Bygland kommune

Flomkartlegging Bygland

Oppdragsnr.: 52506876 Dokumentnr.: HYD-R01 Revisjon: J02 Dato: 2025-11-04



Norconsult

Oppdragsgiver:	Bygland kommune
Oppdragsgivers kontaktperson:	Vemund Gulbrandsen
Rådgiver:	Norconsult Norge AS
Oppdragsleder:	Gunnar Fiskum
Fagansvarlig:	Henrik Opaker
Utførende:	Gunnar Fiskum
Fylke:	Agder
Kommune:	Bygland
Vurderte gjentaksintervall:	20-årsflom (F1), 200-årsflom (F2), 1000-årsflom (F3)
Klimapåslag:	20 % og 40 %
Høydesystem:	NN2000

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
D01	27.10.2025	For vurdering hos Bygland kommune	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Gunnar Fiskum
J02	04.11.2025	For bruk etter godkjenning hos Bygland kommune	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Gunnar Fiskum

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult er engasjert av Bygland kommune for å gjennomføre en flomkartlegging av tettstedet Bygland. Kartleggingen inngår som en del av planarbeidet for regulering av sentrumsområdet og øvrige utviklingsområder langs vassdragene Kvalsåni, Bjørnåi og Byglandsfjord. Kvalsåni og Bjørnåi renner gjennom tettstedet, mens Byglandsfjord er nedre avgrensning av vurderingsområdet.

Bakgrunnen for oppdraget er at store deler av Bygland omfattes av NVEs aktsomhetssone for flom, noe som indikerer potensiell flomfare. Dersom området skal utvikles med ny bebyggelse, må både risikoen for flom og konsekvensene av en eventuell flom utredes og avklares.

Flomvannføringen i Kvalsåni og Bjørnåi er beregnet ved hjelp av flomfrekvensanalyse basert på utvalgte målestasjoner, regional regresjonsanalyse og NVEs formelverk (NIFS og RFFA-2018). For Byglandsfjord er flomvannstandene hentet fra en tidligere vurdering utført av Norconsult i 2022.

Bygningene i Bygland er i hovedsak vurdert til å tilhøre flomsikkerhetsklassene F1 og F2, mens kommunehuset, som skal kunne fungere under krisesituasjoner, er klassifisert som F3. Flomvurderingen omfatter derfor gjentaksintervallene 20-, 200- og 1000-årsflom, i tråd med kravene i TEK17. For 200- og 1000-årsflom er det inkludert klimapåslag.

Vannstandsnivåer og oversvømmelse langs Kvalsåni og Bjørnåi er modellert ved hjelp av en hydraulisk 2D-modell i HEC-RAS. Resultatene er presentert i vedlagte flomsonekart, som viser oversvømt areal, vanndybder, vannhastigheter og flomfare.

Analysene viser at lavtliggende områder langs vassdragene er særlig utsatt ved flom, spesielt arealer nær Byglandsfjord. Ved 20-årsflom berøres enkelte jordbruksbygninger, men ved høyere gjentaksintervall øker både vannstand og skadepotensial. Ved 200-årsflom med klimapåslag berøres flere bygninger i nedre del av vassdraget, og vannet forventes å finne nye løp ut fra Bjørnåi. Ved 1000-årsflom forsterkes konsekvensene ytterligere.

Innhold

1 Introduksjon og beskrivelse av oppdraget 4
1.1 Beskrivelse av oppdraget 4
1.2 Beskrivelse av Bygland 5
1.3 Krav til flomsikring 6
1.4 Kart og datagrunnlag 6
1.5 Tidligere utført arbeid 7
2 Flomberegning 9
2.1 Hydrologisk grunnlag og beregningsmetodikk 9
2.2 Beskrivelse av nedbørfelt 9
2.3 Målestasjoner 10
2.4 Vurdering av årsavløp 11
2.5 Vurdering av flomsesong 12
2.6 Flomfrekvensanalyse 13
2.7 Regional analyse ved regresjon 14
2.8 NVEs regionale formelverk 15
2.9 Kulminasjonsfaktor 16
2.10 Vurdering av klimapåslag 17
2.11 Valg av flomvannføring 18
3 Hydraulisk vannlinjemodell 19
3.1 Beregningsmodell og datakvalitet 19
3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold 20
3.3 Infrastruktur, bebyggelse og andre forhold langs vassdraget 21
4 Resultater og konklusjon 22
4.1 Resultat og forutsetninger 22
4.2 Flomutbredelse og vannivå 22
4.3 Vurdering av sikker byggehøyde 25
5 Diskusjon av resultatet 26
5.1 Vurdering av kvalitet 26
5.2 Sensitivitet i beregningene 27
5.3 Vurdering av erosjonsfare i vassdraget 29
6 Bilag og referanser 31
6.1 Bilag 31
6.2 Referanser 31

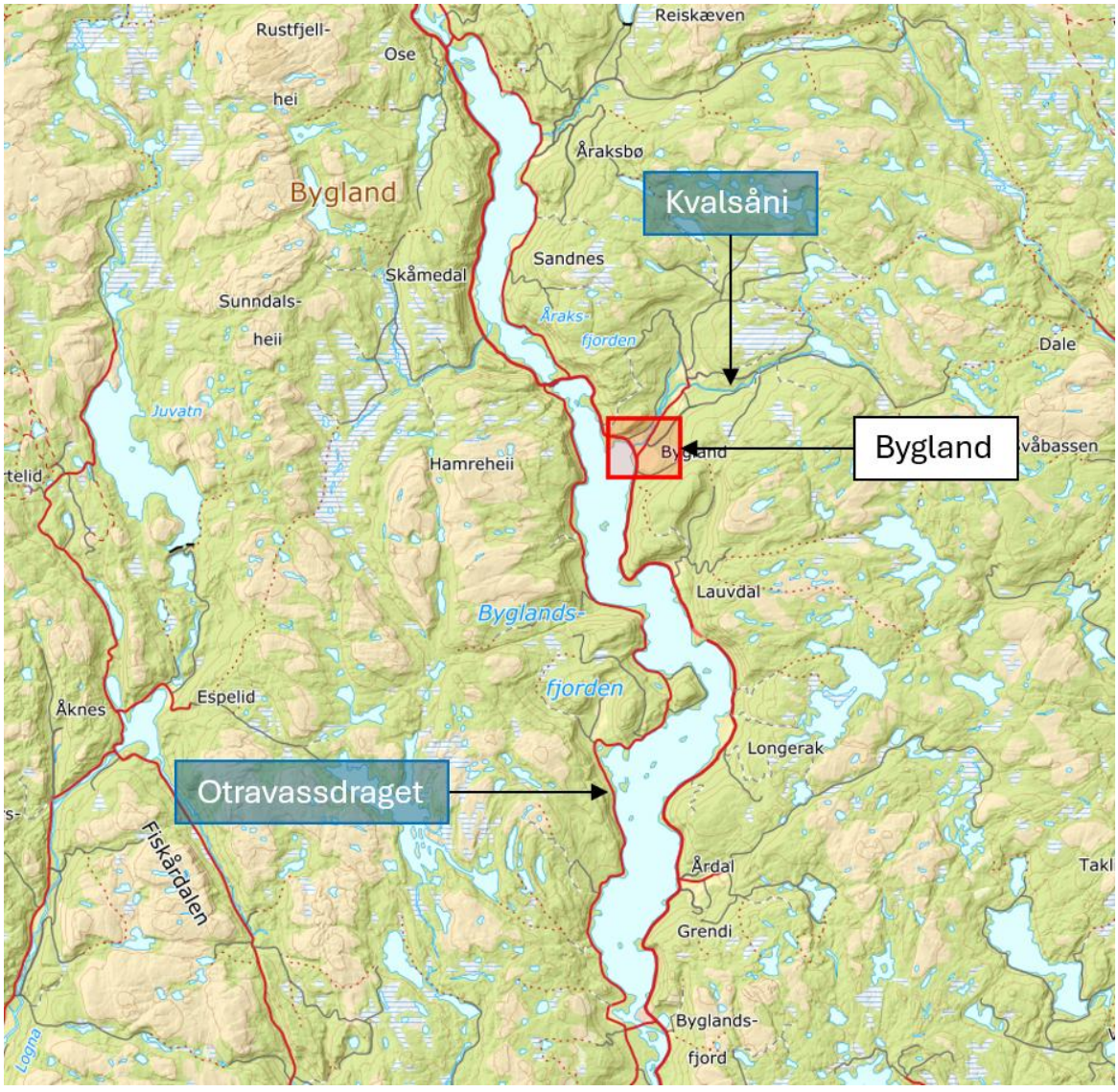
1 Introduksjon og beskrivelse av oppdraget

1.1 Beskrivelse av oppdraget

Norconsult er engasjert av Bygland kommune for å utføre en flomkartlegging for tettstedet Bygland. Arbeidet gjøres i forbindelse med regulering av sentrumsområdet til Bygland, og andre utviklingsområder langs vassdragene Kvalsåni, Bjørnåi og Byglandsfjord. Denne rapporten består av følgende utredninger som skal fungere som grunnlag for fremtidig reguleringsarbeid:

1) Flomberegning for vassdragene Kvalsåni og Bjørnåi
2) Flomkartlegging for vassdragene som renner gjennom og langs tettstedet Bygland
3) Avklaring av NVEs aktsomhetssoner for flom i tettstedet Bygland

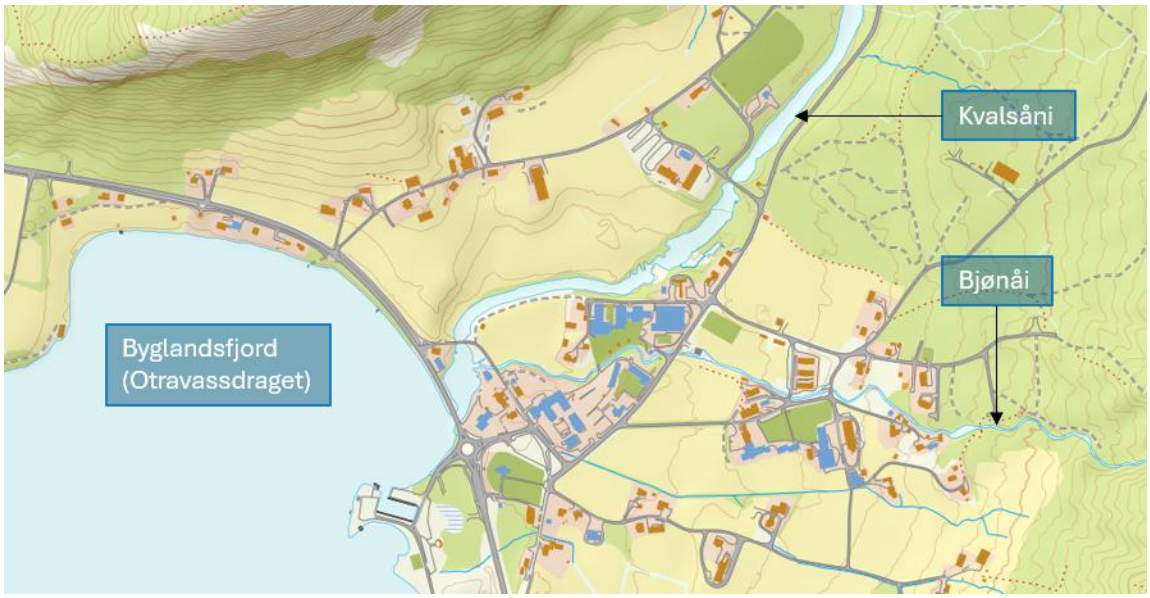
Flomberegningen fastsetter flomvannføring i vassdragene ved ulike gjentaksintervall, mens flomkartleggingen avklarer vannstandsnivåer og oversvømte arealer. Resultatet fra arbeidet er presentert på vedlagte flomsonekart, og disse skal fungere som et beslutningsgrunnlag for videre arealplanlegging.



Figur 1 Oversiktskart.

1.2 Beskrivelse av Bygland

Bygland er et tettsted og administrasjonssentrum i Bygland kommune. Bebyggelsen er variert og består av både bolighus, administrasjonsbygg, skole/barnehage og næringsbygg. Gjennom tettstedet renner elvene Kvalsåni og Bjørnåi. Kvalsåni er en større elv med nedbørfelt på 101 km², mens Bjørnåi er et mindre sidevassdrag med feltstørrelse på 4,3 km². Bjørnåi har utløp til Kvalsåni før Kvalsåni renner ut i Byglandsfjord. Byglandsfjord er en del av Otravassdraget. Nedbørfeltet til Byglandsfjord er ca. 2340 km² ved Bygland. Kart over Bygland er vist i Figur 2, mens flyfoto er vist i Figur 3.



Figur 2 Kart over Bygland.



Figur 3 Flyfoto over Bygland.

1.3 Krav til flomsikring

TEK17 krever at byggverk hvor konsekvensen av flom er særlig stor, ikke skal plasseres i flomutsatte områder. Videre skal bygg plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentaksintervall. Hvilket gjentaksintervall som er dimensjonerende avgjøres av omfanget som skade på bygget vil medføre. En oversikt over sikkerhetsklassene for flom med tilhørende gjentaksintervallkrav er vist i punktlisten under.

- F1 – Liten konsekvens (Garasje, lager, boder) – 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (Bolighus, fritidsbolig, skole, kontorbygg) – 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (Sykehjem, brann-/politistasjon, avfallsdeponi) – 1000-årsflom

Det er vurdert at de fleste bygninger i Bygland, både eksisterende og nye, vil falle inn under sikkerhetsklasse F1 eller F2. Disse skal dermed sikres mot 20-årsflom eller 200-årsflom. F1 omfatter de fleste bygninger uten personopphold, mens F2 omfatter de fleste bygninger som har personopphold. Rådhuset i Bygland er definert som samfunnskritisk og skal kunne fungere som krisesenter under alle omstendigheter. Bygget kvalifiserer som et F3-bygg og skal sikres mot 1000-årsflom.

Denne kartleggingen vurderer 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom hvor vurdering av klimapåslag er gjort for de to største gjentaksintervallene. Vurderingen dekker dermed alle NVEs sikkerhetsklasser for flom. Klimapåslag er ikke et krav, men det er sterkt anbefalt av NVE å ta hensyn til fremtidige klimaendringer når tiltak har varig tidsperspektiv.

1.4 Kart og datagrunnlag

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomkartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000 hvis ikke annet er spesifisert.

Utgangspunktet for vannlinjemodellen og analysearbeidet er laserdata over området lastet ned fra https://hoydedata.no/LaserInnsyn/ hvor oppmålingen «NDH Evje-Bygland 5pkt 2017» er benyttet. Det er også inkludert FKB-data for avgrensning av bygninger og infrastruktur samt gjort egne innmålinger av bruer og kulverter. Innmåling av bruer og kulverter er utført av Bygland kommune i 2025.

1.5 Tidligere utført arbeid

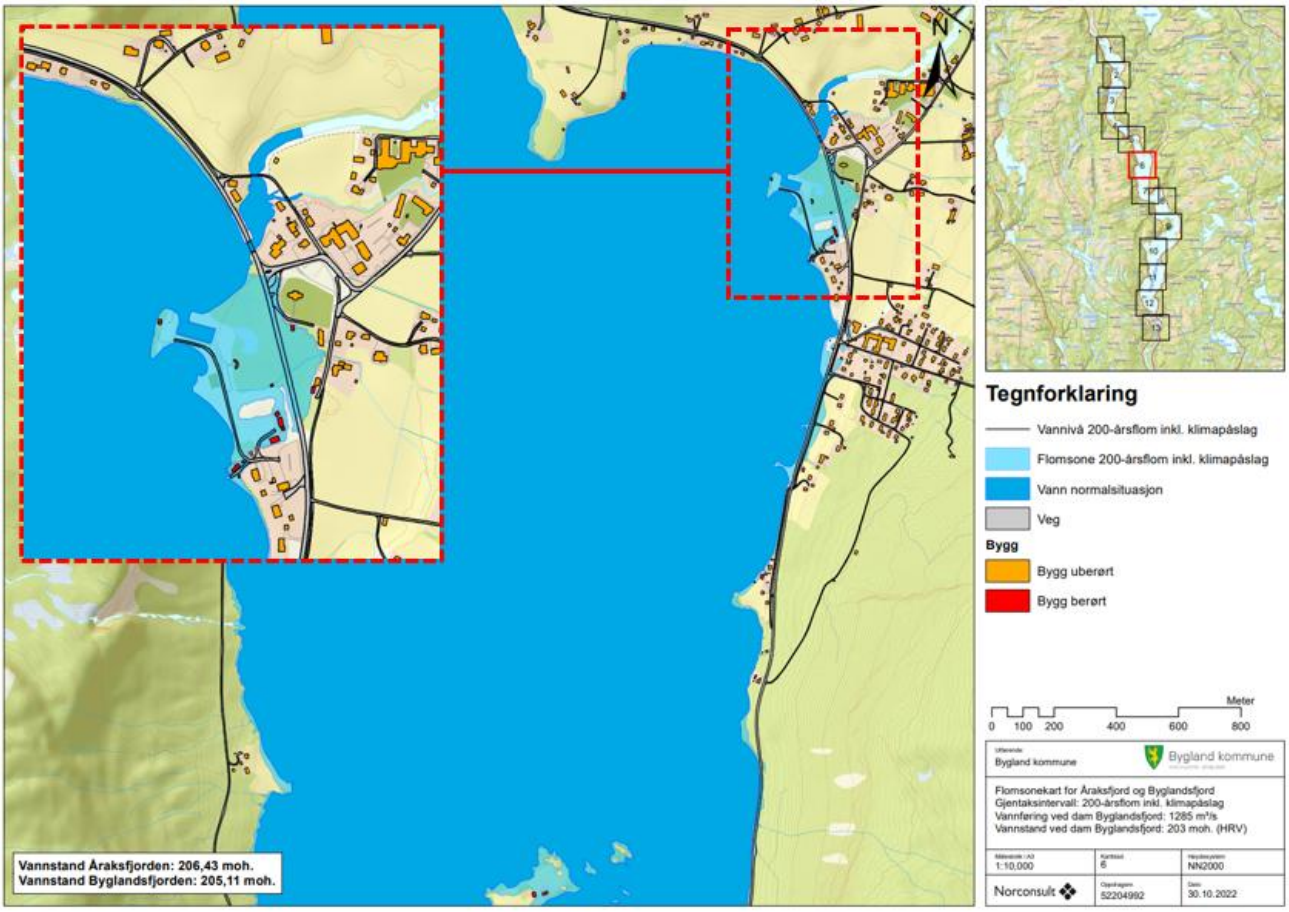
Norconsult kjenner ikke til noen tidligere flomvurdering som er utført spesifikt for tettstedet Bygland. Det er imidlertid blitt utført en flomkartlegging for Åraksfjord og Byglandsfjord (Norconsult, 2022) som dekker deler av sentrumsområdet til tettstedet. Bygland er også omfattet av NVE aktsomhetssonekart for flom som kan indikere at det er flomfare.

1.5.1 Flomkartlegging for Åraksfjord og Byglandsfjord (2022)

Norconsult utførte en flomkartlegging for Åraksfjord og Byglandsfjord i 2022. Flomvannføring i beregningen ble fastsatt ved bruk av regulerte vannføringsmålinger fra vannmerke 21.24 Syrtveit. Vannstandsstigning og oversvømt areal i vassdraget ble fastsatt ved bruk av en hydraulisk vannlinjemodell laget i dataprogrammet HEC-RAS. Resultatet fra beregningen med flomvannstand og sikker byggehøyde for ulike flomsikkerhetsklasser er oppsummert i Tabell 1. Flomvannstander inkluderer et klimapåslag på 20 %, mens sikker byggehøyde inkluderer et vertikalt sikkerhetspåslag på 0,3 meter. Utsnitt fra tilhørende flomsonekart er vist i Figur 4 som illustrerer hvordan områdene nærmest Bygland blir oversvømt.

Tabell 1 Beregnet flomvannstand og sikker byggehøyde langs Byglandsfjord. Verdier i parentes er uten klimapåslag.

