



Notat

OPPDRAAG	Flomsonekartlegging Bagn	DOKUMENTKODE	10260130-02-Rivass-NOT-001
EMNE	Hydraulisk modellering	TILGJENGELIGHET	Foreløpig
OPPDRAAGSGIVER	Sør-Aurdal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Peter Borsanyi
KONTAKTPERSON	Stig Solbrekken	UTARBEIDET AV	Jean-Pierre Bramslev
KOPI	Mikael Skar Franzén Rønningen	ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

SAMMENDRAG

- Multiconsult har utarbeidet et foreløpig notat som presenterer flomsone og dimensjonerende flomvannstander. Flomberegningen og hydrauliske beregninger er utført iht. NVEs *Veileder for flomberegninger* (NVE, Veileder for flomberegninger, 1/2022) og *Sikkerhet mot flomfare* (NVE, Sikkerhet mot flomfare. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak., 3/2022).
- Dimensjonerende flom er 200-årsflom med 20 % klimapåslag og 10 % usikkerhetspåslag, tilsvarende en dimensjonerende vannføring på 1300 m³/s i Begna (kulminasjon).
- Dimensjonerende flomvannstand ved ungdomsskolen er ca. 226,5-226-6 moh. Byggesikker høyde iht. TEK17 er 227,0.
- I Klukkarmoen er dimensjonerende flomvannstand 225,5 moh.
- Dimensjonerende flomvannstander ligger typisk ca. 2,5 m høyere enn Hans.

1 Innledning

Multiconsult har utført en flomsonekartlegging for Bagn sentrum og omgivelser, for Sør-Aurdal kommune. Oppdraget er foranlediget av flommen under ekstremværet Hans (august 2023) som førte til store skader i Bagn, herunder på ungdomsskolen.

Kartleggingen skal danne grunnlag for utredning av flomsikringstiltak i umiddelbar fremtid.

Dette notatet oppsummerer resultatene av flomfarevurderingene for Bagn sentrum. Det presenteres flomsonekart som dimensjoneringsgrunnlag for flomsikringstiltak, supplert med tabeller over flomvannstander på viktige lokaliteter. Dette notatet vil oppdateres til en rapport når flomsonekartene for Bagn og Knednaelve er ferdigstilt.

1.1 Arbeid utført av Multiconsult

1. Befaring med oppmåling av vannstand, elvebunn og kritiske punkter, 19/09-24.

01	20/01-25	Endelig versjon	Jean-Pierre Bramslev	Péter Borsányi	Ingunn Weltzien
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



2. Flomberegning for Begna og Knednaelva (Multiconsult AS, 2024). Rapporten er inkludert som **Vedlegg 2**.
3. Hydraulisk vannlinjeberegning av flomhøyde og utbredelse av flomsone for 200-årsflom. Den hydrauliske modellen er beskrevet og dokumentert i Vedlegg 1 [p.t. under utarbeidelse].

1.2 Flomstørrelser

Tabellen under viser flomstørrelsene som det er redegjort nærmere for i Vedlegg 2. Usikkerhetspåslagene avhenger av kvaliteten av den hydrauliske modellen og er redegjort for i Vedlegg 1 [under utarbeidelse].

Tabell 1 Flomstørrelser brukt i flomsonekartleggingen. Alle vannføringer er oppgitt i m³/s.

Flom	Begna	Knednaelva
Middelflom	239	4,5
200-årsflom	984	11,5
Inkl. klimapåslag 20%	1180	13,8
Usikkerhetspåslag	10%	20%
Klimakorrigert Q200 inkl usikkerhetspåslag	1298*	16,6

* Rundes opp til 1300 m³/s som brukes videre.



