytte et sikkerhetspåslag på 0,7 meter, noe som gir flomsikkert nivå 123,5 moh.



Figur 20: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

7 Risikoreduserende tiltak

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F2 må det utføres risikoreduserende tiltak. Tiltak kan enten ha som mål å redusere faresonen, eller at byggverk dimensjoneres på en måte slik at det ikke tar skade ved dimensjonerende flom.

Et aktuelt tiltak kan være å heve planeringshøyden til nytt bygg til over flomsikkert nivå. Planering må eventuelt utformes på en slik måte at nedstrøms bebyggelse ikke får økt ulempe.

Se Norconsult (2021) for vurdering av fare for erosjon og aktuelle tiltak for å redusere erosjonsfaren.

8 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i Hølandselva, inkludert et klimapåslag på 20 %, er beregnet til 115 m³/s. Det er etablert to hydrauliske modeller: En en-dimensjonal modell for Hølandselva fra planområdet og ned til utløpet i Skulerudvannet, og en to-dimensjonal modell ved planområdet. Bruene nedover langs Hølandselva er målt opp og lagt inn i modellen. 50-årsvannstanden i Skulerudvannet ble satt til 119,64 moh. basert på frekvensanalyse av vannstand. Modelleringen bekrefter at vannstanden i Skulerudvannet og kapasiteten til bruene nedover Hølandselva er avgjørende for flomnivået ved samløpet.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17. Dimensjonerende flomnivå i Hølandselva er 122,8 moh. ved planområdet. Det bør benyttes et sikkerhetspåslag på 0,7 meter ved utbygging innenfor faresonen, noe som gir et flomsikkert nivå på 123,5 moh.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Et aktuelt risikoreduserende tiltak kan være å heve planeringshøyden til nytt bygg til over flomsikkert nivå. Planering må eventuelt utformes på en slik måte at nedstrøms bebyggelse ikke får økt ulempe.

9 Referanser

DiBK. (2018). *Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/>.

Fergus, T., Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (2010). *Vassdragshåndboka*.

Løvlien georåd. (2019). *Reguleringsplan for Ringsneshagan og Rådyrveien, Løken i Aurskog-Høland kommune - Geoteknisk datarapport 19232 nr. 1*.

Norconsult. (2021). *Erosjonsfare ved Rådyrveien*.

Norsk klimaservicesenter. (2022). *Klimaprofil Oslo og Akershus*.

NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom. Veileder 3/2022*.

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