Sikkerhetsklasse	Flomvannstand i Byglandsfjord (moh.)	Sikker byggehøyde langs Byglandsfjord (moh.)
F1	203,89	204,19
F2	(204,65) 205,11	205,41
F3	(204,84) 205,28	205,58

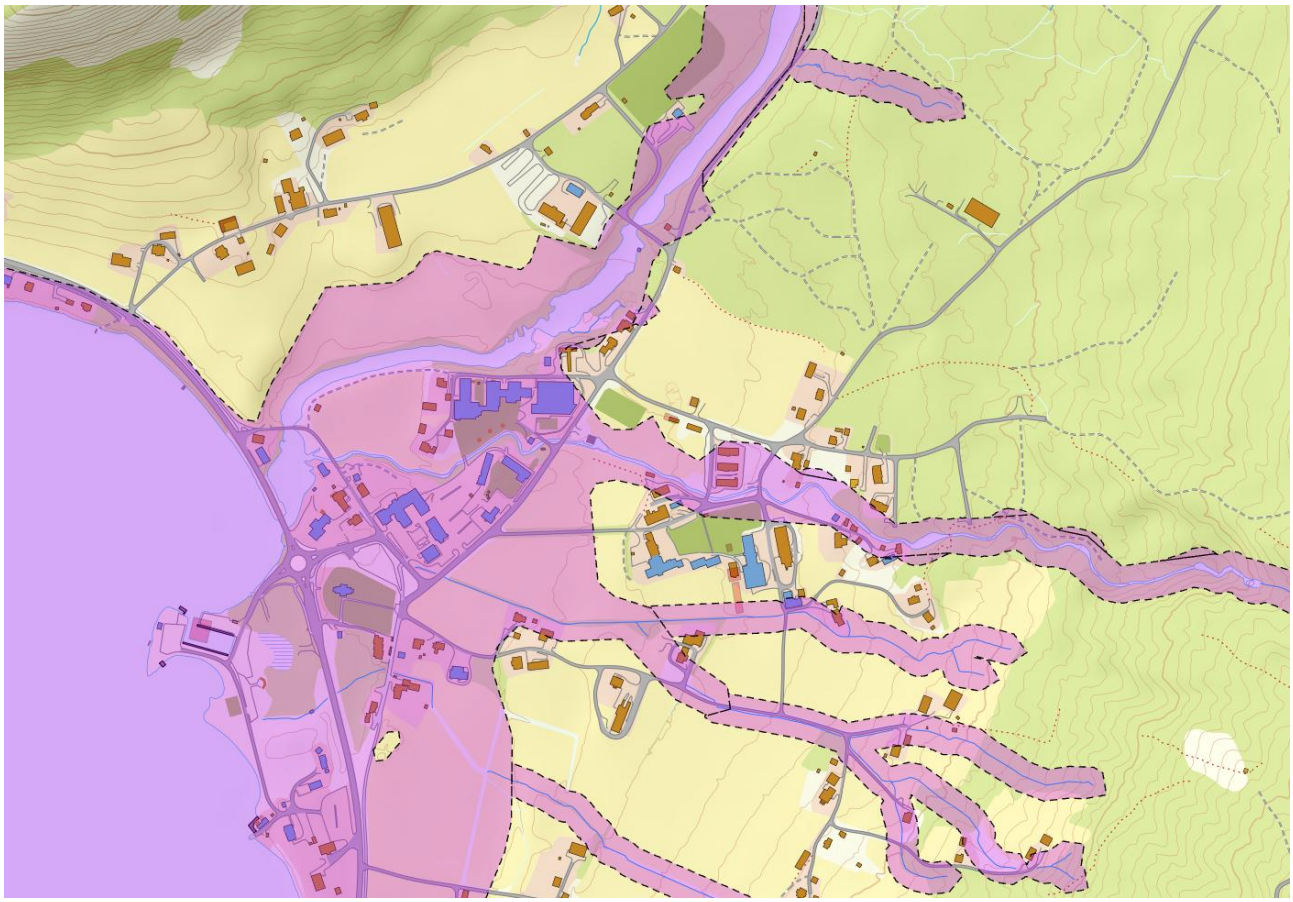


Figur 4 Utsnitt fra flomsonekart fra flomvurdering som dekker Åraksfjord og Byglandsfjord.

1.5.2 NVEs aktsomhetssone for flom

NVEs aktsomhetssonekart for flom viser hvilke arealer som er flomutsatt på et oversiktsnivå. Kartet er basert på en landsdekkende høydemodell med forholdsvis grov oppløsning. Detaljeringsgraden gjør at kartet fungerer best i tidligfase for å vurdere hvilke områder som potensielt kan bli berørt av flom. Fordi metodikken er forenklet bør ikke kartet brukes ukritisk for å vurdere flomfare. Erfaring tilsier at kartet ofte markerer et større område enn hva som er flomutsatt.

Kart med NVEs aktsomhetssone for flom, er vist i Figur 5. Kartene indikerer at stor deler av tettstedet Bygland kan være flomutsatt. Hvis arealene innenfor aktsomhetssonen skal utnyttes til byggeformål eller endret bruk, er det nødvendig å avklare flomfaren ytterligere. Det gjøres som en del av dette arbeidet.



Figur 5 NVEs aktsomhetssone for flom gjennom Bygland. Areal innenfor lilla farge kan være flomutsatt i henhold til aktsomhetssonekartet.

2 Flomberegning

2.1 Hydrologisk grunnlag og beregningsmetodikk

Denne flomkartleggingen fastsetter vannføring i Kvalsåni og Bjørnåi med beregningsmetodene i listen under. Vannføring og vannstand i Byglandsfjord er forutsatt som fastsatt i flomkartleggingen utført i 2022.

1) Frekvensanalyse på nærliggende og representative vannmerker
2) Regional flomfrekvensanalyse ved regresjon
3) Regionale flomformler (RFFA og NIFS) og erfaringstall

2.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Begge vassdragene som inngår i denne flomberegningen ligger i Bygland kommune (Agder fylke), omtrent 90 km fra kysten. Beliggenheten påvirker både hydrologiske forhold og feltparametere.

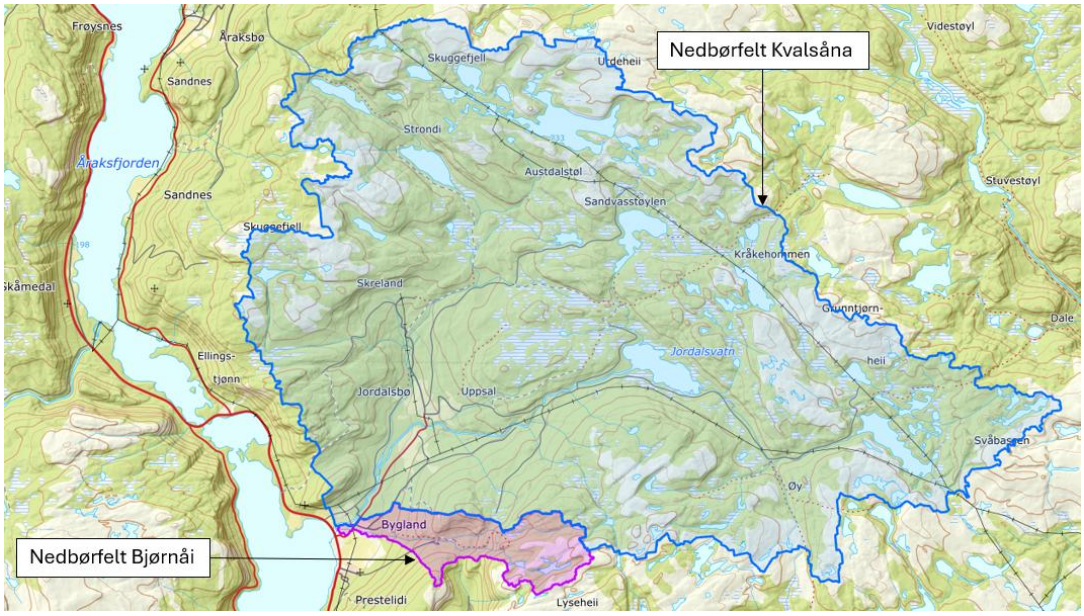
Nedbørfeltene er beregnet til henholdsvis 101 km² og 4,3 km² ved bruk av web-applikasjonen Scalgo Live. ScalgoLive benytter en digital terrengmodell for å fastsette nedbørfeltgrenser. Kart med nedbørfelt er vist i Figur 6, mens feltinformasjon fremgår av Tabell 2.

Kvalsåni har et nedbørfelt dominert av skog (71 %), snaufjell (13 %) og innsjøer (7 %), i tillegg til mindre områder med myr, dyrket mark og bebyggelse. Utløpet i Byglandsfjord ligger ca. 200 moh., mens høyeste punkt i feltet når ca. 900 moh. Vassdraget inneholder to kraftverk (Nordåna og Søråni), men begge er uten reguleringsvolum og vil derfor ikke påvirke vannføringen under flom.

Bjørnåi har et betydelig mindre nedbørfelt enn Kvalsåni, noe som innebærer raskere respons ved intense nedbørhendelser. Feltet består av 79 % skog, mens resten fordeler seg jevnt mellom innsjø, dyrket mark og myr. Terrenget er bratt, med høyder fra 203 til 846 moh. og en gjennomsnittshøyde på 615 moh.

Tabell 2 Feltinformasjon for vurderte nedbørfelt.

Nedbørfelt	Feltareal (km²)	Effektiv sjø-% (%)	Høyde [min-avg-max] (moh.)	Normaltilsig Q_N (l/s/km²)
Kvalsåni	101	0,6	203-713-895	33,8
Bjørnåi	4,3	0,1	203-615-846	30,0



Figur 6 Nedbørfeltene til Kvalsåni og Bjørnåi.

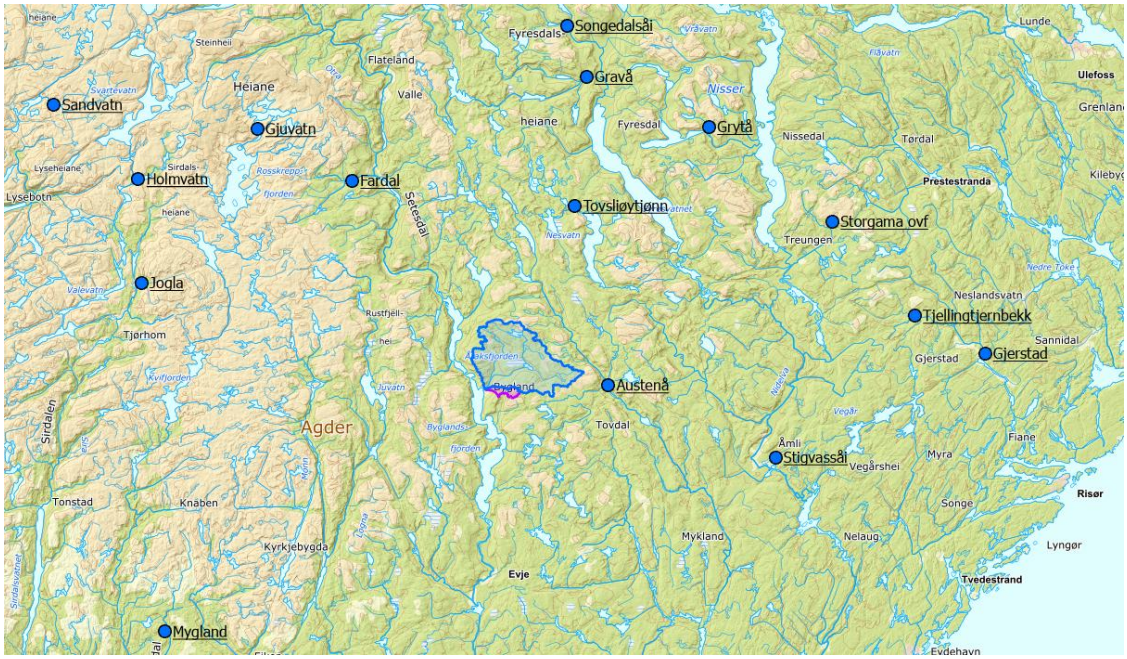
2.3 Målestasjoner

Vurdering av flomstørrelse er basert på utvalgte målestasjoner for vannføring, valgt med hensyn til geografisk plassering og representativitet for de aktuelle nedbørfeltene. Relevante feltparametere for disse stasjonene er oppsummert i Tabell 3, mens Figur 7 viser et oversiktskart med stasjonenes plassering.

Basert på sammenligning av nedbørfeltparametere vurderes stasjon 21.51 Fardal som mest lik Kvalsåni. Stasjonen har tilsvarende feltstørrelse og effektiv sjøprosent, men Fardal ligger noe høyere og har høyere middelvannføring. Dette indikerer at vannføringen ved Fardal er noe større enn i Kvalsåni. For Bjørnåi er det 19.79 Gravå som viser størst samsvar. Nedbørfeltene har lik størrelse, ligger på omtrent samme høyde og har tilnærmet null effektiv sjøprosent. Forskjellen er at Gravå har lavere middelvannføring. Flere nærliggende målestasjoner er vurdert som uegnet for flomanalyse. Dette skyldes enten avvikende feltparametere, for kort måleperiode eller dårlig målekvalitet.

Tabell 3 Representative og sammenlignbare målestasjoner med nedbørfeltparametere.

Målestasjon/ nedbørfelt	Areal (km²)	Eff. sjø-% (%)	Medianhøyde (moh.)	Middelvannføring (l/s/km²)
20.2 Austenå	277	1,6	763	39
25.24 Gjuvatn	97	7,0	1139	70
26.32 Holmvatn	79	2,7	1005	61
26.26 Jogla	31	0,1	1002	65
33.10 Sandvatn	70	1,9	1083	92
19.104 Songedalsåi	66	3,7	777	32
19.79 Gravå	6,3	0,0	659	23
19.78 Grytå	19	5,6	792	31
19.96 Storgama ovf.	0,6	6,2	615	33
18.11 Tjellingtjernbekk	2,0	1,5	377	30
19.80 Stigvassåi	14,5	0,2	263	28
21.51 Fardal	112	0,4	973	60
18.10 Gjerstad	236	3,5	313	30
25.8 Mygland	47	0,5	555	54
19.76 Tovsliøytjønn	116	3,1	739	32
Kvalsåni	**101**	**0,6**	**713**	**33,8**
Bjørnåi	**4,3**	**0,1**	**615**	**30,0**



Figur 7 Målestasjoner for vannføring benyttet i ved vurdering av flomvannføring.

2.4 Vurdering av årsavløp

Middelvannføring i Kvalsåni for perioden 1991-2020 er estimert til 33,8 l/s/km² ved bruk av NVEs web-applikasjon Nevina. Tilsvarende verdi for Bjørnåi er estimert til 30,0 l/s/km².

Tabell 4 viser en oversikt over middelvannføring ved de vurderte nedbørfeltene, og for målestasjonene som er vurdert i analysen. Tabellen viser at de målte verdiene i gjennomsnitt samsvarer bra med avrenningskartet. For videre beregninger er det valgt å legge til grunn middelvannføringer fra NVEs avrenningskart uten korrigering.

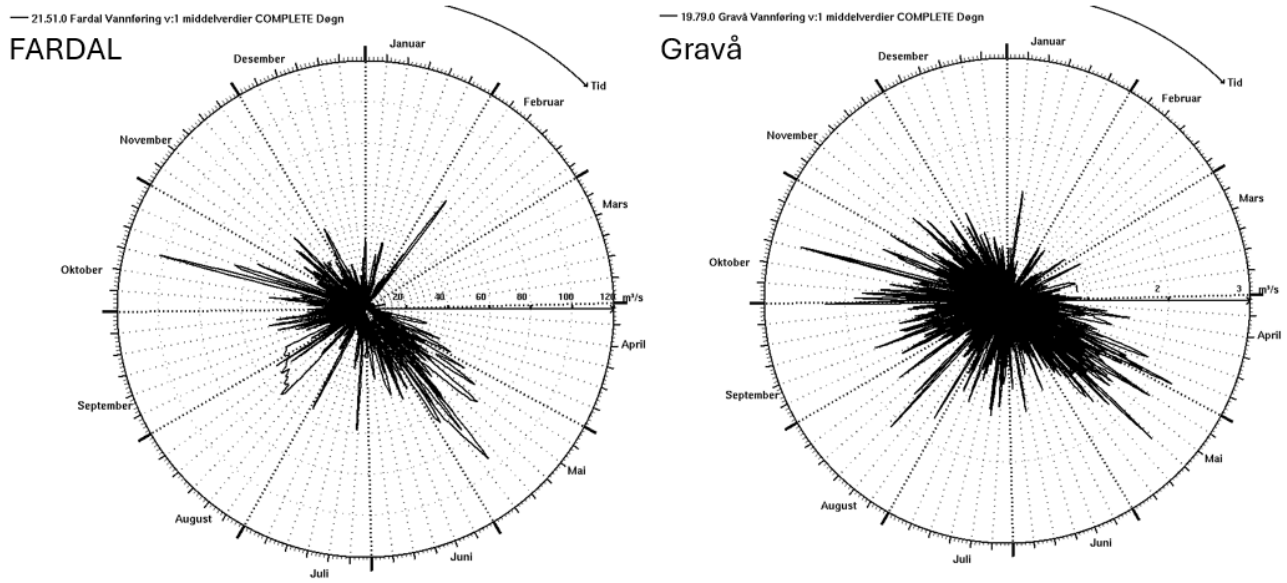
Tabell 4 Sammenligning av estimert og målt middelvannføring ved utvalgte vannmerker.

Nedbørfelt	Målt verdi (l/s/km²)	Avrenningskartet 1991-2020 (l/s/km²)	Forholdstall
20.2 Austenå	39	39	0,99
25.24 Gjuvatn	70	72	0,98
26.32 Holmvatn	61	69	0,89
26.26 Jogla	65	66	0,97
33.10 Sandvatn	92	69	1,33
19.104 Songedalsåi	32	32	1,00
19.79 Gravå	23	23	0,99
19.78 Grytå	31	30	1,01
19.96 Storgama ovf.	33	31	1,04
18.11 Tjellingtjernbekk	30	29	1,02
19.80 Stigvassåi	28	27	1,01
21.51 Fardal	60	52	1,15
18.10 Gjerstad	30	30	1,01
25.8 Mygland	54	58	0,93
19.76 Tovsliøytjønn	32	32	1,01
Gjennomsnitt	**45**	**44**	**1,02**
Kvalsåni		**33,8**	**-**
Bjørnåi		**30,0**	**-**

2.5 Vurdering av flomsesong

De vurderte nedbørfeltene ligger i Setesdal, omtrent 90 km fra kysten og øst for Setesdalsheiene. Plasseringen i et dalføre gir nedbørfeltene stor variasjon i høyde og vegetasjon, som i all hovedsak er skog.

Flertallet av de vurderte målestasjonene har største registrerte flomhendelse om høsten, men betydelige vårflommer forekommer også. Dette gjelder særlig stasjoner vest for Bygland, noe som er naturlig ettersom disse ligger høyere. Figur 8 illustrerer dette, og viser hvordan registrerte flomhendelser har fordelt seg over året ved de representative vannmerkene Fardal og Gravå. For nedbørfeltene til Kvalsåni og Bjørnåi er det vurdert at store flommer kan forekomme hele året og videre analyser er gjort på årsflom.



Figur 8 Årspolarplott fra målestasjonene Fardal og Gravå.

2.6 Flomfrekvensanalyse

Det er utført en flomfrekvensanalyse på døgndata for vannmerkene i Tabell 3. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbel- og GEV-fordeling. Tabell 5 viser estimert spesifikk døgnvannføring for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom ved de ulike målestasjonene.

Det er stort spenn i verdier hvor spesielt vannmerkene Gjuvatn og Gravå skiller seg ut med lave flomverdier. Gjuvatn har spesielt høy effektiv sjøprosent noe som ofte er en klar forklaringsparameter for dette. Denne trenden er tydelig også ved de andre målestasjonene og nedbørfelt med høy effektiv sjøprosent har typisk lavere flomvannføringer. Gravå skiller seg ut med lav effektiv sjøprosent og lav flomvannføring.

De høyeste vannføringsmålingene er estimert ved målestasjonene Jogla, Fardal og Mygland. Dette er mellomstore felt med lav effektiv sjøprosent.

Tabell 5 Frekvensanalyse utført på døgnvannføring.