2 Resultater av vannlinjeberegninger

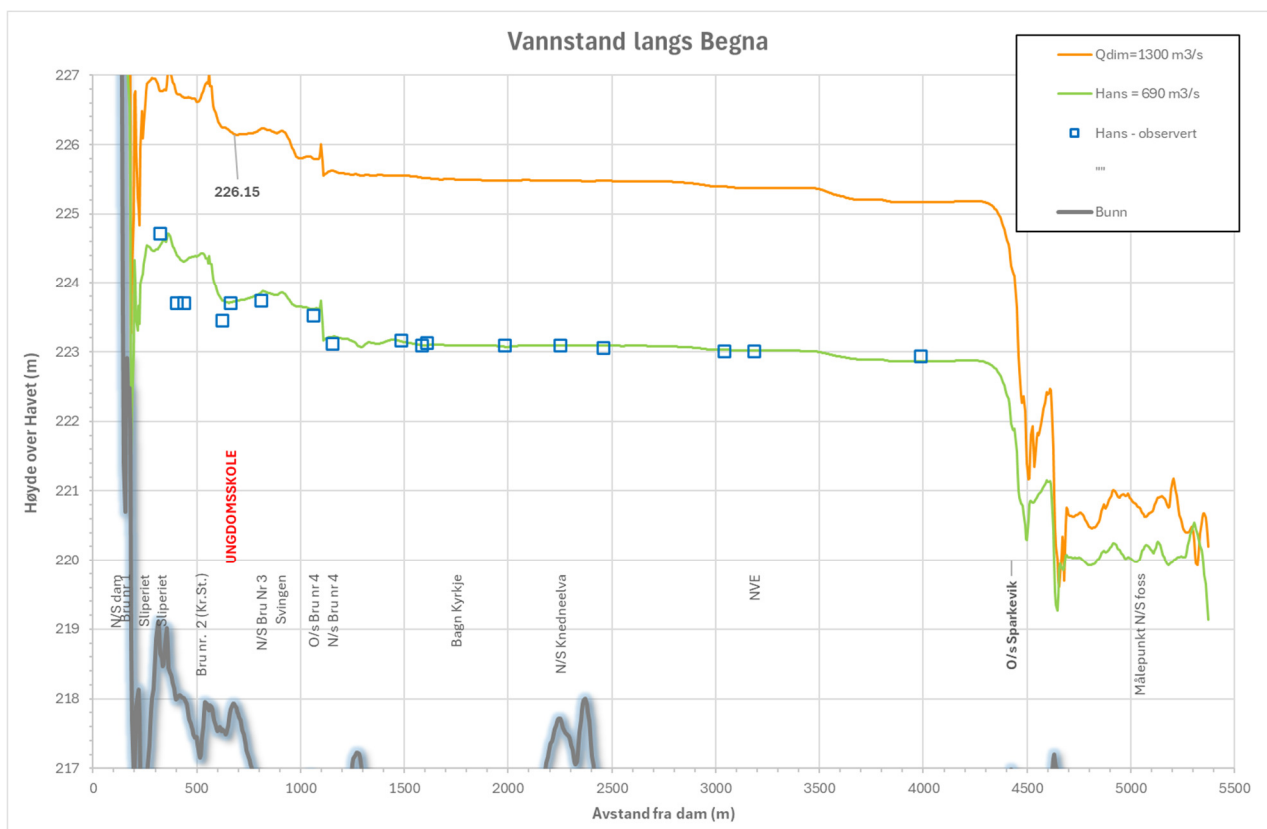
2.1 Overordnet bilde

Figur 1 viser et lengdesnitt fra oppstrøms dammen rett oppstrøms Bagn sentrum og ned forbi Sparkevikfossen, en strekning på ca. 5,5 km. Siden høydeforskjellen ned over fossen er stor, viser vertikalaksen kun vannstander nedstrøms fossen.

Lengdesnittet illustrerer et urolig og sterkt varierende strømningsmønster i Bagn sentrum (x: 100-1200 m), preget av store hastigheter fra fossen, retningsendringer samt oppstuvning fra bruer. I motsetning til dette er vannspeilet rolig med liten gradient nesten helt ned til Sparkevik (ca. 225,5 moh.) på en lang strekning. Dimensjonerende flomvannstand ligger gjennomgående nesten 2,5 m høyere enn Hans.

Lengdeprofilet er ment for illustrasjonsformål, ikke for dimensjonering. Rett nedstrøms fossen kan man ikke benytte vannstandene fra figuren til dimensjonering da vannstander varierer kraftig over korte avstander og fra den ene side av elva til den andre. Store vannhastigheter kan også føre til en høydeforskjell fra hovedløpet til vannstand på elvebreddene og terreng. Dimensjonerende vannstander vil bli oppgitt på flomsonekart.

Flomsonekartene viser vannstand med fargenyanser. I tillegg følger det tabell med vannstand i utvalgte punkter for hvert flomsonekart (vist som rosa prikk). Rapporteringspunktene er utvalgt som de 18 stedene der flomvannstand ble målt under Hans, for sammenligning.