Målestasjon	Antall år	Areal (km²)	Q_m (l/s/km²)	Q_{20} (l/s/km²)	Q_{200} (l/s/km²)	Q_{1000} (l/s/km²)	Fordeling	Kvalitet
20.2 Austenå	102	277	277	435	563	642	GEV	Ukjent
25.24 Gjuvatn	51	97	324	417	469	494	GEV	Bra
26.32 Holmvatn	43	79	437	698	965	1157	GEV	Ukjent
26.26 Jogla	53	31	632	1001	1418	1726	Gumbel	Ukjent
33.10 Sandvatn	34	70	581	802	1016	1165	Gumbel	Ukjent
19.104 Songedalsåi	45	66	336	544	747	887	Gumbel	Bra
19.79 Gravå	56	6,3	228	360	489	578	Gumbel	Ukjent
19.78 Grytå	44	19	275	454	627	748	Gumbel	Ukjent
19.96 Storgama ovf.	52	0,6	426	668	890	1027	GEV	Ukjent
18.11 Tjellingtjernbekk	45	2,0	514	841	1159	1379	Gumbel	Ukjent
19.80 Stigvassåi	54	14	432	789	1136	1377	Gumbel	Meget bra
21.51 Fardal	17	112	506	892	1266	1705	Gumbel	Middels
18.10 Gjerstad	45	236	395	609	816	960	Gumbel	Ukjent
25.8 Mygland	75	47	679	1140	1494	1701	GEV	Middels
19.76 Tovsliøytjønn	33	116	250	439	624	751	Gumbel	Middels
Maks	102	277	679	1140	1494	1726	-	-
Gjennomsnitt	50	78	419	672	912	1086	-	-
Min	17	0,6	228	360	469	494	-	-

2.7 Regional analyse ved regresjon

Regresjonsanalyse er en statistisk analysemetode som gir mulighet til å beskrive sammenhengen mellom en avhengig og flere uavhengige variabler. En slik analyse muliggjør en regional flomfrekvensanalyse som statistisk estimerer korrelasjoner mellom feltparameter og spesifikke flomstørrelser.

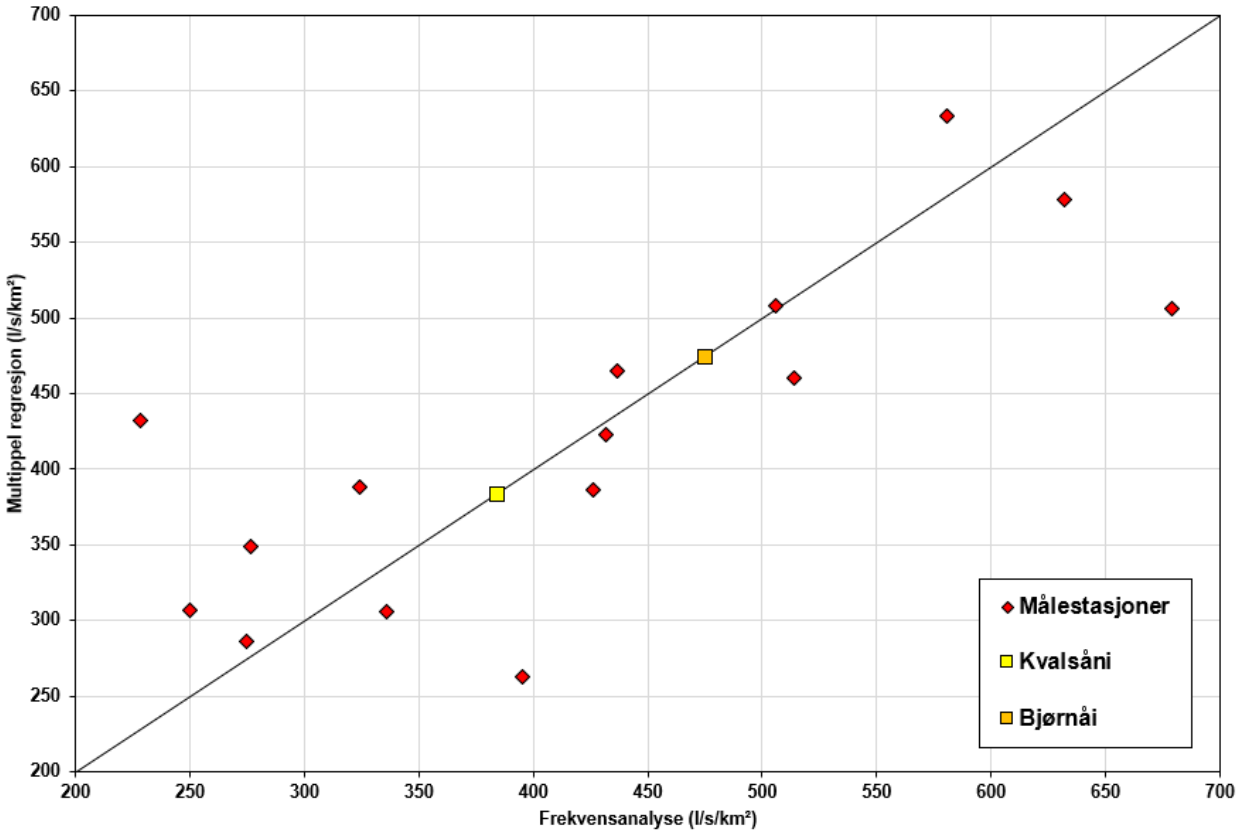
Det er utført en regresjonsanalyse hvor spesifikk vannføring ved middelflom forklares fra nedbørfeltstørrelse, middelvannføring og effektiv sjøprosent. Analysen er basert på de samme vannmerkene som i frekvensanalysen. R^2-verdien til regresjonsligningen er på 0,59 noe som er en akseptabel, men ikke bra tilnærming. Det er få måleserier i vurderingen, og styrken i analysen må ikke overvurderes.

Figur 9 viser spredningsdiagram ved regresjon for middelflom, mens benyttet ligning er gjengitt under. Tabell 6 viser beregnet middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom i Kvalsåni og Bjørnåi. Oppskalering er gjort med gjennomsnittlige forholdstall hentet fra frekvensanalysen. Alternativt kunne forholdstall fra NVEs RFFA eller NIFS-verdier blitt lagt til grunn. Det hadde resultert i ca. 20 % større flomverdier ved 200-årsflom.

$$\mathbf{Q_m = 380 - 30,27\ (logA) + 4,70\ (Qn) - 26,52\ (Eff.sjø.\%)}$$

Tabell 6 Spesifikke flomverdier (døgnmiddel) beregnet med regresjonsanalyse.

Gjentaksintervall	Forholdstall	Flomstørrelse Kvalsåni (l/s/km²)	Flomstørrelse Bjørnåi (l/s/km²)
Middelflom (Q_m)	1,00	384	475
20-årsflom (Q_{20})	1,60	614	760
200-årsflom (Q_{200})	2,17	833	1031
1000-årsflom (Q_{1000})	2,58	991	1225



Figur 9 Regresjonsplott med vurderte målestasjoner og middelflomestimater for Kvalsåni og Bjørnåi.

2.8 NVEs regionale formelverk

NVE har utviklet to ulike formelverk (listet under) for å beregne flomvannføring i vassdrag hvor det er begrenset tilgang på måledata. Begge metodene er tilpasset norske hydrologiske forhold og gir et godt utgangspunkt for vurdering av flomvannføring.

1) RFFA-2018
2) Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS)

RFFA-2018 (Regional Flomfrekvensanalyse) er en statistisk metode utviklet for å estimere flomvannføringer i små og mellomstore uregulerte nedbørfelt. Metoden bygger på regional analyse av historiske flomdata fra målestasjoner. RFFA-2018 er gyldig for felt med areal mellom ca. 0,5 og 500 km², som ikke er påvirket av regulering eller urbanisering. Metoden er dokumentert i NVEs Veileder 1/2022.

NIFS stammer fra FoU-programmet Naturfare - Infrastruktur - Flom - Skred, og er spesielt utviklet for små uregulerte nedbørfelt. Formelverket er basert på regionale målinger fra hele landet og er egnet for felt med areal som er mindre enn 60 km². NIFS brukes som et supplement til RFFA for nedbørfelt innenfor gyldighetsområdet.

2.8.1 RFFA-2018

Flomverdiene for Kvalsåni og Bjørnåi, beregnet med RFFA-2018, er vist i tabell 7. For å kontrollere beregningene er det gjort en sammenligning med et utvalg målestasjoner fra analysen, der RFFA-resultatene er vurdert mot verdier fra frekvensanalysen. Sammenligningen, vist i tabell 10, tilsier at RFFA-2018 gir resultater som stemmer godt overens med frekvensanalysen.

Tabell 7 Døgnmiddelverdier for Kvalsåni og Bjørnåi beregnet med RFFA-2018.

Nedbørfelt	Middelflom (l/s/km²)	20-årsflom (l/s/km²)	200-årsflom (l/s/km²)	1000-årsflom (l/s/km²)
Kvalsåni	287	520	740	899
Bjørnåi	372	674	953	1163

Tabell 8 Sammenligning av flomverdier ved 200-årsflom beregnet med RFFA-2018 og flomfrekvensanalyse.

Målestasjon	200-årsflom RFFA-2018 (l/s/km²)	200-årsflom frekvensanalyse (l/s/km²)	Forhold
Gjuvatn	507	469	1,08
Songedalsåi	842	747	1,13
Gravå	520	489	1,06
Storgama ovf	798	890	0,90
Tjellingtjernbekk	1020	1159	0,88
Stigvassåi	1204	1136	1,06
Gjerstad	815	816	1,00
Mygland	1493	1494	1,00
Tovsliøytjønn	634	624	1,02

2.8.2 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS)

Beregninger med NVEs formelverk for små nedbørfelt gir døgnflomverdier for Kvalsåni og Bjørnåi som vist i Tabell 9. Det presiseres at Kvalsåni ligger utenfor formelverkets gyldighetsområde, og verdien er derfor kun inkludert som en kontroll. Skalering fra 200-årsflom til 1000-årsflom er utført ved bruk av gjennomsnittlige forholdstall fra frekvensanalysen.

Det er også gjennomført en sammenligning mellom flomverdier fra formelverket og fra frekvensanalysen. Resultatene (Tabell 10) viser betydelige avvik ved flere målestasjoner, der formelverket både over- og underestimerer i forhold til frekvensanalysen. Tilsvarende avvik fremkommer når målt middelflom sammenlignes med middelflom beregnet med NIFS. Det indikerer at NIFS trolig gir mindre presise estimater i denne regionen.

Tabell 9 Døgnflomverdier for Kvalsåni og Bjørnåi beregnet med NVEs formelverk for små nedbørfelt.

Nedbørfelt	Middelflom (l/s/km²)	20-årsflom (l/s/km²)	200-årsflom (l/s/km²)	1000-årsflom (l/s/km²)
Kvalsåni	298	505	808	953
Bjørnåi	344	585	935	1103

Tabell 10 Sammenligning mellom flomverdier beregnet med NIFS og med frekvensanalyse ved utvalgte målestasjoner.

Målestasjon	200-årsflom NIFS (l/s/km²)	200-årsflom frekvensanalyse (l/s/km²)	Forhold
Jogla	1488	1418	1,05
Gravå	757	489	1,55
Grytå	801	627	1,28
Storgama ovf	1001	890	1,12
Tjellingtjernbekk	909	1159	0,78
Stigvassåi	803	1136	0,71
Mygland	1218	1494	0,82

2.9 Kulminasjonsfaktor

Flomstørrelsene beregnet i de foregående avsnittene representerer gjennomsnittlig vannføring over ett døgn. Den maksimale flomtoppen vil alltid være høyere enn døgnmiddelverdien, og det er derfor nødvendig å oppskalere døgnflommen med en kulminasjonsfaktor for å beregne største flomverdi.

Ideelt fastsettes forholdet mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom ved analyse av historiske flomhendelser i det aktuelle vassdraget. Dersom slike data ikke er tilgjengelige, kan NVEs formelverk for kulminasjonsfaktor benyttes, eller det kan gjøres vurderinger på sammenlignbare felt. Siden det ikke finnes nærliggende målestasjoner med tilgjengelige timesmålinger, er forholdet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom beregnet ved hjelp av NVEs ligning for høstflom (NVE-rapport 7-2015). Resultatet gir faktorene $Q_{mom}/Q_{døgn}$ som vist i Tabell 11.

Tabell 11 Kulminasjonsfaktor beregnet for Kvalsåni og Bjørnåi beregnet med NVE formelverk

Nedbørfelt	Kulminasjonsfaktor Q_{mom} / $Q_{døgn}$
Kvalsåni	1,50
Bjørnåi	2,02

2.10 Vurdering av klimapåslag

Klimaframskrivinger for Norge indikerer endringer i temperatur- og nedbørsmønstre i framtiden. I Agder-fylkene dominerer regnflommer om høsten og vinteren, og denne tendensen forventes å bli tydeligere framover. NVE anbefaler et klimapåslag på 20 % for alle større nedbørfelt i regionen, samt minimum 20 % for mindre nedbørfelt (<100 km²) som reagerer raskt på styrtregn. De største endringene er ventet i kystnære områder, mens høyereliggende felt i indre strøk vil oppleve mindre påvirkning.

NVE har utviklet et kartlag med anbefalte klimapåslag for ulike elvestrekninger i landet. Disse anbefalingene er generert automatisk basert på klimascenarioer, statistiske analyser på hydrologiske data og nedbørfeltegenskaper. Figur 10 viser et utsnitt fra kartet over Bygland, der Kvalsåni har en anbefaling om 20 % klimapåslag. Bjørnåi er ikke inkludert i kartet, men elvene Nordåni og Søråni, som ligger oppstrøms Kvalsåni, har en anbefaling om 40 % påslag. Klimapåslaget i Byglandsfjord er 0 %.

Klimapåslag er ikke et formelt krav, men NVE anbefaler generelt å inkludere dette ved prosjektering av varige tiltak langs vassdrag. Norconsult legger derfor til grunn et klimapåslag på 20 % for vannføring i Kvalsåni og 40 % i Bjørnåi. Bjørnåi har større klimapåslag siden nedbørfeltet er mindre.



Figur 10 Utsnitt fra NVEs kart med anbefalte klimapåslag for vassdrag.

2.11 Valg av flomvannføring

Flomvannføringen i Kvalsåni og Bjørnåi er beregnet ved bruk av metodene listet opp under. Resultatverdier fra metodene med spesifikk 200-årsflom er vist i Tabell 12.

- Flomfrekvensanalyse på utvalgte målestasjoner
- Regional analyse ved regresjonsanalyse
- NVEs regionale formelverk (NIFS og RFFA-2018)

Resultatene fra frekvensanalysen viser stor variasjon der de laveste verdiene stammer fra nedbørfelt med høy effektiv sjøprosent. Når stasjoner med effektiv sjøprosent større enn 3,0 % ekskluderes, ligger spesifikk 200-årsflom i intervallet 489–1494 l/s/km², med et gjennomsnitt på 1056 l/s/km².

Regresjonsanalysen og NVEs formelverk gir 200-årsflom på 740–883 l/s/km² for Kvalsåni, mens tilsvarende flomverdi i Bjørnåi er 935–1031 l/s/km². Flomverdiene i Bjørnåi blir høyere på grunn av mindre feltstørrelse.

Det hydrologiske grunnlaget vurderes som usikkert, og målingene varierer betydelig. Etter en samlet vurdering av alle metoder er det valgt å vektlegge flomverdier beregnet med regresjonsanalyse, med en moderat oppjustering. Endelige døgnflomverdier blir da:

- Spesifikk 200-årsflom i Kvalsåni = 900 l/s/km²
- Spesifikk 200-årsflom i Bjørnåi = 1050 l/s/km²

For små nedbørfelt (<50 km²) i indre Sørlandet viser NVEs erfaringsgrunnlag at døgnmiddelverdier for 1000-årsflom ligger rundt 1500 l/s/km², mens mellomstore felt (50–500 km²) ligger rundt 1000 l/s/km². Nedskalering til 200-årsflom med forholdstall Q_{200}/Q_{1000} = 0,84 gir henholdsvis 1260 og 840 l/s/km², noe som stemmer forholdsvis bra med de valgte verdiene.

Fastsatte flomverdier for ulike gjentaksintervall i Kvalsåni og Bjørnåi er vist i Tabell 13 og Tabell 14. Skalering fra 200-årsflom til øvrige intervaller er gjort med gjennomsnittlige forholdstall fra frekvensanalysen. Kulminasjonsverdier og klimapåslag er inkludert som beskrevet i kapittel 2.9 og 2.10.

Tabell 12 Flomtilsig (døgnverdi) til vurderte nedbørfelt beregnet med ulike metoder.

Beregningsmetode	200-årsflom Kvalsåni (l/s/km²)	200-årsflom Bjørnåi (l/s/km²)
Frekvensanalyse døgndata (min - gj.sn - maks)	489-1056-1494	
Regional analyse ved regresjon	883	1031
RFFA-2018	740	953
NVEs formelverk for små nedbørfelt	-	935

Tabell 13 Fastsatt flomvannføring i Kvalsåni ved ulike gjentaksintervall.

Gjentaksintervall	Døgnflom (l/s/km²)	Døgnflom (m³/s)	Maks vannføring (m³/s)	Maks vannføring inkl. 20 % klimapåslag (m³/s)
20 år (0,74)	666	67	101	-
200 år (1,0)	900	91	136	164
1000 år (1,18)	1062	107	161	193

Tabell 14 Fastsatt flomvannføring i Bjørnåi ved ulike gjentaksintervall.

Gjentaksintervall	Døgnflom (l/s/km²)	Døgnflom (m³/s)	Maks vannføring (m³/s)	Maks vannføring inkl. 40 % klimapåslag (m³/s)
20 år (0,74)	777	3,3	6,7	-
200 år (1,0)	1050	4,5	9,1	12,8
1000 år (1,18)	1239	5,3	10,8	15,1

3 Hydraulisk vannlinjemodell

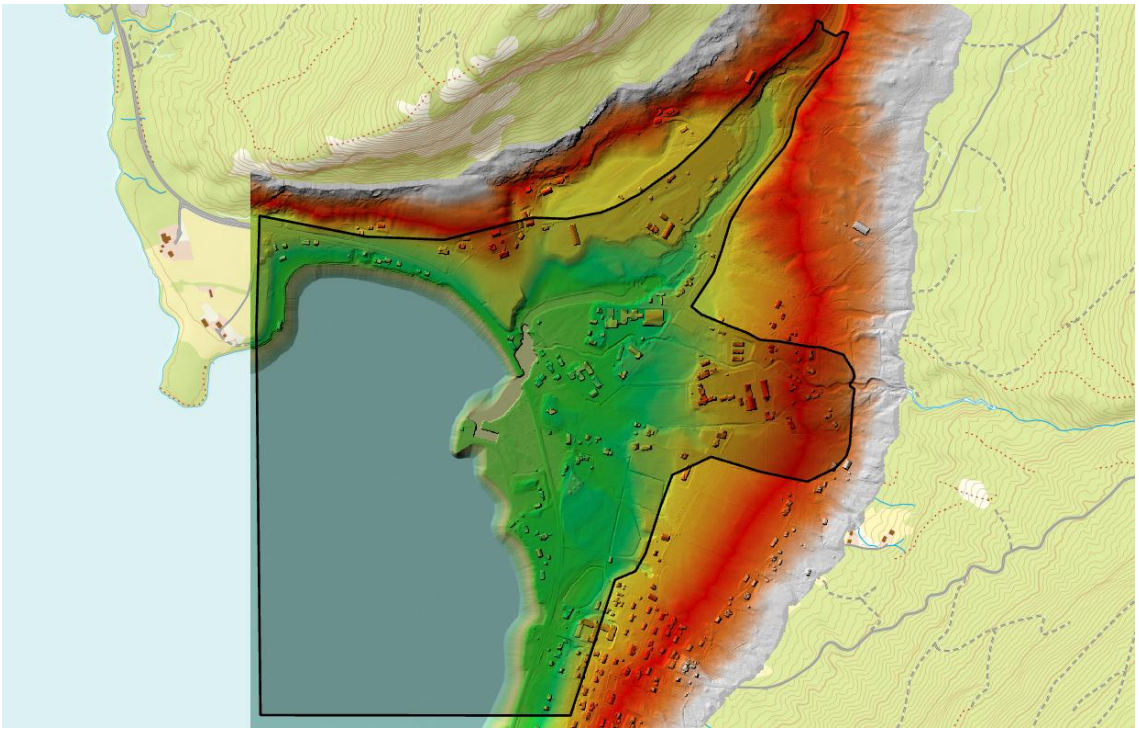
3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Flomkartlegging langs Kvalsåni og Bjørnåi gjennom Bygland er utført ved bruk av en hydraulisk 2D-modell i programvaren HEC-RAS. Modellgrunnlaget består av lidar-terrengdata hvor det er utført skjønnsmessige korrigeringer av dybder i elve- og bekkeløpene der dette har vært nødvendig.

HEC-RAS beregner vannføring mellom celler i et beregningsnett. Cellestørrelsen varierer i modellen, men i Kvalsåni er den satt til 4x4 meter, mens 2x2 meter er benyttet i Bjørnåi. Terrengformasjoner er representert ved bruk av «break lines» for å sikre korrekt topografisk gjengivelse. Elveløpet er også definert med «break lines» for å orientere cellene i tråd med vannets strømningsretning. Modellen benytter ligningssettet «SWE-ELM» med krav om at Courant-tallet ikke overstiger 1,0 for å sikre numerisk stabilitet. Modellområdet er vist i Figur 11, og sentrale modellvalg er oppsummert i Tabell 15.