Figur 1 Lengdeprofil av dimensjonerende flom ($1300 \text{ m}^3/\text{s}$), med kulminasjonsvannstand under Hans for sammenligning.



Figur 2 Kart over beliggenhet av rapporteringspunkter for vannstand. Tallene på tabellen viser vannstander målt under Hans.



Vannstandene fra Hans er målt av autorisert eiendomslandmåler Bjørn Gustavsen d. 10. august 2023 i tidsrommet 10:19 -12:05. Etter samråd med NVE anslår Gustavsen at flomtoppen var ca. 6 cm høyere enn målte verdier. Verdiene som står i tabellene i dette notatet er derfor justert opp med 6 cm ift. målt verdi.

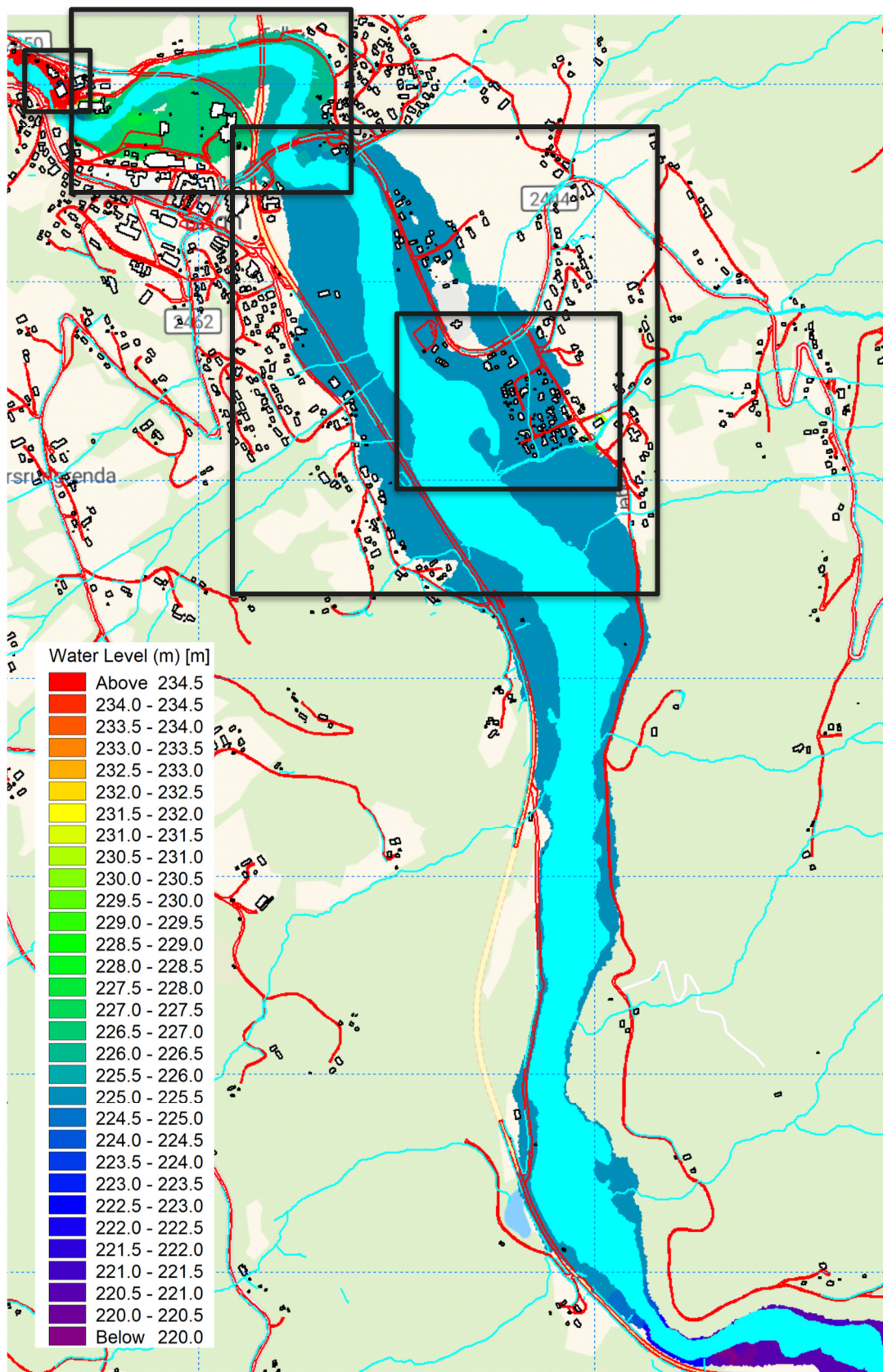
Tabell 2 Flomvannstander i rapporteringspunkter. Klimajustert 200-årsflom er vist ved fet skrift. Målte vannstander under Hans er vist for sammenligning. Punktenes beliggenhet er vist på Figur 2

Sted	Nummer på kart	H _{Hans} (observert)	Dimensjonerende flom	H _{dim} ift H _{Hans} *
Fossen Kro	-1	Ikke målt	240,8	
Fossgården	0	238,00	240,4	2,4
Vis-a-vis Sliperiet	1A	224,71	226,9	2,2
Skrent vis-a-vis Bru nr 2	1	223,70	226,4	2,7
Fossvang	2	223,84	226,7	2,9
Rett nord for UNGDOMSSKOLE (sørsiden av vegfylling)	3	223,72	226,5	2,8
UNGDOMSSKOLE (nordsiden av vegfylling)	4	223,65	226,3	2,7
Underkjøring under E16 (v. kjøpesenter)	5	223,34	225,8	2,5
Renseanlegg (?)	6	223,15	225,5	2,4
Renseanlegg (?)	7	223,12	225,4	2,3
E16 (Erstadvegen 58)	8	223,09	225,5	2,4
Vis-a-vis utløp Knednaelva	9	223,09	225,5	2,4
Parkeringsplass / lager (?) v E16	10	223,05	225,5	2,5
O/S Sparkevikfossen	11	222,94	225,2	2,3
Mellom Bru nr 2 og nr 3	12	223,70	226,2	2,5
N/S Bru Nr 3	13	223,73	226,3	2,6
O/s Bru nr 4	14	223,52	225,7	2,2
N/s Bru nr 4	15	223,12	225,7	2,6
Pumpestasjon/renseanlegg	16	223,09	225,6	2,5
Klukkarmoen	17	223,08	225,5	2,4
Vis-a-vis Bergsund og NVE-stasjon	18	223,01	225,4	2,4

* Betyr: Beregnet dimensjonerende flomvannstand (200-årsflom med klima- og usikkerhetspåslag) minus målt vannstand under Hans.