Tabell 15 Informasjon om vannlinjemodell benyttet for flomkartlegging gjennom Bygland.

Parameter	Verdi
Dataprogram	HEC-RAS
Modelltype	2-dimensjonal
Terrenggrunnlag	Lidar-data lastet ned fra høydedata.no: NDH Evje-Bygland 5pkt 2017
Høydesystem	NN2000
Korrigeringer i elveløp	Skjønnsmessige korriger uten bunnkartlegging
Cellestørrelse i modell	2x2 meter og 4x4 meter er benyttet i elveløp
Ligningssett	SWE-ELM
Turbulensmodell	Non-Conservative
Øvre grensebetingelse	Flomvannføring ved ulike gjentaksintervall som gitt i Tabell 13 og Tabell 14
Nedre grensebetingelse	Vannstand som gitt i Tabell 1, beskrevet i kapittel 3.2.1
Friksjonsforhold	Fastsatt med AR5-fil fra FKB-data og erfaringstall fra Vassdragshåndboka.



Figur 11 Utsnitt av benyttet terreng og modellert område.

3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold

3.2.1 Grensebetingelser

Vannlinjemodellen for vassdragene er satt opp med en øvre og en nedre grensebetingelse, hvor oppstrøms grensebetingelse er beregnet flomvannføring i Kvalsåni og Bjørnåi ved de vurderte gjentaksintervallene 20-, 200- og 1000 år. Fordi flomhendelser har lang varighet sammenlignet med modellens konsentrasjonstid er konstant kulminasjonsvannføring benyttet. Alternativet ville vært å simulere et flomforløp, men det ville ikke endret resultatet.

Nedre grensebetingelse er satt til en fast flomvannstand i Byglandsfjord. Vannstanden er hentet fra eksisterende flomkartlegging for Byglandsfjord som ble utarbeidet av Norconsult i 2022. Benyttede vannstander er opplyst i Tabell 1 og det forutsettes at like gjentaksintervaller forekommer samtidig for alle vassdragene. Det er en konservativ betraktning som kan påvirke resultatet i overgangssonen mellom Kvalsåni/Bjørnåi og Byglandsfjord.

Samtidighet for flomhendelser i ulike vassdrag som påvirker hverandre er krevende å vurdere. Basert på feltstørrelse, magasineringsgrad og utstrekning er det likevel rimelig at flommen i både Kvalsåni og Bjørnåi har passert før maksimal flomvannstand forekommer i Byglandsfjord. Det er derfor mulig å argumentere for at lavere vannstand i Byglandsfjord kan legges til grunn. For å avklare effekten av varierende flomnivå er det gjort en sensitivitetsanalyse hvor vannstanden i Byglandsfjord er variert. Sensitivitetsanalysen er beskrevet i kapittel 5.2.4 og konkluderer med at overgangssonen som påvirkes av dette blir så liten at det ikke er praktisk å hensynta ved fastsettelse av flomsoner til reguleringsplaner.

3.2.2 Friksjonsforhold

Friksjonsforholdene i vassdraget er vurdert fra kartdata, bilder og flyfoto. Kvalsåni har en elvebunn bestående av sand, stein og bart fjell, mens elvebredden enten er skog eller jordbruksarealer. Bjørnåi er brattere og elvebredden består i større grad av åpne områder, veger og bebygde arealer. Bekken krysser også under flere mindre bruer.

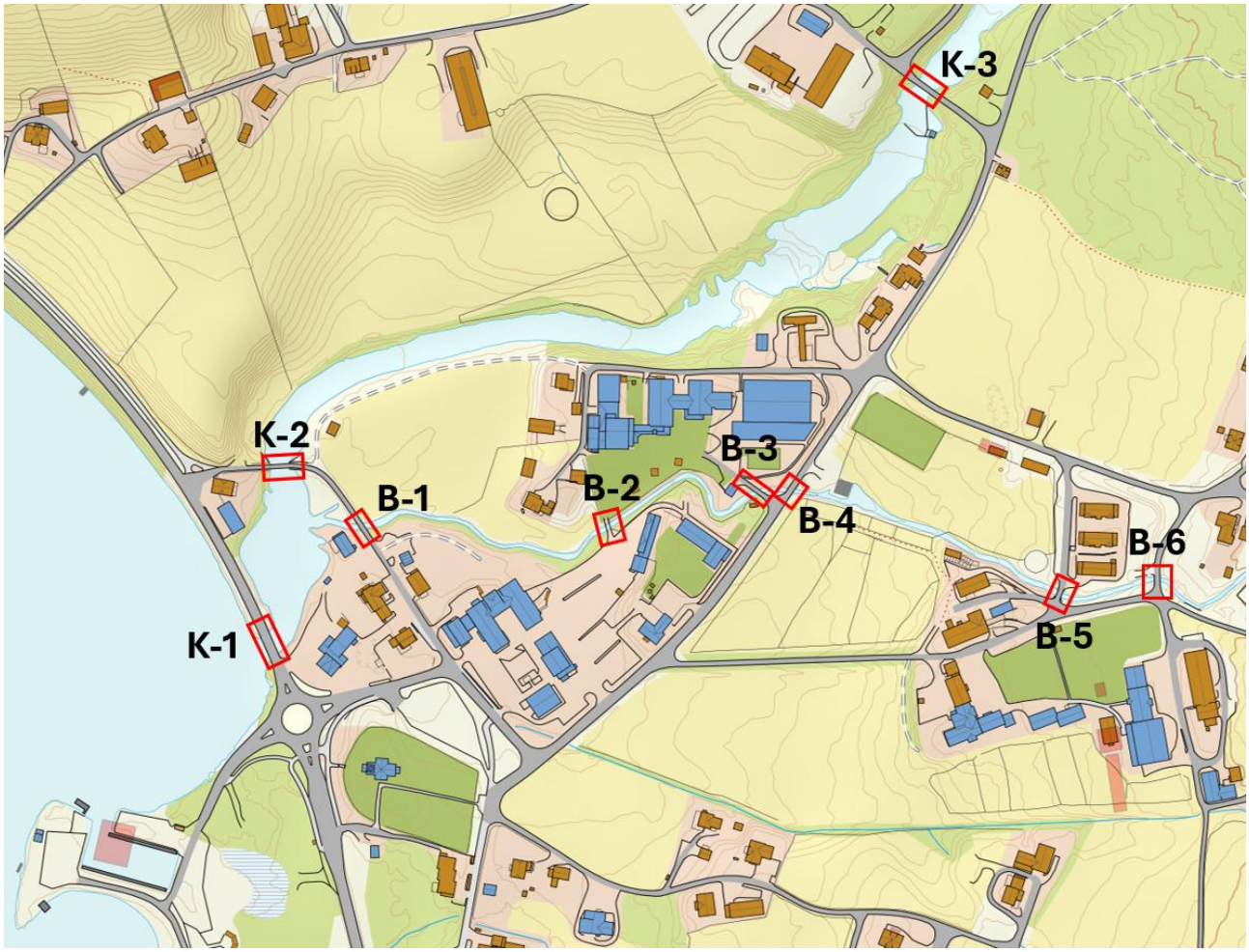
Friksjonsfaktoren i modellen er basert på Manningstall (M=1/n), og varierer fra n=0,025 der det er veger til n=0,1 i skogområdene. Manningstallet i elveløpet er satt til 0,030. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, mens valg av Manningstall er gjort med utgangspunkt i erfaringstall fra vassdragshåndboka til NVE. En oversikt over Manningstall benyttet i modellen er vist i Tabell 16.

Tabell 16 Oversikt over Mannings-tall benyttet i vannlinjemodellene.

Arealtype	Mannings-koeffisient (n)
Bebygd	0,040
Infrastruktur	0,025
Fastmark og jordbruksareal	0,060
Ferskvann	0,035
Skog	0,100
Myr	0,080

3.3 Infrastruktur, bebyggelse og andre forhold langs vassdraget

Både Kvalsåni og Bjørnåi krysses av flere bruer innenfor analyseområdet. Plassering til disse bruene er markert på kart i Figur 12. Alle bruene som blir berørt under flom er inkludert i vannlinjemodellen gjennom brufunksjonen som finnes i HEC-RAS. Flere av bruene langs Bjørnåi blir flaskehalser ved stor flom, noe som fører til flom på avveie. Bilder av bruene med enkel oppmåling ligger vedlagt i Bilag 2.



Figur 12 Kart med bruer som krysser Kvalsåni og Bjørnåi gjennom Bygland.

4 Resultater og konklusjon

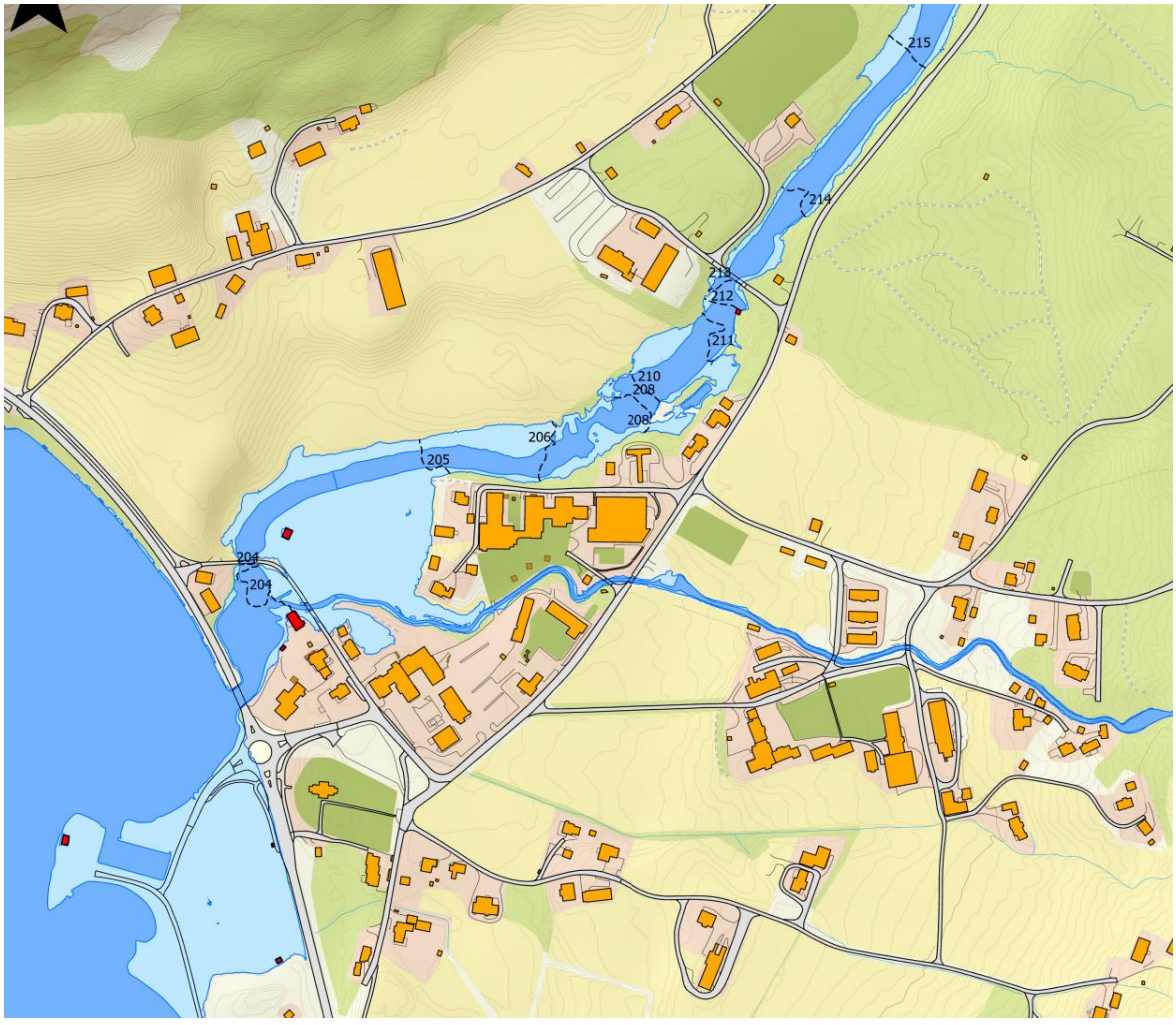
4.1 Resultat og forutsetninger

Resultater fra utført flomsonekartlegging er presentert på kart som ligger vedlagt i Bilag 1. Kartene viser oversvømt område, vanndybder, vannhastigheter og flomfare. Flomfarekartet er et sammensatt kart som viser produktet av vanndybder og vannhastigheter. Kartet er ment å illustrere hvor flomskadepotensialet er størst. Bygg er markert som berørt hvis de er i kontakt med flomsonen uavhengig av vanndybde, og kartet vurderer derfor ikke om skader vil forkomme. Markering av bygg gjøres analytisk og det kan være lokale forhold som både gjør utvelgelsen upresis.

4.2 Flomutbredelse og vannivå

4.2.1 20-årsflom (sikkerhetsklasse F1)

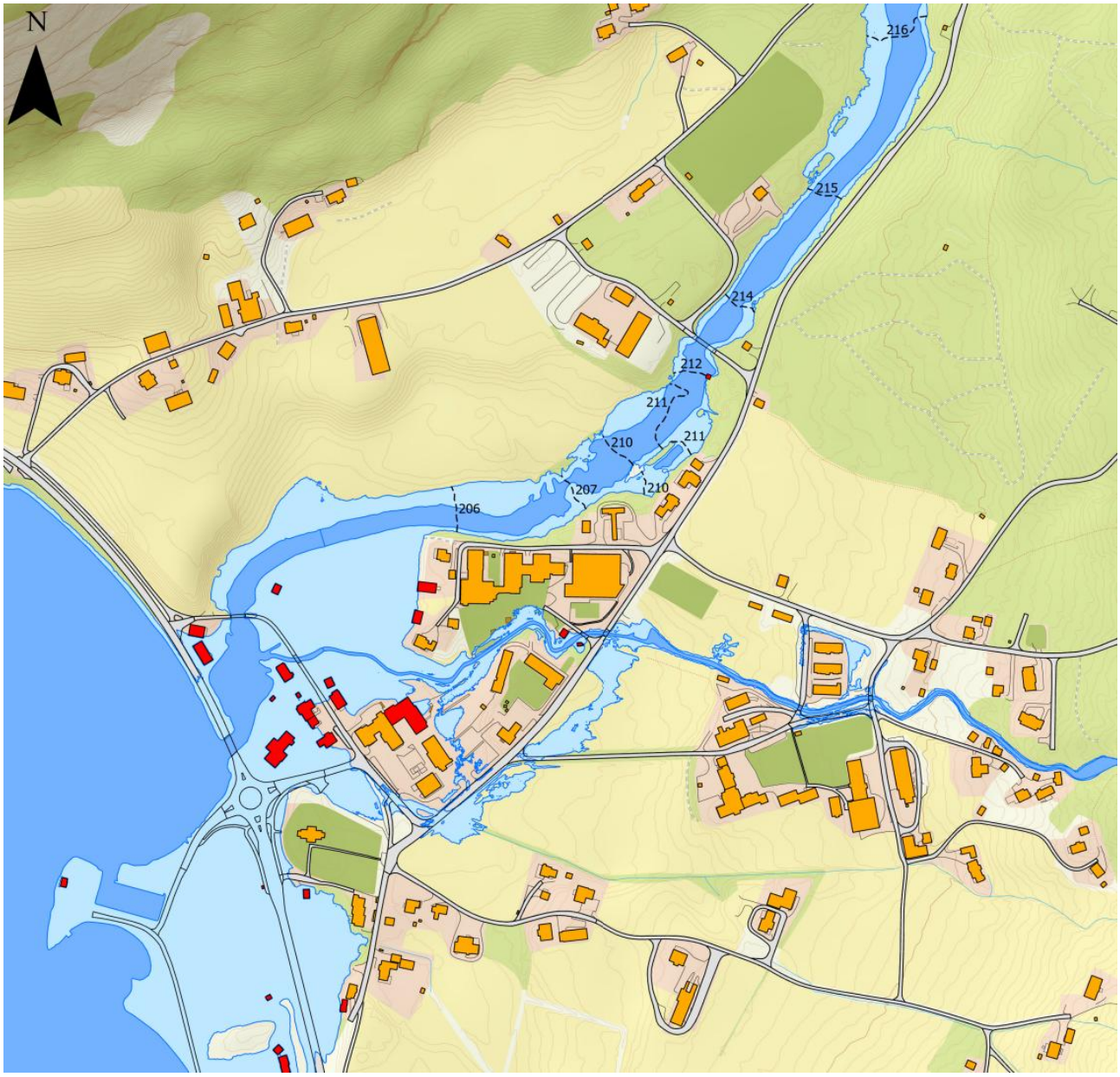
20-årsflom i Kvalsåni og Bjørnåi gir økt vannstand og oversvømmelse på lavtliggende arealer langs vassdragene. Spesielt blir Tangen berørt langs Byglandsfjord i tillegg til et jordbruksareal nord for sentrum. Med unntak av enkelte driftsbygninger for jordbruk er det ingen bygg som blir berørt. Utsnitt fra flomsonekart er vist i Figur 13.



Figur 13 20-årsflom i Bygland.

4.2.2 200-årsflom inkl. klimapåslag (sikkerhetsklasse F2)

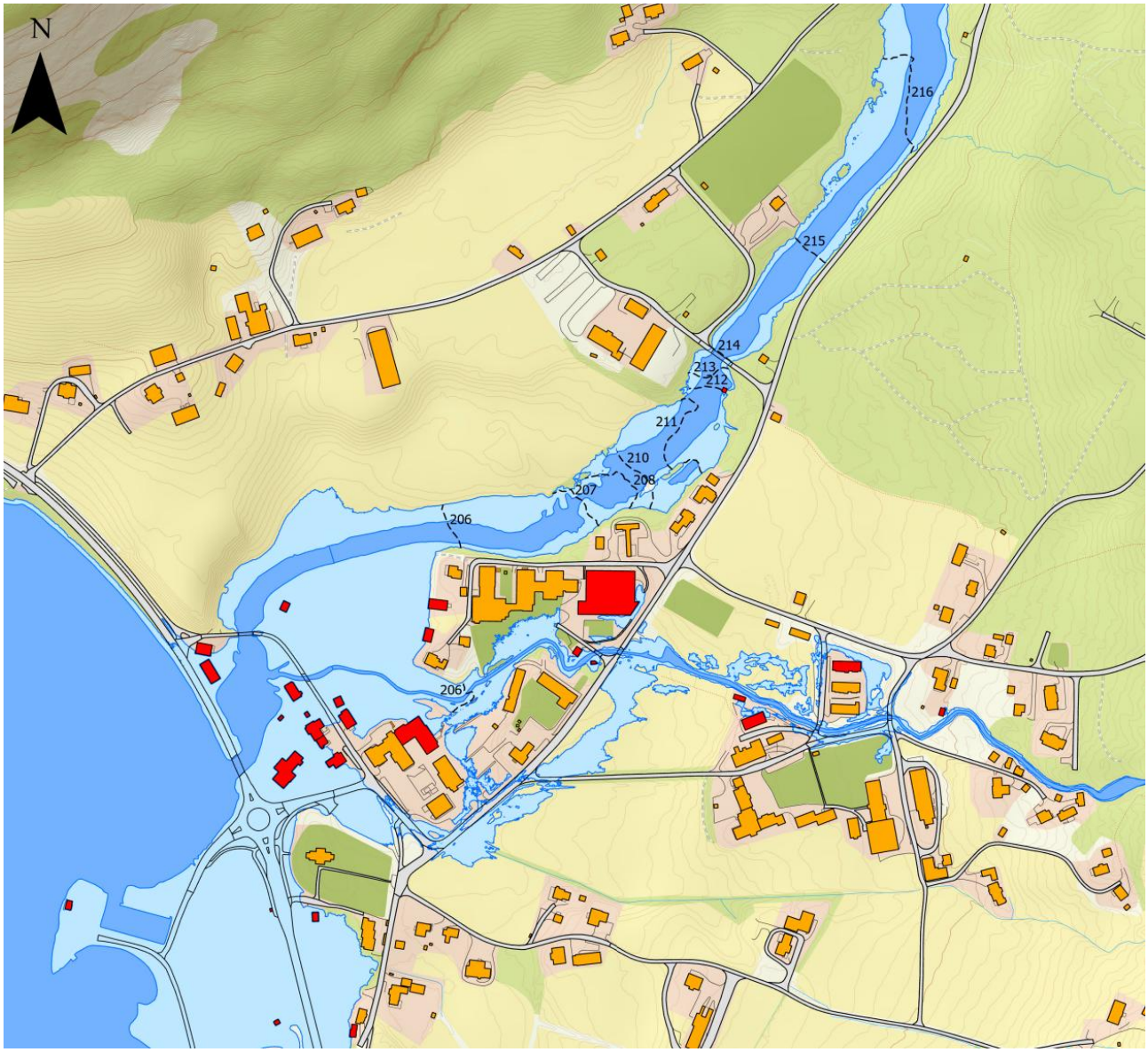
200-årsflom vil føre til betydelig økt vannstand i vassdragene, som igjen vil føre til oversvømmelse av arealer i Bygland sentrum. Det forventes at kapasiteten i Bjørnåi overstiges og at vann vil renne ut av elveløpet. Bygninger i sentrum og tett på Byglandsfjord vil bli berørt.



Figur 14 200-årsflom inkl. klimapåslag gjennom Bygland.

4.2.3 1000-årsflom inkl. klimapåslag (sikkerhetsklasse F3)

Figur 15 viser modellert 1000-årsflom inkl. klimapåslag gjennom Bygland. Berørte områder er i stor grad likt som ved 200-årsflom inkl. klimapåslag, men vannføring utenom elveløpene og spesielt fra Bjørnåi er forventet å øke.



Figur 15 1000-årsflom inkl. klimapåslag gjennom Bygland.

4.3 Vurdering av sikker byggehøyde

I forbindelse med byggesaker skal behovet for et vertikalt sikkerhetspåslag på beregnede flomnivåer vurderes [2]. Dette gjøres for å ta hensyn til usikkerheter i beregningene. Størrelsen på sikkerhetspåslaget fastsettes ved å øke vannføringen med prosentvise påslag og avhenger av kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget og hvor bra kalibreringsdataene er.

Forhold som styrer det vertikale sikkerhetspåslag i Kvalsåni og Bjørnåi er oppsummert i Tabell 17 og tilsier at vannføringen bør økes med 40-50 % for å ta hensyn til usikkerheten i modelleringen. Hvis vannføringen i vassdraget økes med 40 % stiger vannlinjen med opp mot ca. 0,5 meter. Vannstandsstigningen blir størst på flate strekninger og mindre der elva er brattere. Ved tiltak langs Kvalsåni og Bjørnåi anbefales et sikkerhetspåslag på 0,5 meter. Tidligere beregninger tilsier at vertikalt sikkerhetspåslag langs Byglandsfjord bør være minimum 0,3 meter. Denne vurderingen står seg.

Tabell 17 Forhold som styrer sikkerhetspåslag i Kvalsåni og Bjørnåi.

Hva	Klasse / faktor / nivå
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse D/E
Klassifisering av flomberegning	Klasse 3
Prosentvist påslag på flomberegning	40-50 % økt vannføring
Vertikalt sikkerhetspåslag langs Kvalsåni	0,5 meter
Vertikalt sikkerhetspåslag langs Bjørnåi	0,5 meter
Vertikalt sikkerhetspåslag langs Byglandsfjord	0,3 meter

5 Diskusjon av resultatet

5.1 Vurdering av kvalitet

5.1.1 Kvalitet på hydrologisk grunnlag

Det hydrologiske datagrunnlaget som ligger til grunn for flomberegningene i denne rapporten er vurdert til å tilhøre datakvalitetsklasse 3. Dette innebærer «brukbart hydrologisk grunnlag», men med betydelige variasjoner i spesifikke flomstørrelser innen området». Det er gjennomført en regional analyse basert på flere vannføringsserier, som viser en rimelig god sammenheng. Likevel er det variasjoner i beregningsresultatene som bidrar til en viss grad av usikkerhet.

De beregnede flomnivåene er direkte avhengige av vannføringsverdiene. Dersom disse verdiene endres i fremtiden, vil det kunne påvirke vannstandsnivåene. Det er vurdert at et forbedret hydrologisk datagrunnlag vil kunne endre de flomnivåene som er presentert i rapporten. Samtidig må det understrekes at det kreves betydelige endringer i vannføringen for å gi vesentlig utslag på flom- og vannstandsnivåene.

5.1.2 Kvalitet på GIS-grunnlag

Terrenggrunnlaget som er benyttet i HEC-RAS-modellen bygger på laserdata fra flyoppmåling, supplert med skjønnsmessige justeringer i nedre del av Kvalsåni og Byglandsfjord. I Bjørnåi er det ikke foretatt slike korrigeringer. Datagrunnlaget vurderes som godt, og terrengformasjonene er detaljert gjengitt. En svakhet ved modellen er manglende data for elvebunnen, men oppmålingen er utført ved relativt lav vannstand. Det er kun i nedre del av Kvalsåni og i Byglandsfjord at bunnkartlegging ville vært relevant. Ettersom vannstanden i Byglandsfjord er styrende for flomberegningene i denne delen av modellen, antas det at kartlegging av bunnen vil ha begrenset innvirkning på resultatene.

Det er ikke forventet at mer detaljerte terrengdata vil endre modellresultatene vesentlig. Det understrekes at terrenggrunnlaget gjenspeiler forholdene på oppmålingstidspunktet, og at endringer som kan påvirke resultatene kan ha forekommet eller oppstå i fremtiden. Terrengdataene stammer fra 2017, men fremstår fortsatt som relativt representative. Et unntak er området der Kvalsåni munner ut i Byglandsfjord, hvor det er etablert en rundkjøring og ny veg (se Figur 16). Dette medfører at modellert flomutbredelse i dette området blir noe unøyaktig. Vannlinjemodellen tar ikke høyde for terrengendringer som følge av erosjon eller massetransport, noe som utgjør en svakhet i beregningene. Slike prosesser må forventes under flom og kan påvirke både vannføring og flomutbredelse.



Figur 16 Flyfoto fra 2017 og 2023 ved utløpet til Kvalsåni i Byglandsfjord.

5.1.3 Beregningskvalitet

Det eksisterer ingen gode vannstandsmålinger fra vassdraget, og det er derfor ikke gjort noen kalibrering av vannlinjemodellen. Resultatene i beregningen er derfor utelukkende basert på vannlinjesimuleringene i HEC-RAS og kontroll mot lavere gjentaksintervall (middelflom). Kalibreringsdata ville forbedret nøyaktigheten til modellen og gitt sikrere resultater. Alle ikke-kalibrerte vannlinjemodeller innehar usikkerhet som må hensyntas ved vurdering av sikkerhetspåslag.

5.2 Sensitivitet i beregningene

5.2.1 Brukapasitet og styrende profiler

Utførte vannlinjesimuleringer tilsier at alle bruer innenfor analyseområdet (se Figur 12) kan bli berørt av stor flom med unntak av Bru-K-3 som ligger lengst opp i Kvalsåni. Bruene K-1, K-2 og B-1 ligger i nedre del av vassdraget hvor flomvannstanden i størst grad påvirkes av flomnivået i Byglandsfjord. Det gjør at bruene bare i liten grad fører til økt vannstand oppstrøms konstruksjonene. De resterende bruene i Bjørnåi ligger i forholdsvis bratt terreng og utførte beregninger tilsier at de har kapasitet til å håndtere en 20-årsflom. Ved økende vannføring vil de imidlertid bli berørt, noe som vil øke vannstanden direkte oppstrøms bruene og føre til at vannføringen renner ut av vassdraget. Dette er en utfordring for spesielt B-4, B-5 og B-6.

5.2.2 Sensitivitet i forhold til friksjonsforhold

Friksjonsforhold i benyttet vannlinjemodell er basert på Mannings-verdier som er satt skjønnsmessig basert på erfaringstall. For å vurdere hvordan ulike friksjonsforhold påvirker beregnet vannlinje er det gjort en sensitivitetsberegning hvor friksjonen i elveløpet både er redusert og økt. Benyttet vannlinjemodell er satt opp med en Manningskoeffisient på 0,03, mens det er endret til 0,02 og 0,04 i sensitivitetsvurderingen. Mer og mindre friksjon gir høyere og lavere vannstand, men endringen er ikke større enn 10 cm. Det er derfor vurdert at friksjonsforholdene i liten grad påvirker resultatet. Hvis friksjonen skal endre vannstanden betydelig må Manningskoeffisienten settes til en kunstig høy/lav verdi som ligger utenfor erfaringsgrunnlaget.

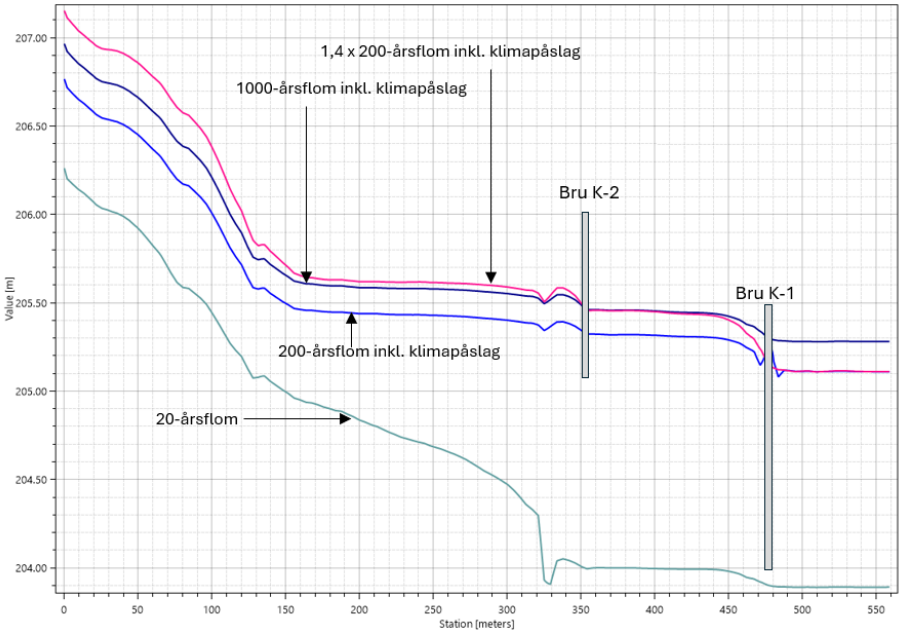
5.2.3 Sensitivitet i forhold til vannivåer i Byglandsfjord

Vannstanden i nedre del av vannlinjemodellen styres av vannstanden i Byglandsfjord. I presenterte resultater er det forutsatt at samme gjentaksintervall forekommer likt i både Kvalsåni, Bjørnåi og Byglandsfjord. På grunn av ulik feltstørrelse, lengde og reguleringsgrad er en slik hendelse konservativ, og mindre sannsynlig enn gjentaksintervallene gir utrykk for.

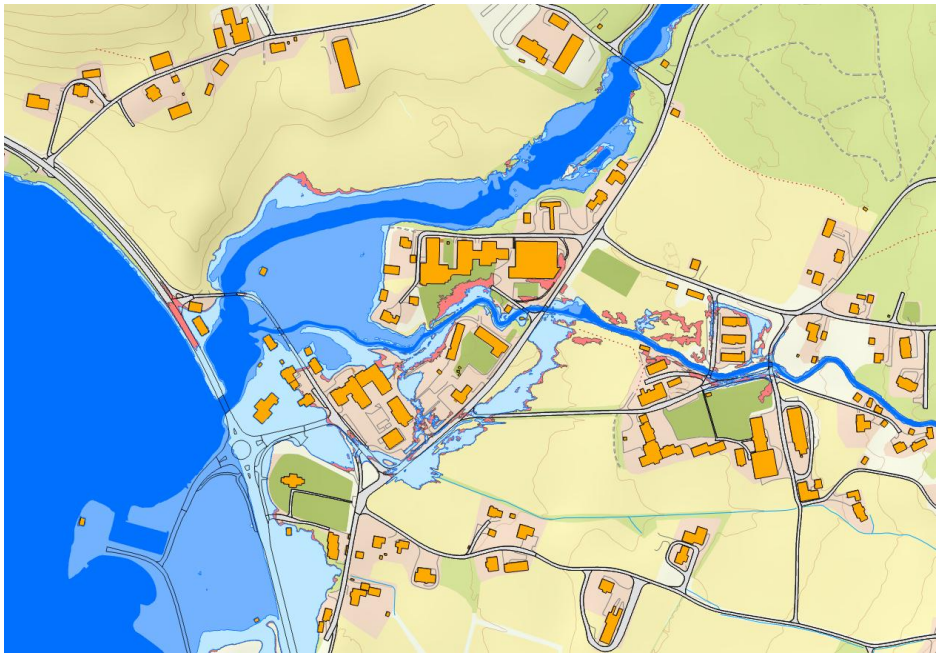
For å vurdere effekten av dette er 200-årsflom inkl. klimapåslag simulert med både 200-års (205,11 moh.) og ved års-flomvannstand i Byglandsfjord (202,95 moh.). Differansen mellom disse to vannstandene er 2,16 meter. Endringen påvirker vannstanden i Kvalsåni til 350 meter oppstrøms bru K-1. I Bjørnåi påvirkes vannstanden til 260 meter oppstrøms samme nullpunkt. Valget påvirker skadeomfanget forholdsvis lite i de bebygde delene av Bygland. Langs Byglandsfjord gir følgelig lavere vannstand også tilsvarende mindre oversvømmelse. Oppstrøms skillelinjen er det vannføring som er styrende for flomkonsekvensene, mens nedstrøms er det vannstanden i Byglandsfjord.

5.2.4 Sensitivitet i forhold til vannføring

For å vurdere hvordan ulik vannføring i Kvalsåni og Bjørnåi påvirker vannstanden i elvene er flom simulert ved flere ulike gjentaksintervaller og med ulike påslag. Figur 17 viser vannlinjer i nedre del av Kvalsåni ved ulike flomsituasjoner. Større vannføring gir følgelig høyere vannstand, og figuren viser det området hvor vannstandsforskjellen er størst. For de brattere delene av vassdraget blir vannstandsstigningen mindre, noe som både skyldes høyere vannhastighet, men også at vann renner ut av elveløpene og på den måten får større strømningsareal. Kart som sammenligner flomsoner ved ulike gjentaksintervall, er vist i Figur 18.



Figur 17 Vannlinjer i nedre del av Kvalsåni ved ulike gjentaksintervall

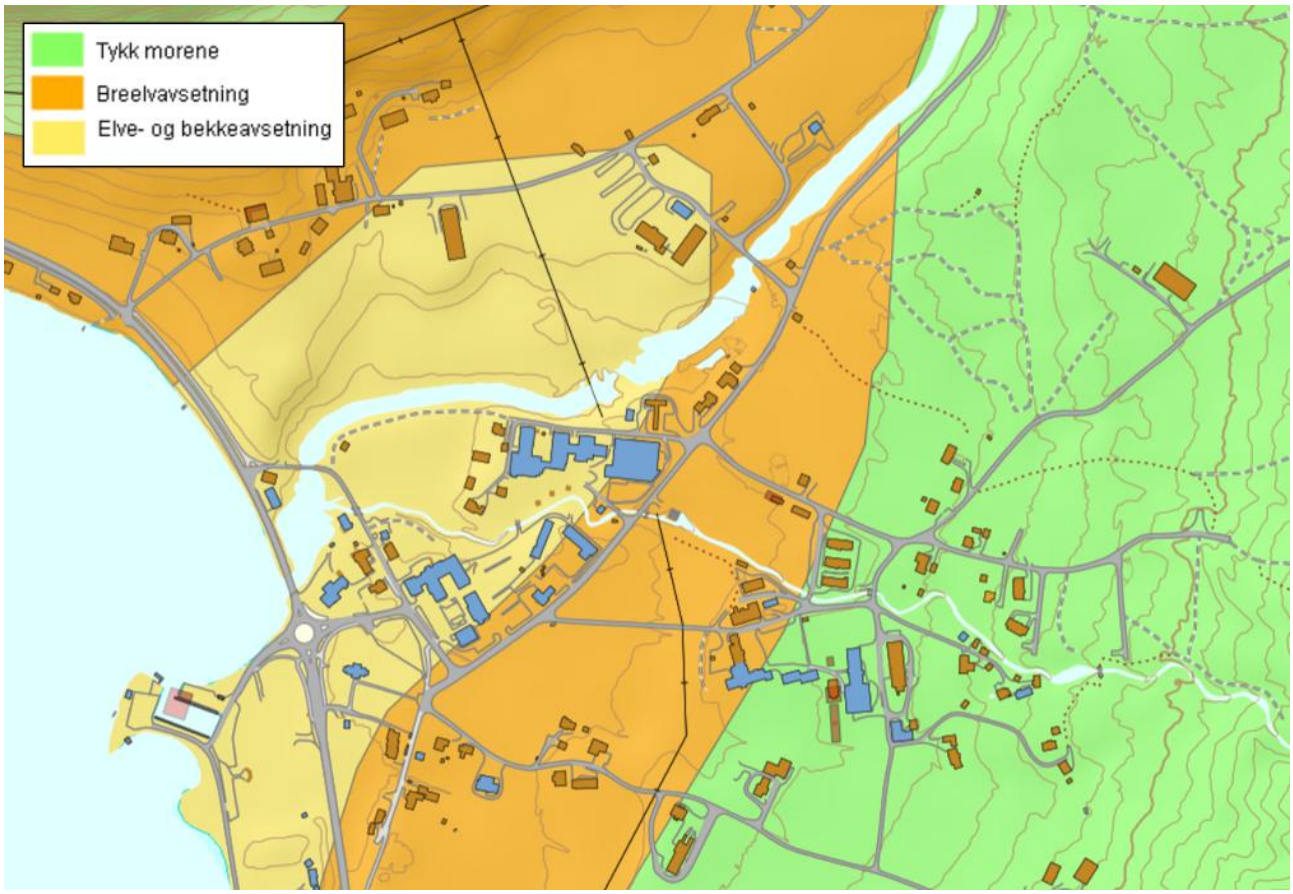


Figur 18 Sammenligning av flomsone ved normalvannstand (mørk blå), 20-årsflom (blå), 200-årsflom inkl. klimapåslag (lys blå) og 1000-årsflom inkl. klima (rød).

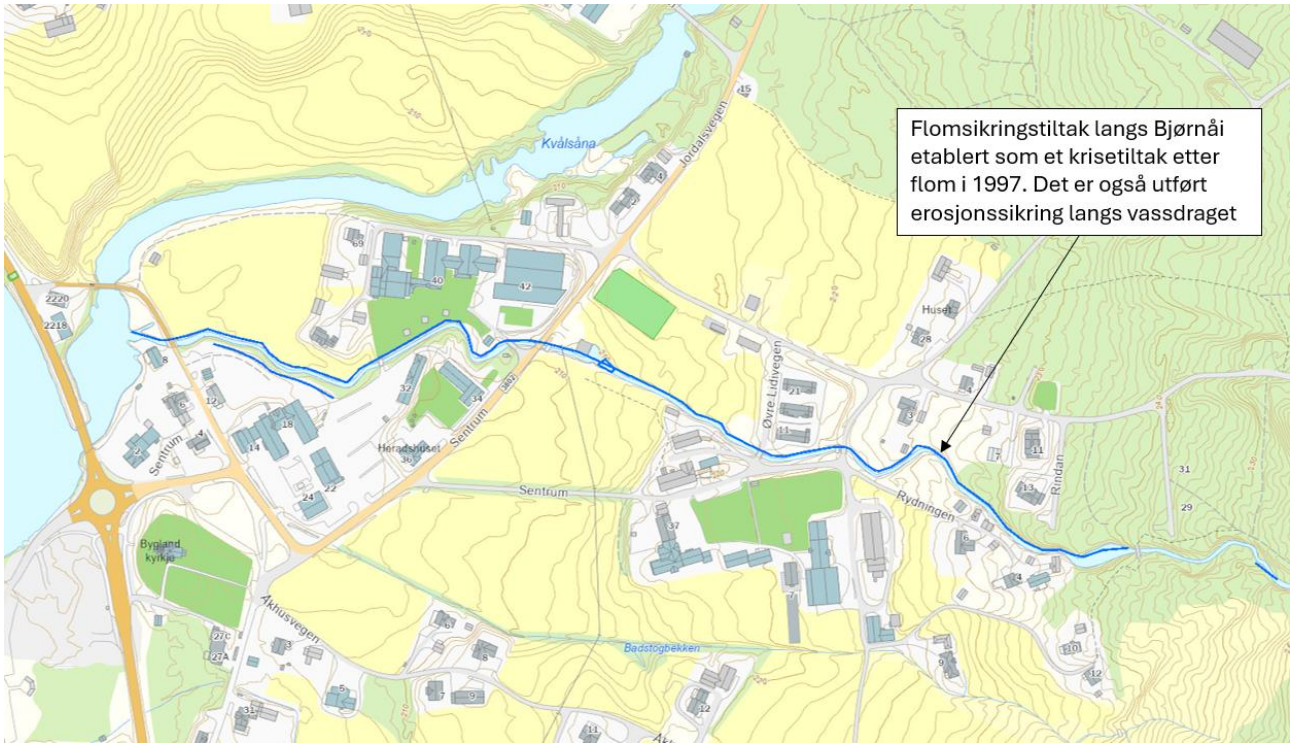
5.3 Vurdering av erosjonsfare i vassdraget

Byggverk skal i henhold til TEK17 plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. NVE har også en generell anbefaling om at bygg ikke skal plasseres nærmere erosjonsutsatt elvekant enn 20 meter. I forbindelse med flomkartlegging langs Kvalsåni og Bjørnåi er det gjort en forenklet vurdering av erosjonsfaren i vassdraget. Det betyr at utført vannlinjemodellering, erfaringer fra vassdraget og tilgjengelig løsmassekart er benyttet som utgangspunkt. Det er ikke blitt utført noen befaringer for spesifikt å avdekke eller vurdere områder eller strekninger som kan være utsatt.