2.2 Oversvømmelseskart

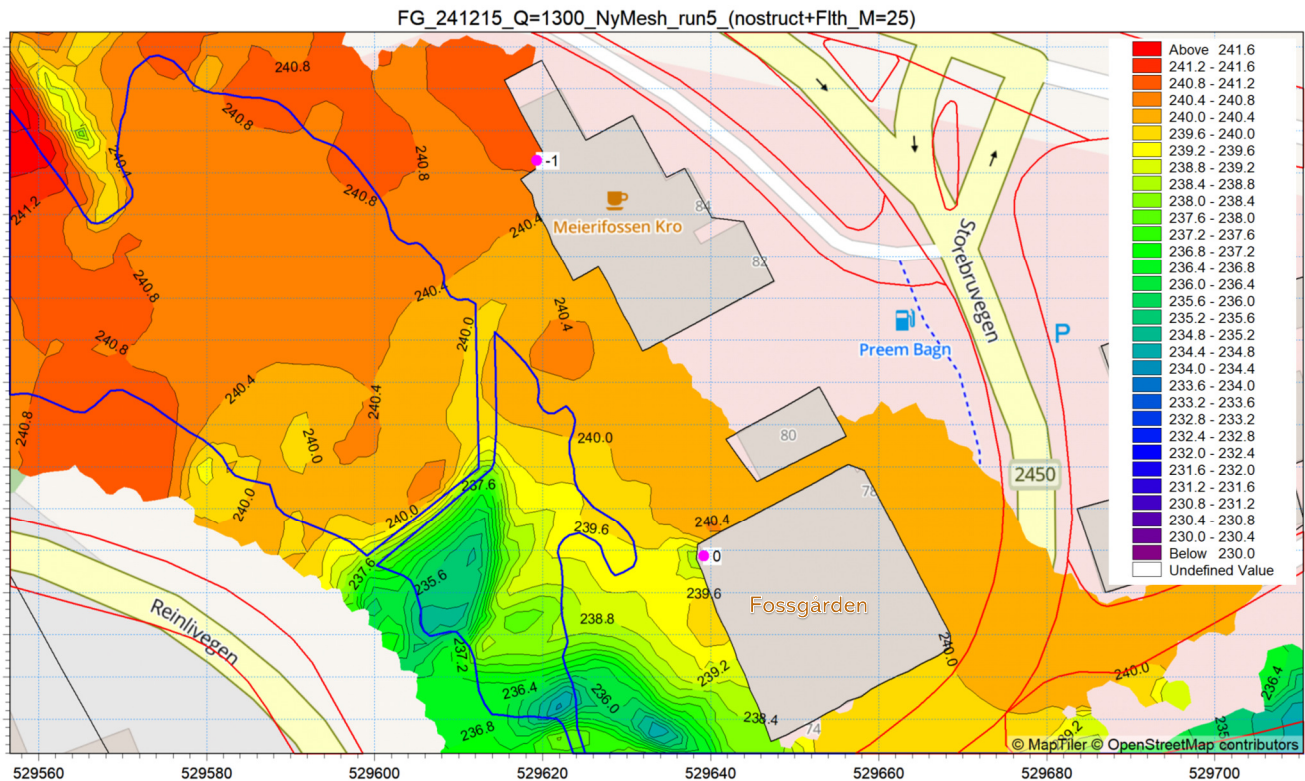


Figur 3 Oversikt over hele modellområdet med flomsone ved dimensjonerende flom. Svarte rammer angir fire delområder med detaljerte flomsonekart.



2.2.1 Oppstrøms fossen

På grunn av fossen er det store variasjoner i vannstand, både i strømningsretningen, men noen steder også på tvers av elva. Langs den øverste av de to bygningene (Meierifossen Kro) er vannstandsvariasjonen dog moderat, rundt en halv meter. Langs den nederste bygningen, Fossgården, varierer vannstanden nesten to meter. Vannhastighetene er følgelig også veldig store ved Fossgården.



Figur 4 Flomsone dimensjonerende flom (1300 m³/s) oppstrøms fossen og bru nr 1.

Tabell 3 Flomvannstander ved Fossgården

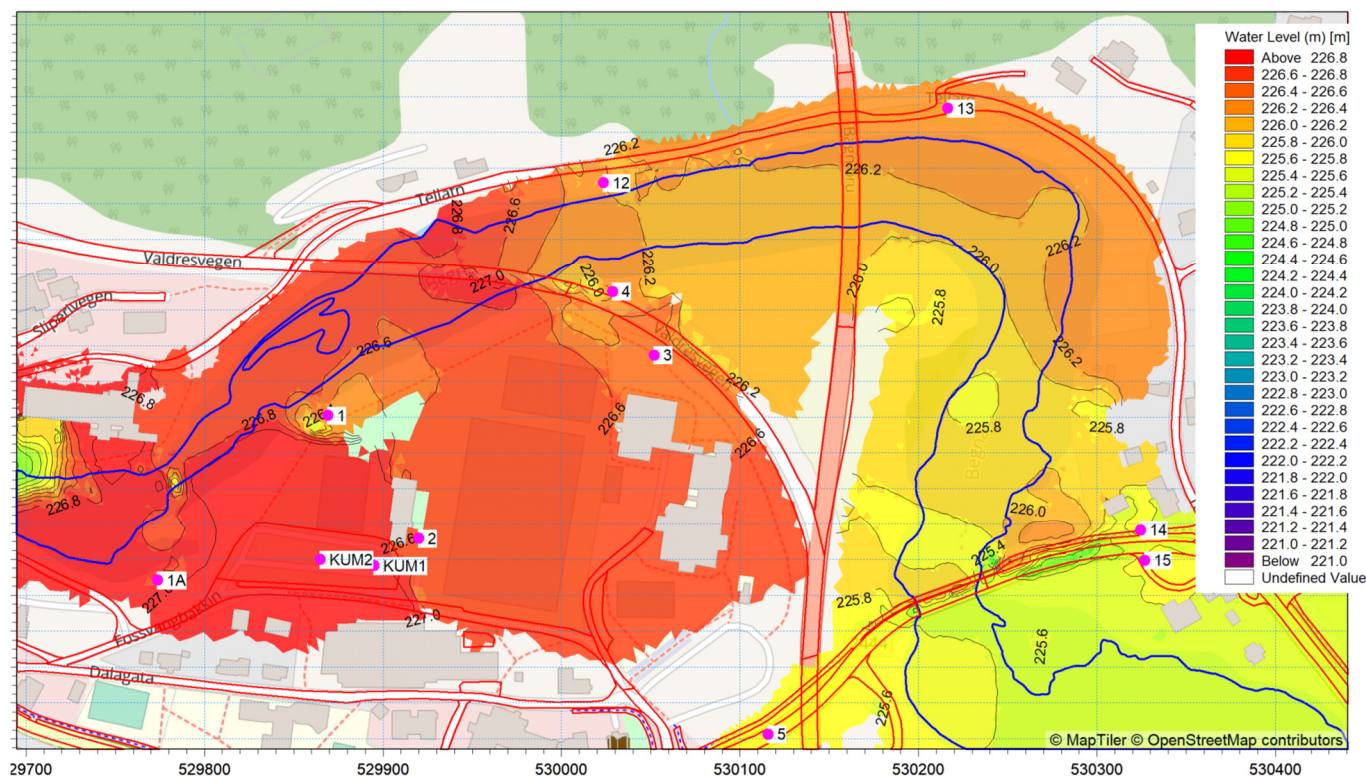
Sted	Nummer på kart	H _{Hans} (observert)	Dimensjo- nerende flom	H _{dim} ift H _{Hans} *
Fossen Kro	-1		240,8	
Fossgården	0	238,00	240,4	2,4