Løsmassekartet til NGI over Bygland er vist i Figur 19. Kartet tilsier at arealene langs Kvalsåni og Bjørnåi består av elve- og bekkeavsetninger, breelvavsetning og tykk morene. Med unntak av morene er dette fluviale avsetninger som er lett eroderbare. Siden vannhastighetene i vassdraget også er forholdsvis høye under flom (opp mot 5-6 m/s) må det forventes at det er erosjonsfare langs vassdragene. Erfaringer fra vassdraget bekrefter dette, og i NVEs oversikt over flomsikringstiltak er det registrert at det er gjort arbeider langs Bjørnåi som et krisetiltak etter flom i 1997. Et kart som viser utførte flomsikringstiltak i elva, er vist i Figur 20. Det er bygninger som ligger tett på både Kvalsåni og Bjørnåi, men utført beregning er ikke tilstrekkelig til å vurdere om disse kan være erosjonsutsatt. Som en oppfølging av arbeidet med denne flomvurderingen anbefaler Norconsult at det gjøres en vurdering av både eksisterende sikringsarbeid og om det er pågående erosjonsprosesser i vassdraget tett opp mot bygninger.



Figur 19 Utsnitt fra NGIs løsmassekart over Bygland.



Figur 20 Markering av flomsikringstiltak etablert langs Bjørnåi.

6 Bilag og referanser

6.1 Bilag

1. Flomsonekart for Bygland
2. Infrastruktur og bilder av bruer i vassdraget
3. Frekvenskurver fra målestasjoner

6.2 Referanser

Litteratur:

[1] NVE (2014), *Retningslinjer for flomberegninger*, nr. 4/2011

[2] NVE (2022), *Sikkerhet mot flom*, Nr. 3/2022

[3] Norconsult (2022), *Flomkartlegging langs Åraksfjorden og Byglandsfjorden*, 52204992 - J02.

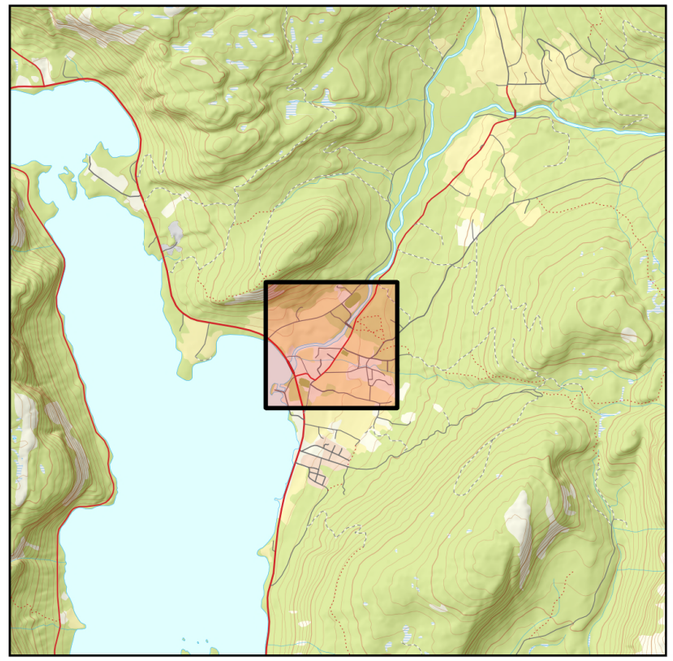
Bilag 1 – Flomsonekart

Oppdragsgiver: **Bygland kommune**

Oppdragsnr.: **52506876**

N

215
214
213
212
211
210
208
208
206
205
204
204



Tegnforklaring

Vann normalsituasjon

Veg

Flomsone 20-årsflom

--- Vannivå 20-årsflom (moh.)

Bygg

Uberørt

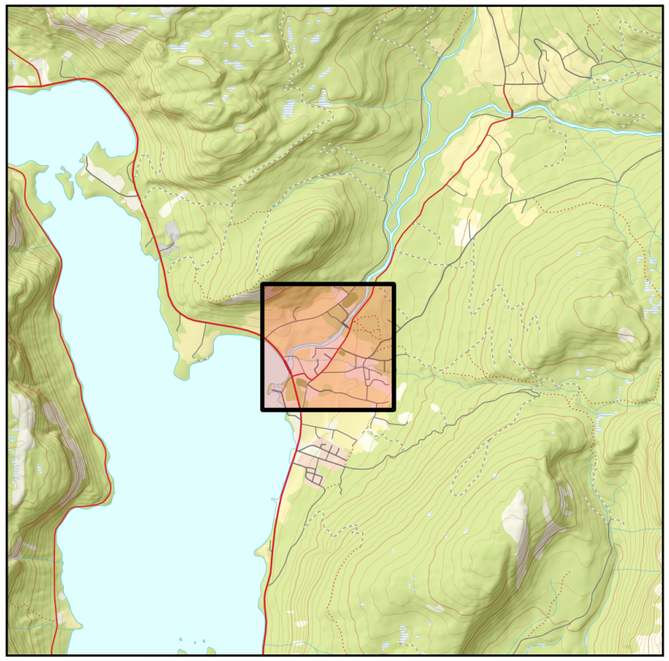
Berørt

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Gjentaksintervall Kvalsåni: 20-årsflom (101 m³/s) Gjentaksintervall Bjørnåi: 20-årsflom (6,7 m³/s) Gjentaksintervall Byglandsfjord: 20-årsflom (203,89 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025

N

216
215
214
212
211
211
210
210
207
206



Tegnforklaring

--- Vannivå 200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)

Flomsone 200-årsflom inkl. klimapåslag

Vann normalsituasjon

Veg

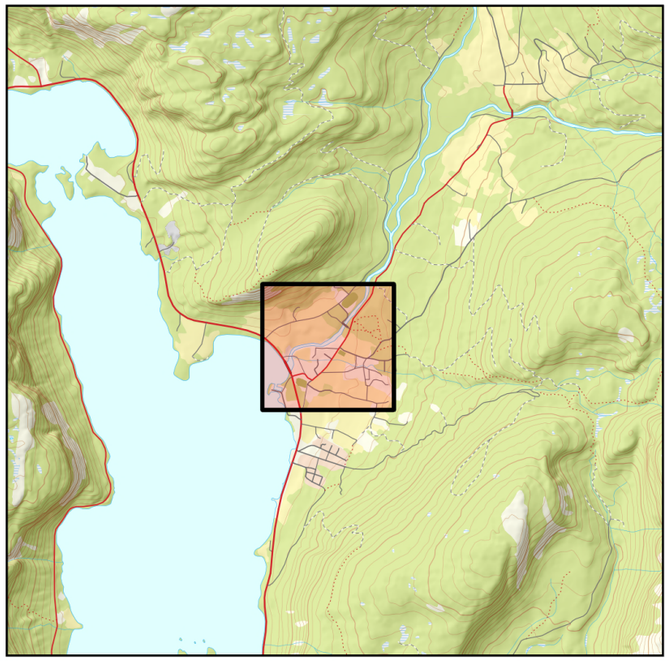
Bygg

Uberørt

Berørt

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Kvalsåni: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (164 m³/s) Bjørnåi: 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag (12,8 m³/s) Byglandsfjord: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (205,11 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025



Tegnforklaring

- Vannivå 1000-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Flomsone 1000-årsflom inkl. klimapåslag
- Veg

Bygg

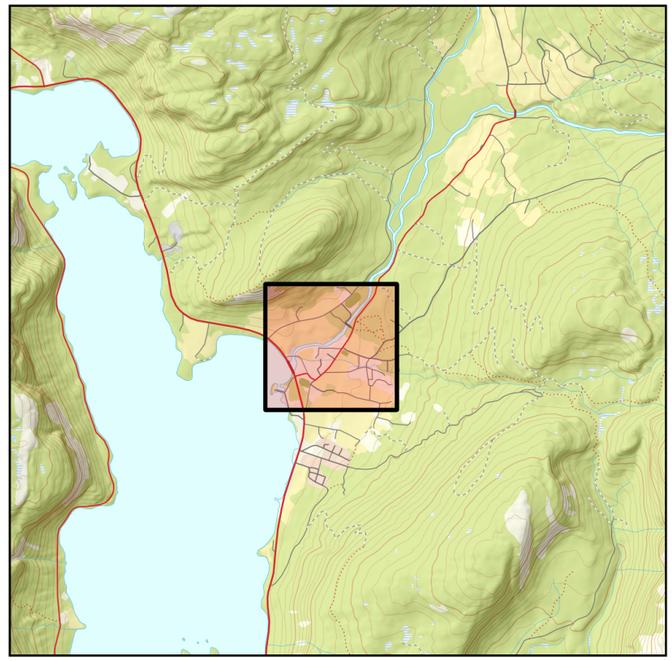
- Uberørt
- Berørt

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Kvalsåni: 1000-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (193 m³/s) Bjørnåi: 1000-årsflom inkl. 40 % klimapåslag (15,1 m³/s) Byglandsfjord: 1000-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (205,28 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025

N

216
215
214
212
211
211
210
210
207
206



Tegnforklaring

- Vannivå 200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Veg

Bygg

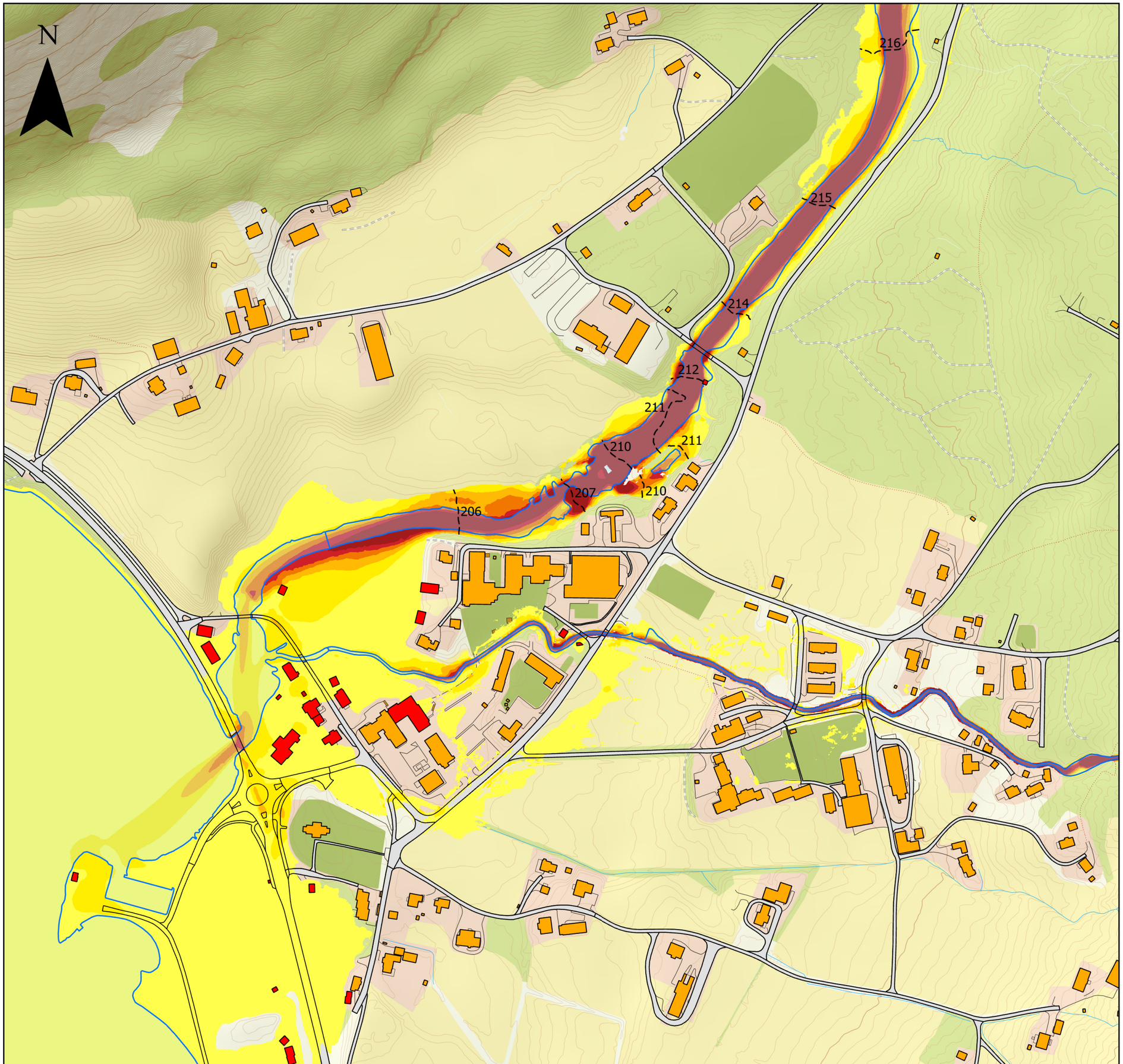
- Uberørt
- Berørt

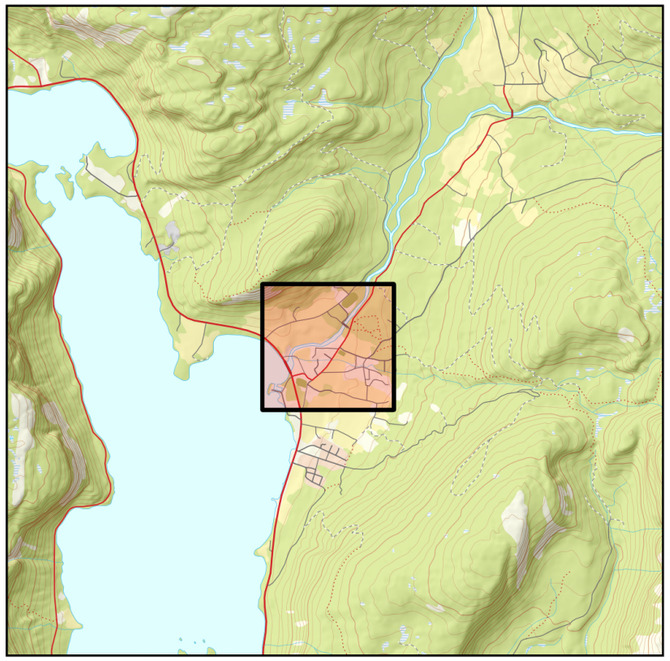
Vanndybde (meter)

- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- >2.0

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Kvalsåni: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (164 m³/s) Bjørnåi: 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag (12,8 m³/s) Byglandsfjord: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (205,11 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025





Tegnforklaring

- Vannivå 200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Veg

Bygg

- Uberørt
- Berørt

Vannhastighet (m/s)

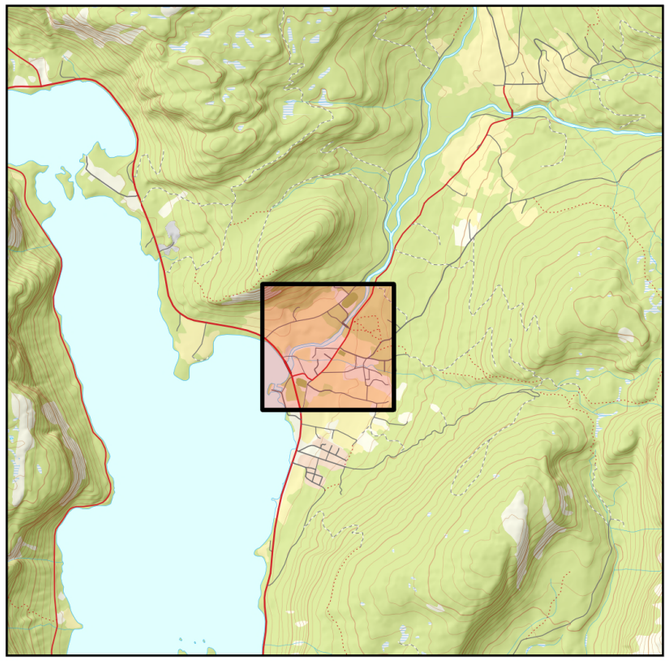
- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- >2.5

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Kvalsåni: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (164 m³/s) Bjørnåi: 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag (12,8 m³/s) Byglandsfjord: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (205,11 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025

N

206
207
210
210
211
211
212
214
215
216



Tegnforklaring

- Vannivå 200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Veg

Bygg

- Uberørt
- Berørt

Flomfare

- Trygt for mennesker, kjøretøy og bygninger
- Fare for små kjøretøy
- Fare for barn, eldre og kjøretøy
- Fare for mennesker
- Fare for konstuksjonsskade på små bygninger
- Fare for konstruksjonsskade på alle bygg

0 50 100 200 300 Meter

Prosjekteier: Bygland kommune		Kartblad:
Flomsonekart for Bygland Kvalsåni: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (164 m³/s) Bjørnåi: 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag (12,8 m³/s) Byglandsfjord: 200-årsflom inkl. 20 % klimapåslag (205,11 moh.)		
Målestokk: 1:3,500	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52506876	Dato: 31.10.2025

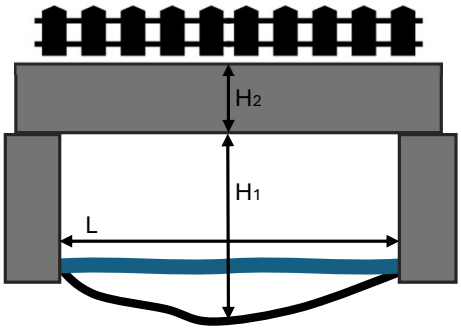
Bilag 2 – Oppmåling av bruer i vassdraget

Oppdragsgiver: **Bygland kommune**

Oppdragsnr.: **52506876**

OVERSIKT OVER BRUER MED MÅL I BYGLAND (BYGD)

Oversikten viser broer som krysser Kvalsåna(K) og Bjørnåi(B) og er nummerert fra bekkens munning og oppover. Alle mål er gjort med målebånd med en noe omtrentlig nøyaktighet.



Mål og tegning av Vemund Gulbrandsen ved Bygland Kommune vemund.gulbrandsen@bygland.kommune.no

K2
L=13
H₁=3,7
H₂=0,9



K3
L=11
H₁=3,8
H₂=0,6



B3
L=4
H₁=1,5
H₂=0,5



B1
L=4,8
H₁=1,5
H₂=0,7



B4
L=3
H₁=1,2
H₂=0,6



B5
L=4,5
H₁=1,5
H₂=0,5



SKOLE

BARNEHAGE

KOMMUNEHUS

B2
L=3,7
H₁=1,6
H₂=0,2



KVS BYGLAND
VIDEREGÅENDE

B6
L=3,3
H₁=1,2
H₂=0,8



K1
L=16
H₁=1,5
H₂=1,5



Kulvert Fv322 Ø=1m
-Slutten på åpen Badstubekk



Kulvert Fv322 Ø=1m
-Badstogbekken



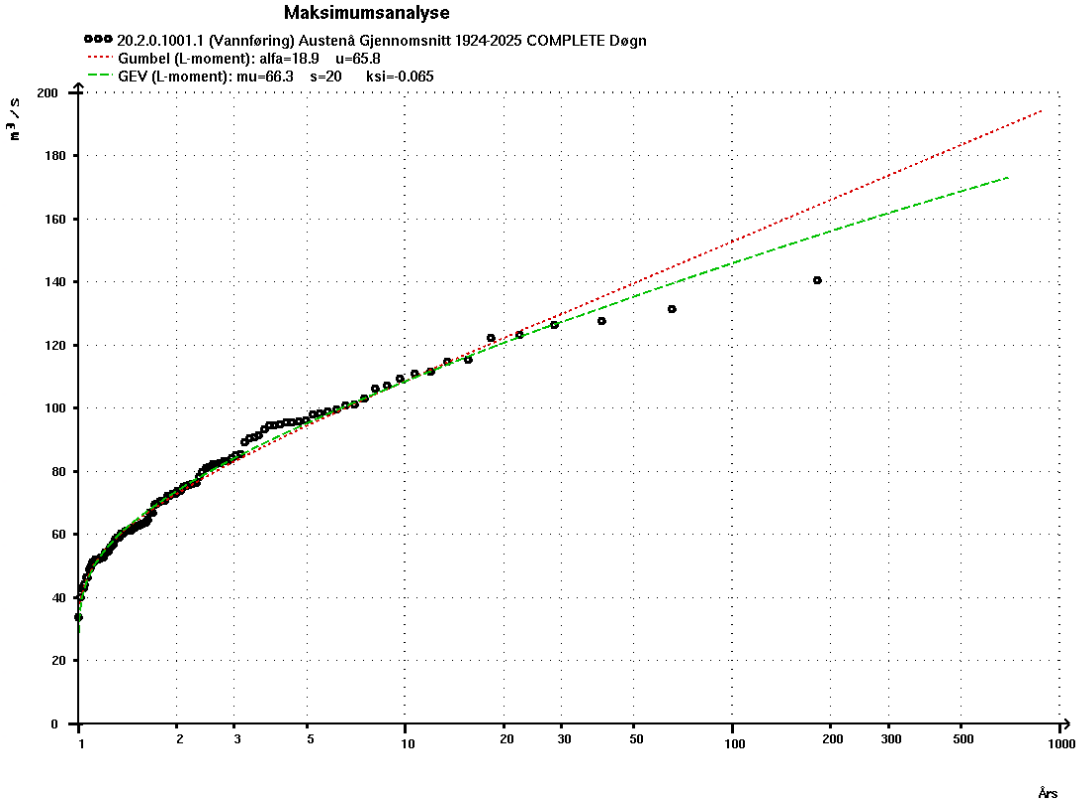


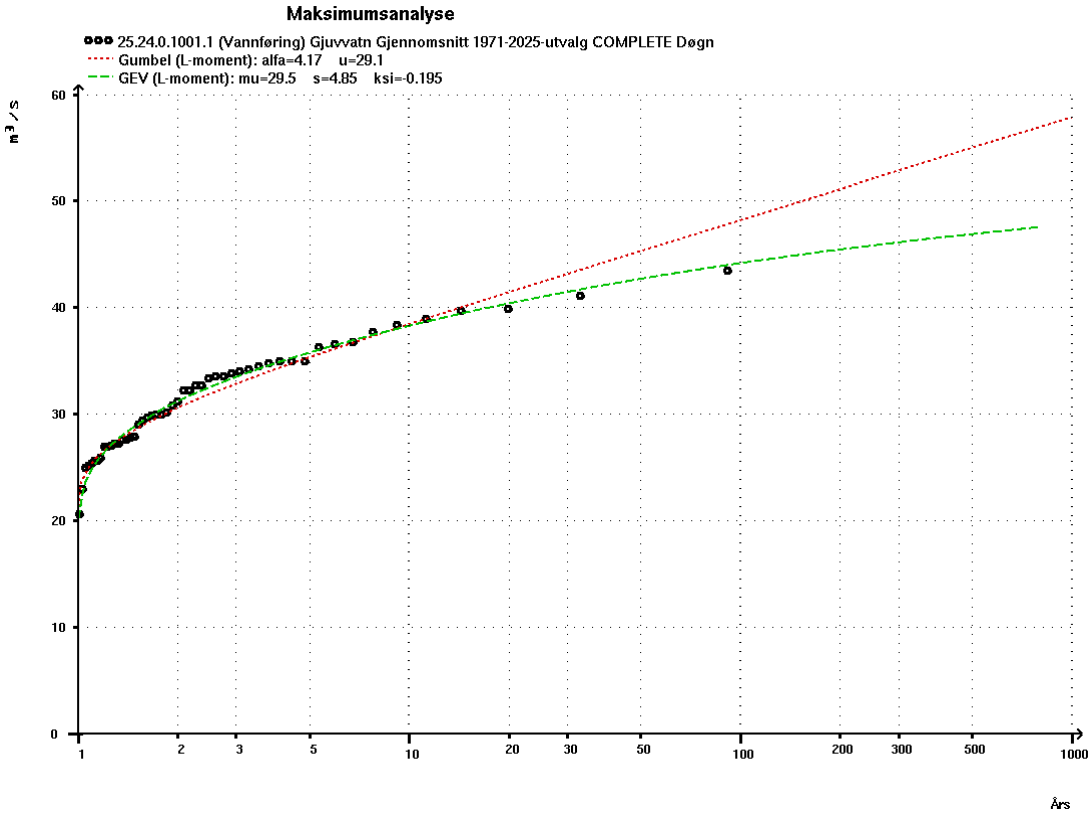
Setesdalsvegen
Sentrum
Åkhusvegen
Åkhusvegen
Båstøl
Bygland
Prestlidi
9

Bilag 3 – Frekvenskurver fra målestasjoner

Oppdragsgiver: **Bygland kommune**

Oppdragsnr.: **52506876**



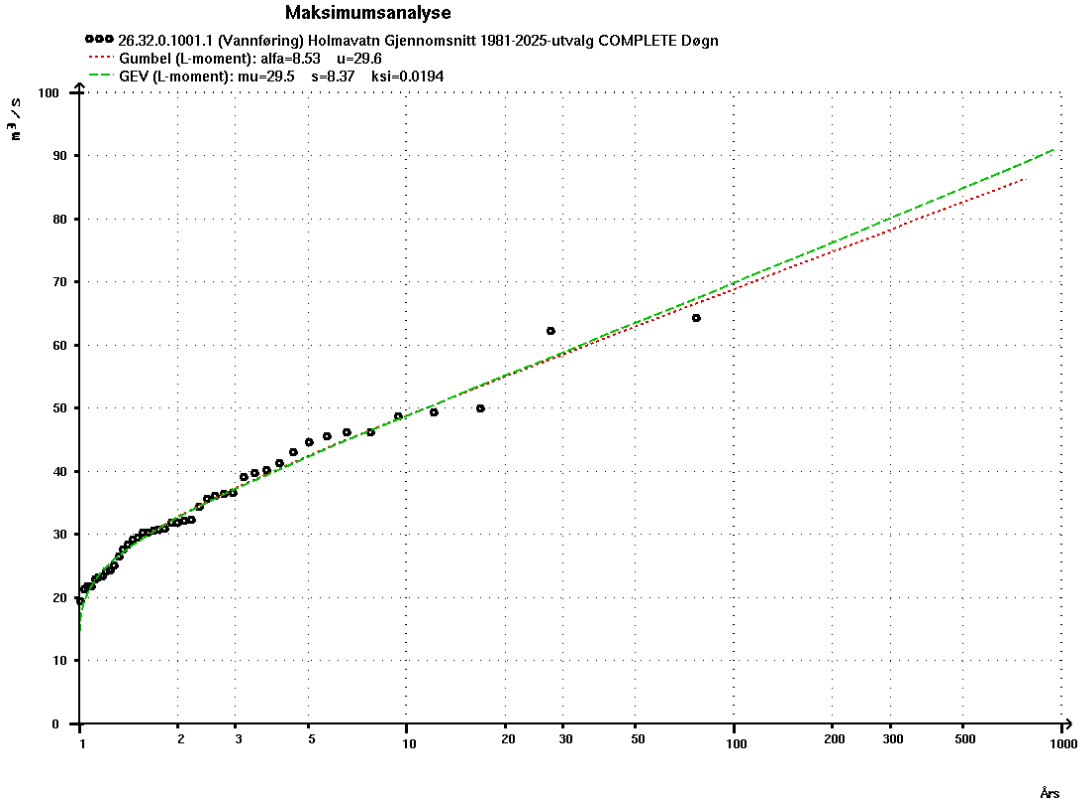


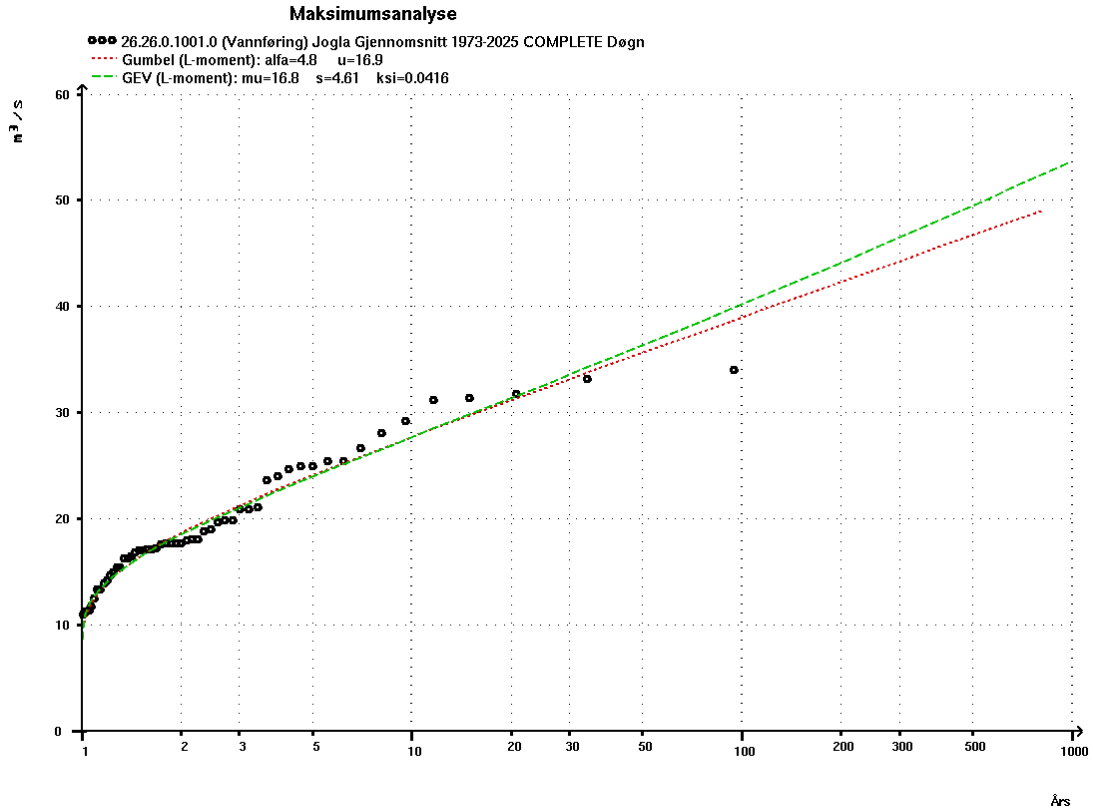
Bilag 3 – Frekvenskurver fra målestasjoner