2.2.2 Bagn sentrum / Ungdomsskolen

Dimensjonerende flomvannstand nærmest Ungdomsskolen er **226,5-226,6** moh. Dette er i høy grad et resultat av oppstuvning fra både bru nr 4 (den nederste) og bru nr 2 (Valdresvegen). På sistnevnte vil tre av spennene stå helt eller delvist under vann. Bru nr 3 går derimot helt fri pga stor høyde.

Ved Fossvang-bygget, vest for ungdomsskolen, er vannstanden **226,7**. Oppstrøms (vest) for Fossvang-bygget stiger vannstanden til rundt 227,0 moh. Dette er tett på terrengnivå utenfor den store sportshallen nedenfor Dalagate. Det er vanskelig å avgjøre om bygget berøres, men det er i hvert fall svært lite å gå på. Det anbefales å betrakte hallen som flomutsatt inntil videre (evt. foreta oppmåling av grunnmur).



Figur 5 Flomsone ved dimensjonerende flom i Bagn sentrum. Ungdomsskolen midt i bildet.

Tabell 4 Flomvannstander i Bagn sentrum

Sted	Nummer på kart	H _{Hans} (observert)	Dimensjo- nerende flom	H _{dim} ift H _{Hans} *
Vis-a-vis Sliperiet	1A	224,71	226,9	2,2
Skrent vis-a-vis Bru nr 2	1	223,70	226,4	2,7
Fossvang	2	223,84	226,7	2,9
Rett nord for UNGDOMSSKOLE	3	223,72	226,5	2,8
UNGDOMSSKOLE (nord f fylling)	4	223,65	226,3	2,7
Underkjøring under E16 (v.	5	223,34	225,8	2,5
Mellom Bru nr 2 og nr 3	12	223,70	226,2	2,5
N/S Bru Nr 3	13	223,73	226,3	2,6
O/s Bru nr 4	14	223,52	225,7	2,2
N/s Bru nr 4	15	223,12	225,7	2,6