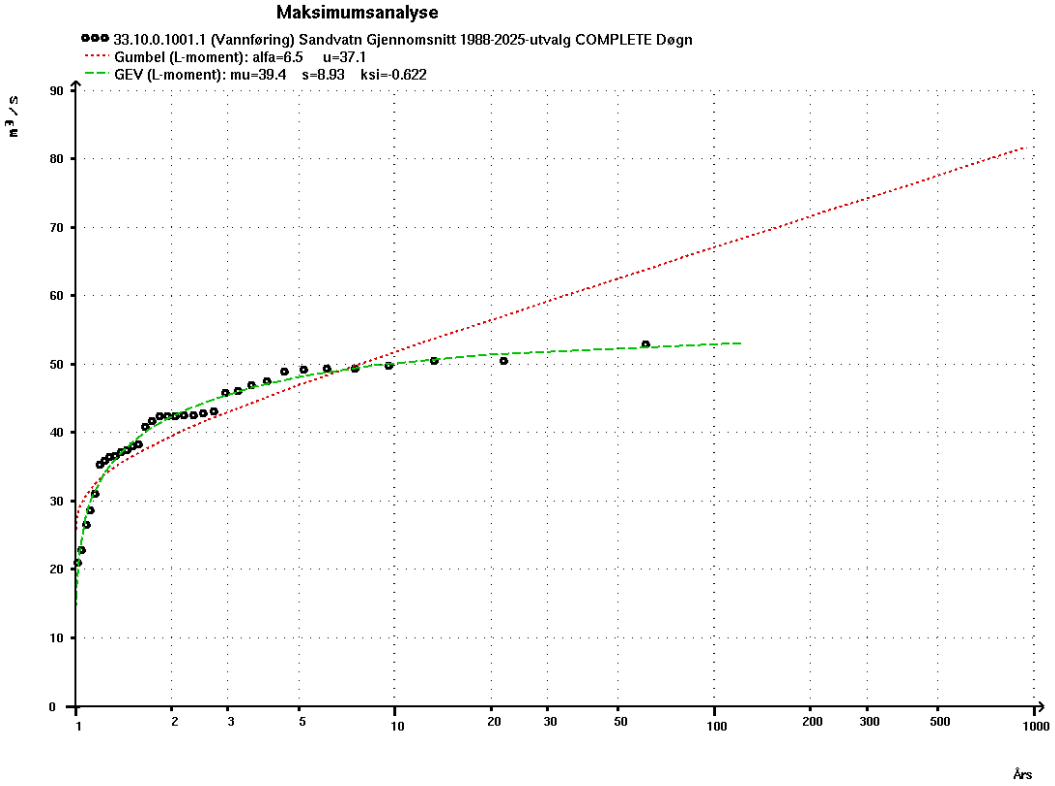
Norconsult

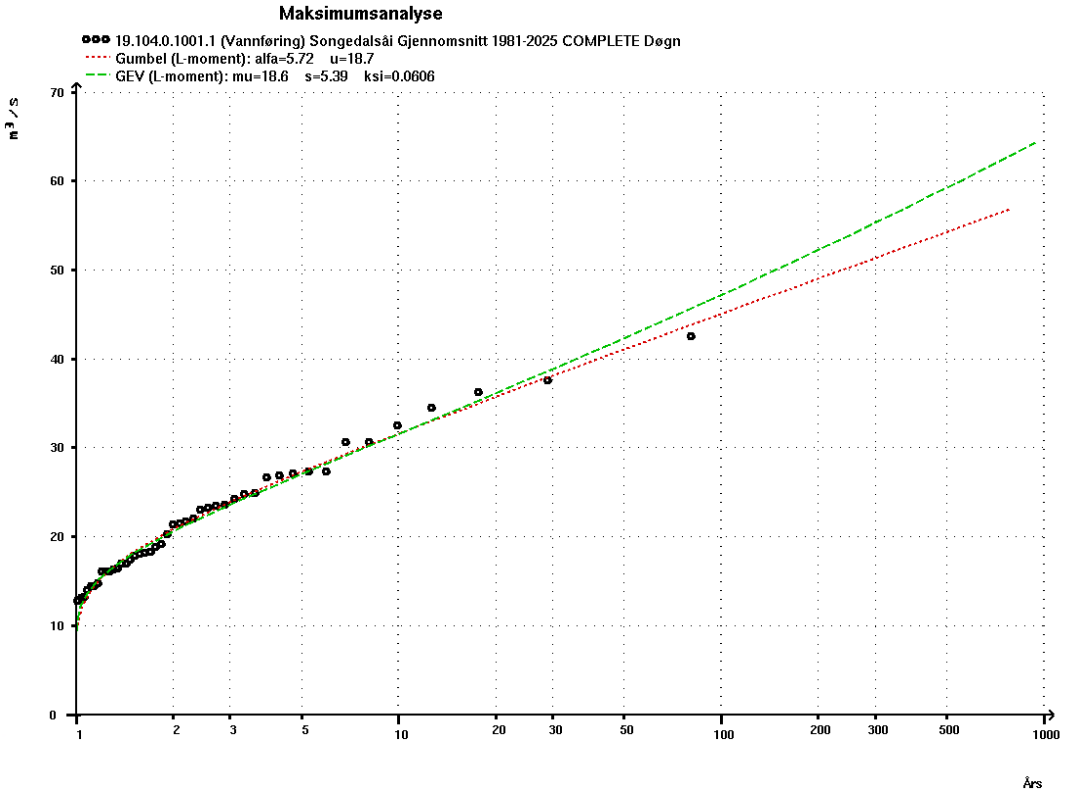
Oppdragsgiver: **Bygland kommune**

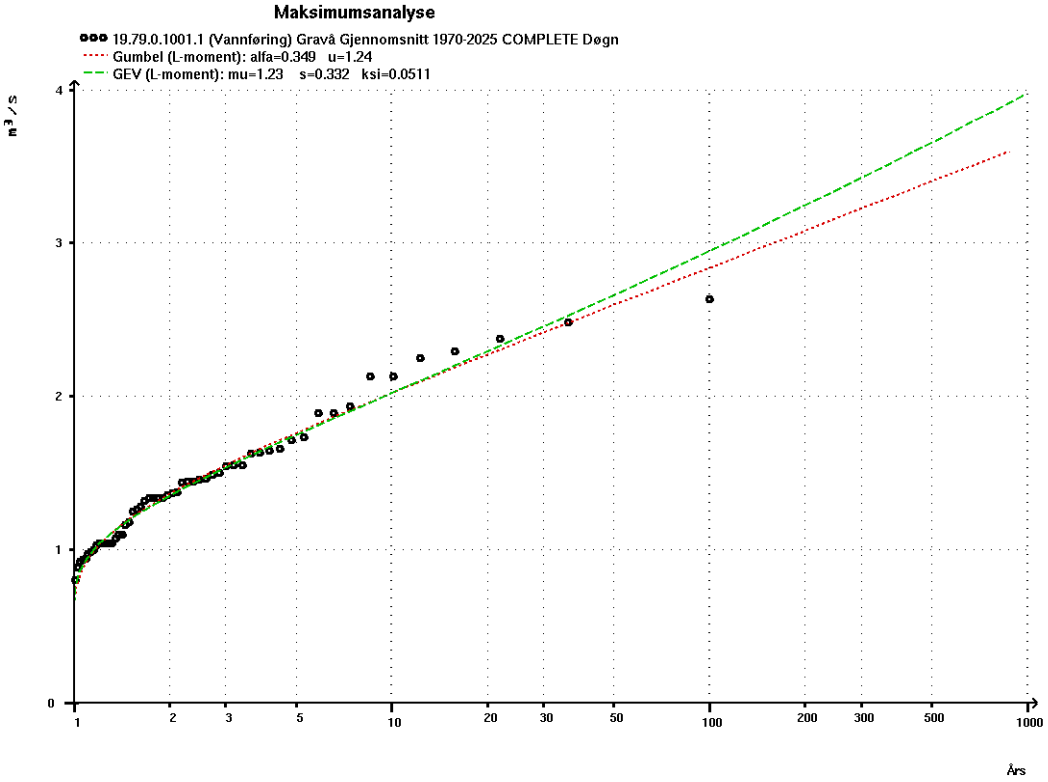
Oppdragsnr.: **52506876**

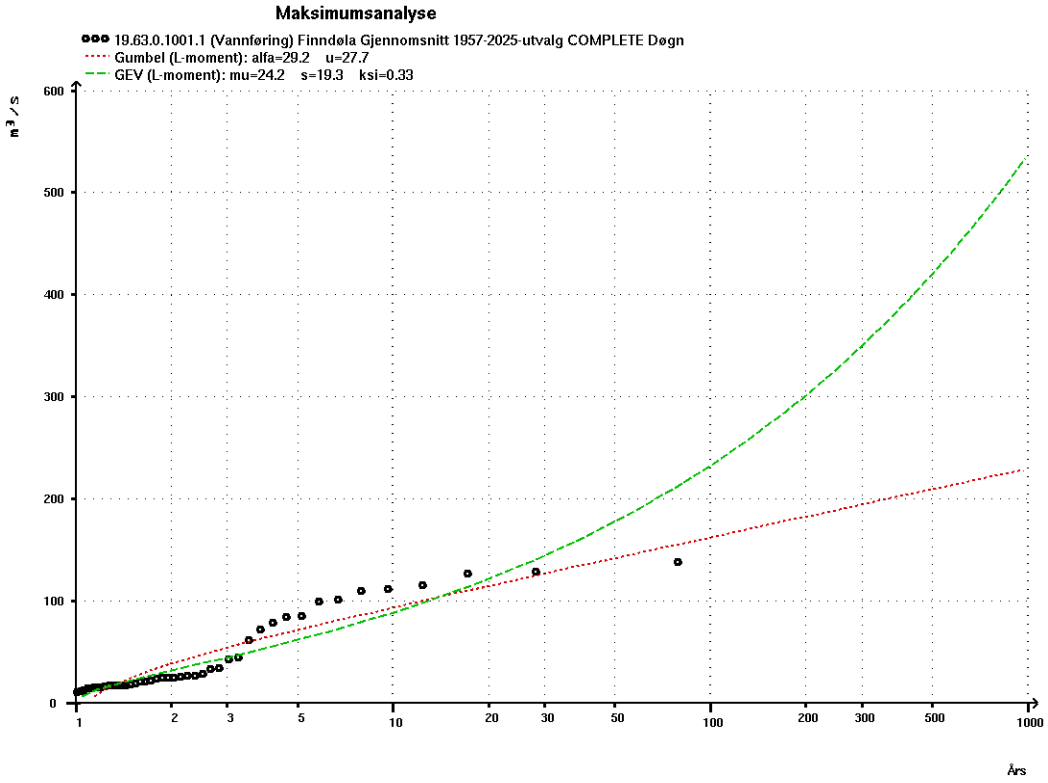


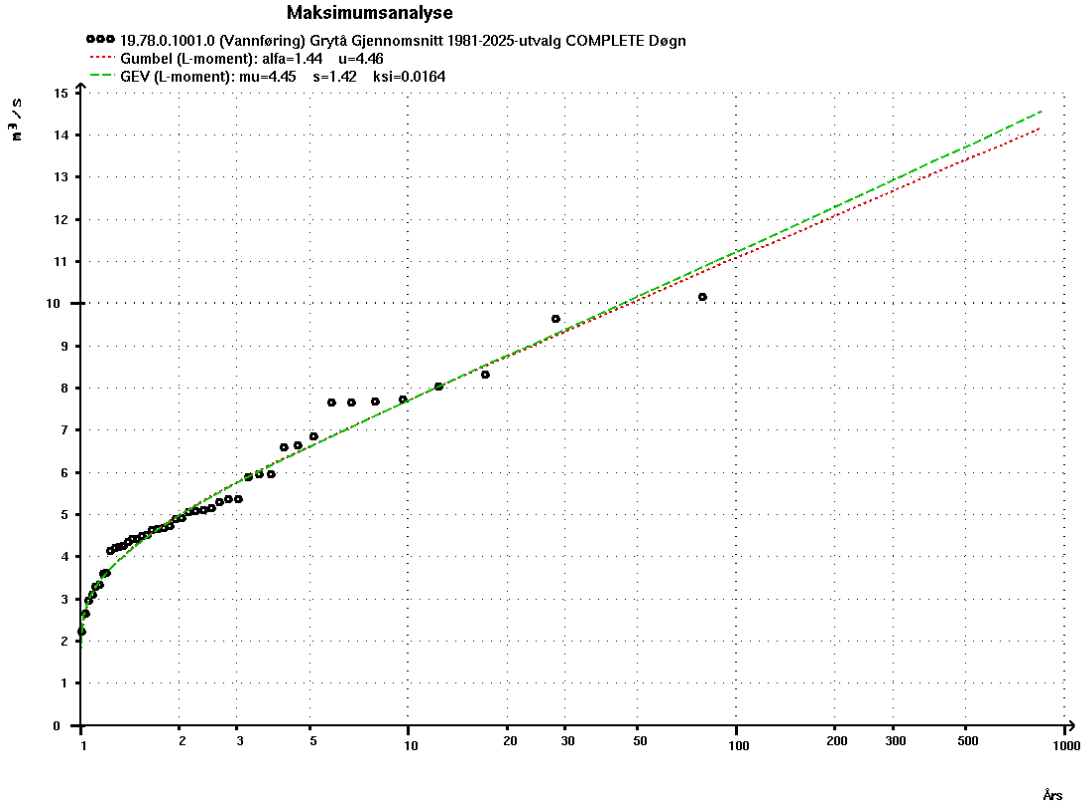


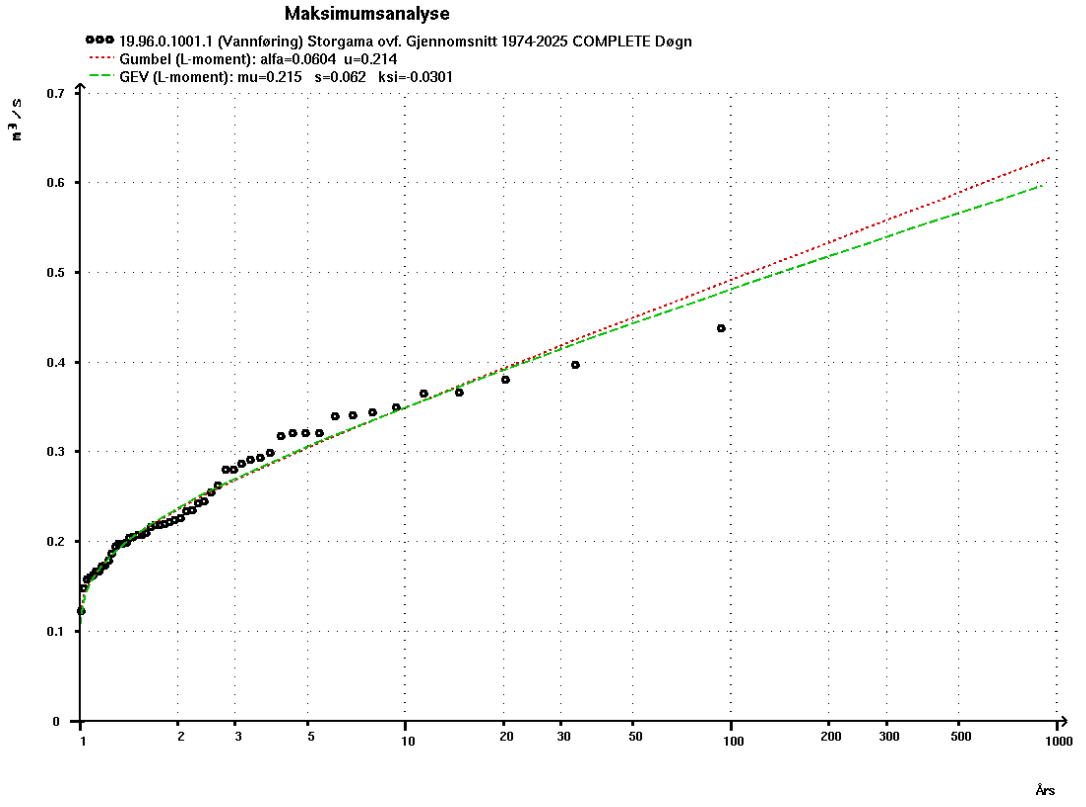

Maksimumsanalyse
33.10.0.1001.1 (Vannføring) Sandvatn Gjennomsnitt 1988-2025-utvalg COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=6.5 u=37.1
GEV (L-moment): mu=39.4 s=8.93 ksi=-0.622
m³/s
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

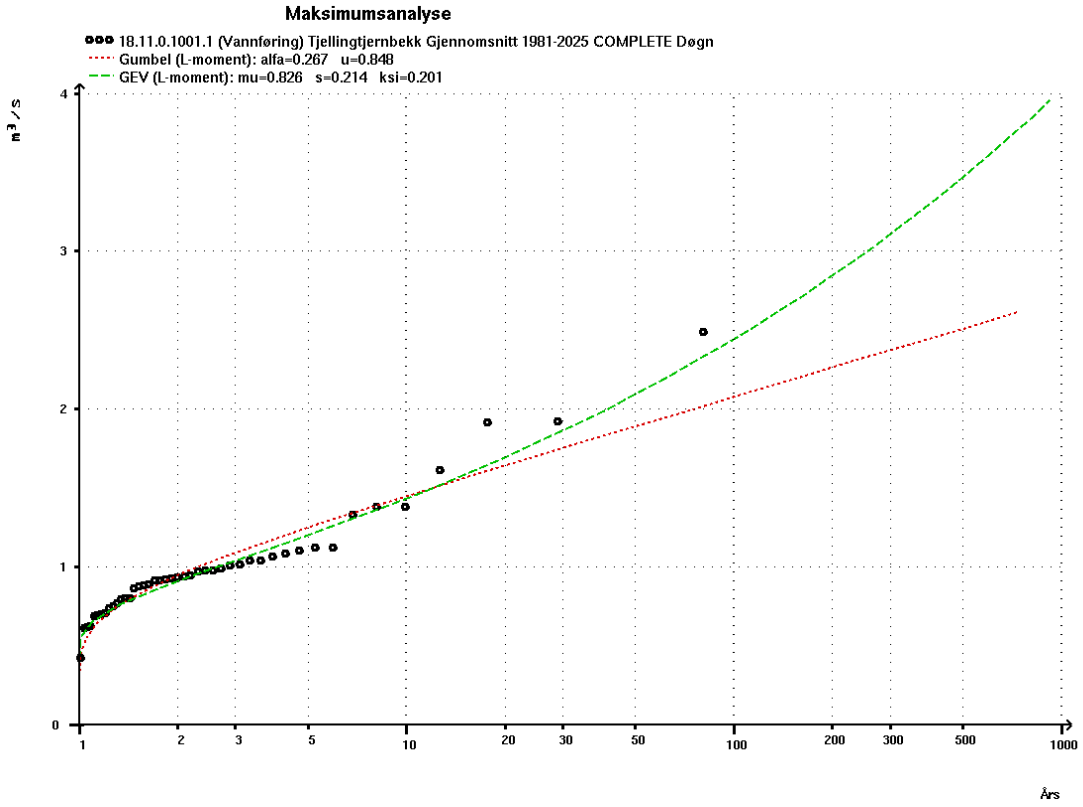

Maksimumsanalyse
19.104.0.1001.1 (Vannføring) Songedalsåi Gjennomsnitt 1981-2025 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=5.72 u=18.7
GEV (L-moment): mu=18.6 s=5.39 ksi=0.0606
m³/s
0
10
20
30
40
50
60
70
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

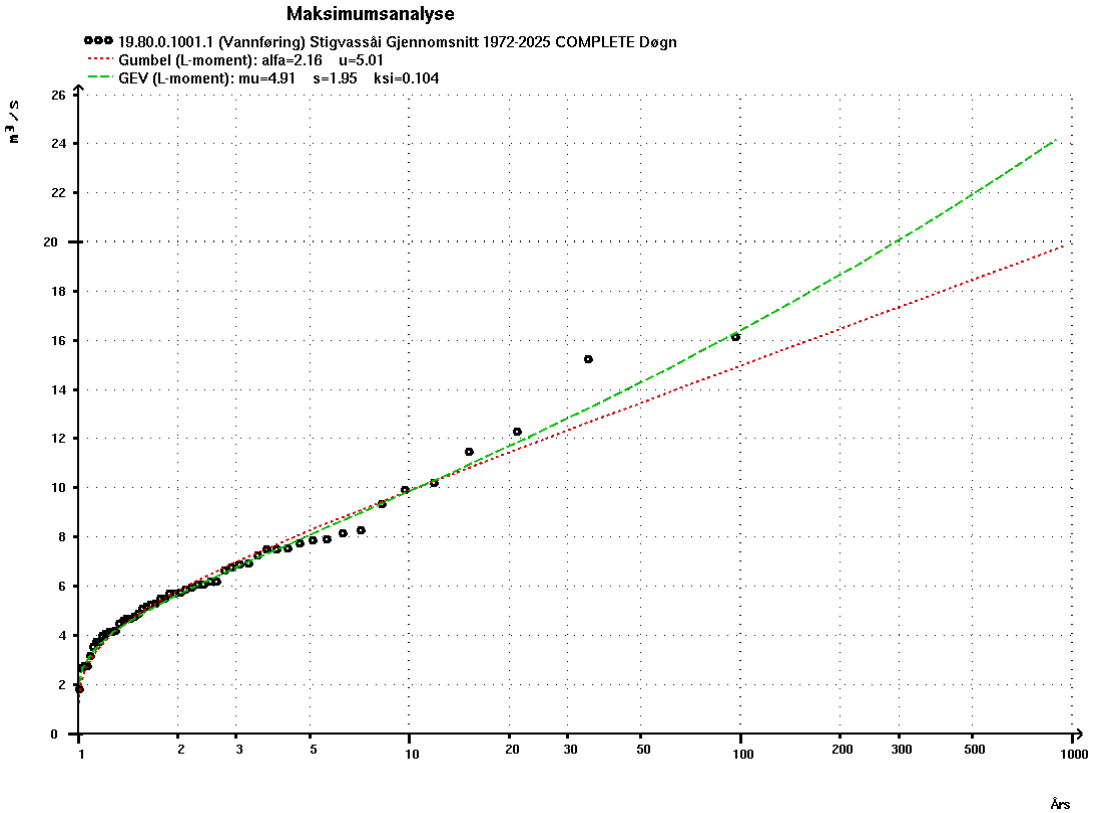

Maksimumsanalyse
19.79.0.1001.1 (Vannføring) Gravå Gjennomsnitt 1970-2025 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=0.349 u=1.24
GEV (L-moment): mu=1.23 s=0.332 ksi=0.0511
m3/s
0
1
2
3
4
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

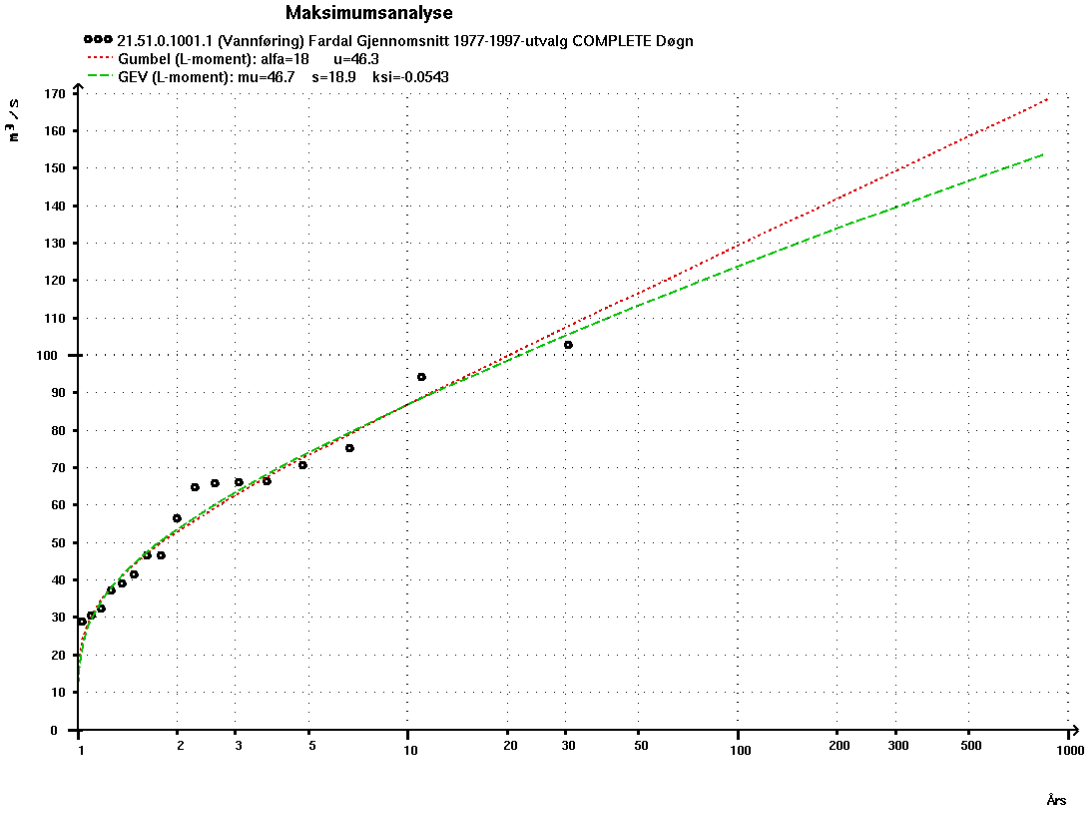

Maksimumsanalyse
19.63.0.1001.1 (Vannføring) Finndøla Gjennomsnitt 1957-2025-utvalg COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=29.2 u=27.7
GEV (L-moment): mu=24.2 s=19.3 ksi=0.33
m3/s
0
100
200
300
400
500
600
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

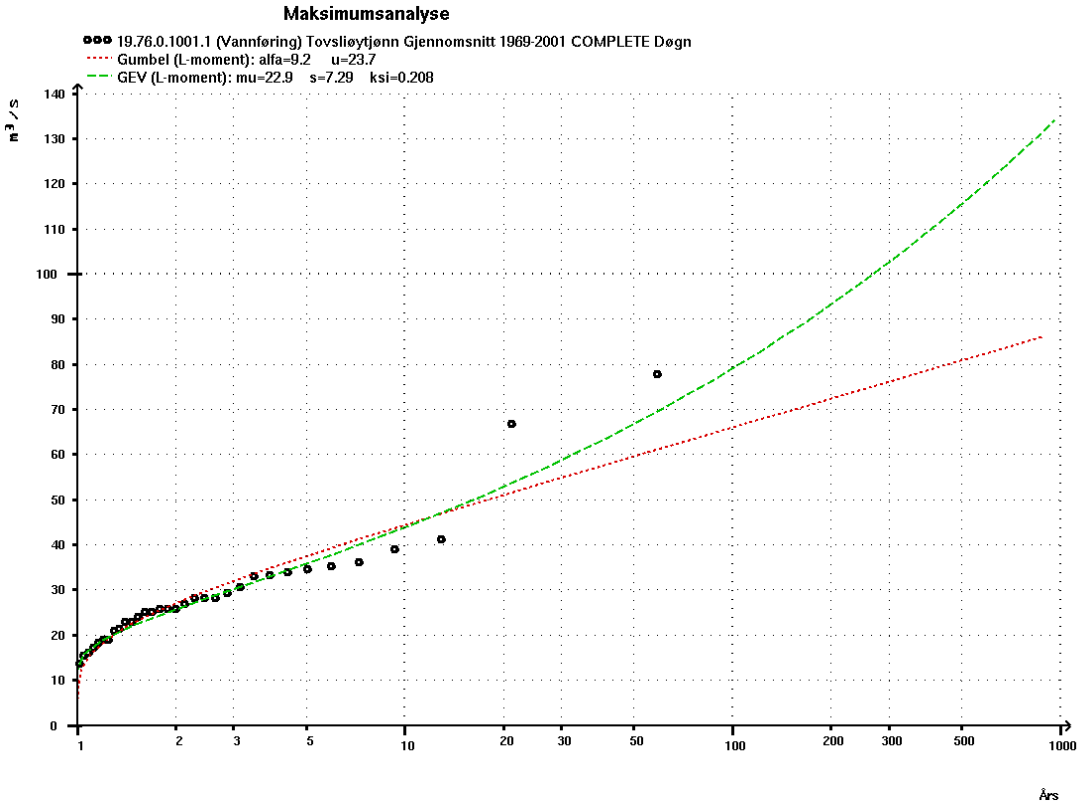

Maksimumsanalyse
19.78.0.1001.0 (Vannføring) Grytå Gjennomsnitt 1981-2025-utvalg COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=1.44 u=4.46
GEV (L-moment): mu=4.45 s=1.42 ksi=0.0164
m³/s
Års


Maksimumsanalyse
19.96.0.1001.1 (Vannføring) Storgama ovf. Gjennomsnitt 1974-2025 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=0.0604 u=0.214
GEV (L-moment): mu=0.215 s=0.062 ksi=-0.0301
m³/s
Års


Maksimumsanalyse
18.11.0.1001.1 (Vannføring) Tjellingtjernbekk Gjennomsnitt 1981-2025 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=0.267 u=0.848
GEV (L-moment): mu=0.826 s=0.214 ksi=0.201
m3/s
0
1
2
3
4
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års


Maksimumsanalyse
19.80.0.1001.1 (Vannføring) Stigvassåi Gjennomsnitt 1972-2025 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=2.16 u=5.01
GEV (L-moment): mu=4.91 s=1.95 ksi=0.104
m3/s
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års


Maksimumsanalyse
21.51.0.1001.1 (Vannføring) Fardal Gjennomsnitt 1977-1997-utvalg COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=18 u=46.3
GEV (L-moment): mu=46.7 s=18.9 ksi=-0.0543
m³/s
Års


Maksimumsanalyse
19.76.0.1001.1 (Vannføring) Tovsliøytjønn Gjennomsnitt 1969-2001 COMPLETE Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=9.2 u=23.7
GEV (L-moment): mu=22.9 s=7.29 ksi=0.208
m³/s
Års

Bilag 3 – Frekvenskurver fra målestasjoner

Oppdragsgiver: **Bygland kommune**

Oppdragsnr.: **52506876**