2.2.3 Klukkarmoen

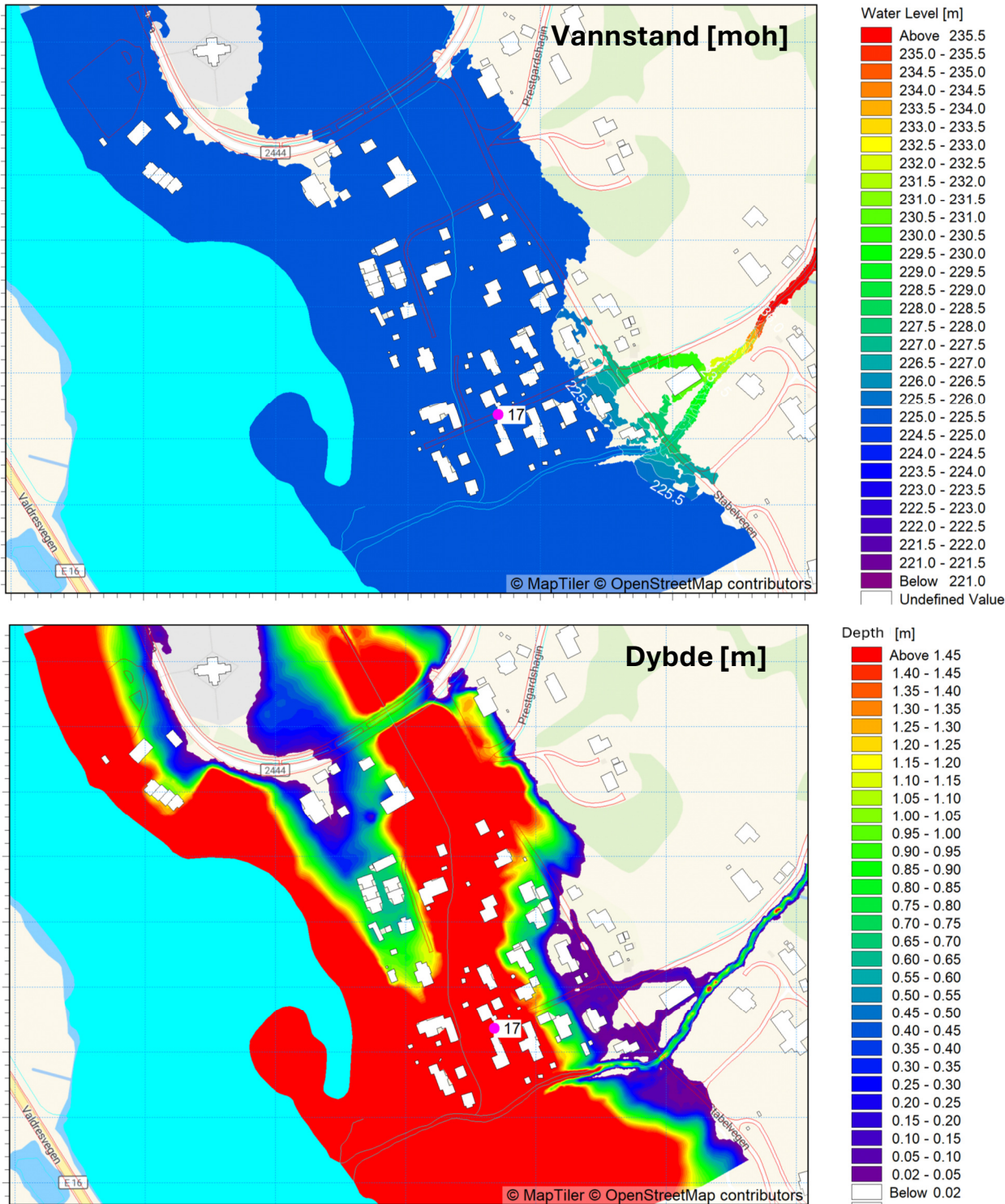
Figur 6 viser *dimensjonerende* flomsone i Klukkarmoen. Vær oppmerksom på at kartet er en kombinasjon av to *uavhengige* beregninger:

- 1) Dimensjonerende flom i Knednaelve, $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$ og middelflom i Begna, $239 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2) Dimensjonerende flom i Begna, $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ og middelflom i Knednaelve, $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Årsaken til denne fremgangsmåten er at Begna og Knednaelve er to svært forskjellige nedbørfelt ut fra flere kriterier; mest åpenlyst mht. feltareal og reguleringsgrad. Det er derfor usannsynlig at en 200-årsflom vil opptre samtidig i to vassdrag med så ulike feltegenskaper. Gjennom kombinasjonsmetoden fremkommer et kart som viser en flomsone med omtrent 200 år returperiode i ethvert punkt.

Det viser seg at klimajustert 200 årsflom i Begna oversvømmer det meste av Klukkarmoen. Vannstanden er ca. 2,4 m høyere enn ved Hans og vannspeilet er nærmest horisontal. For den nederste husrekken mot Begna er vanndybden rundt 3 m.

Det er kun tre eiendommer på vestsiden av Stabelvegen er berørt av 200-årsflom i kun av Knednaelve og ikke i Begna er, foruten en større landbruksbygning litt høyere oppe i vassdraget. Her er vanndybden langt mindre – ikke over 20 cm.



Figur 6 Flomsone i Klukkarmoen. Vannstand øverst, vanndybde nederst.
(OBS: Vist flomsone er en kombinasjon av to flomsoner: dimensjonerende flom i Begna og dimensjonerende flom i Knedna. Beregnet separat).

Tabell 5 Flomvannstander i Klukkarmoen

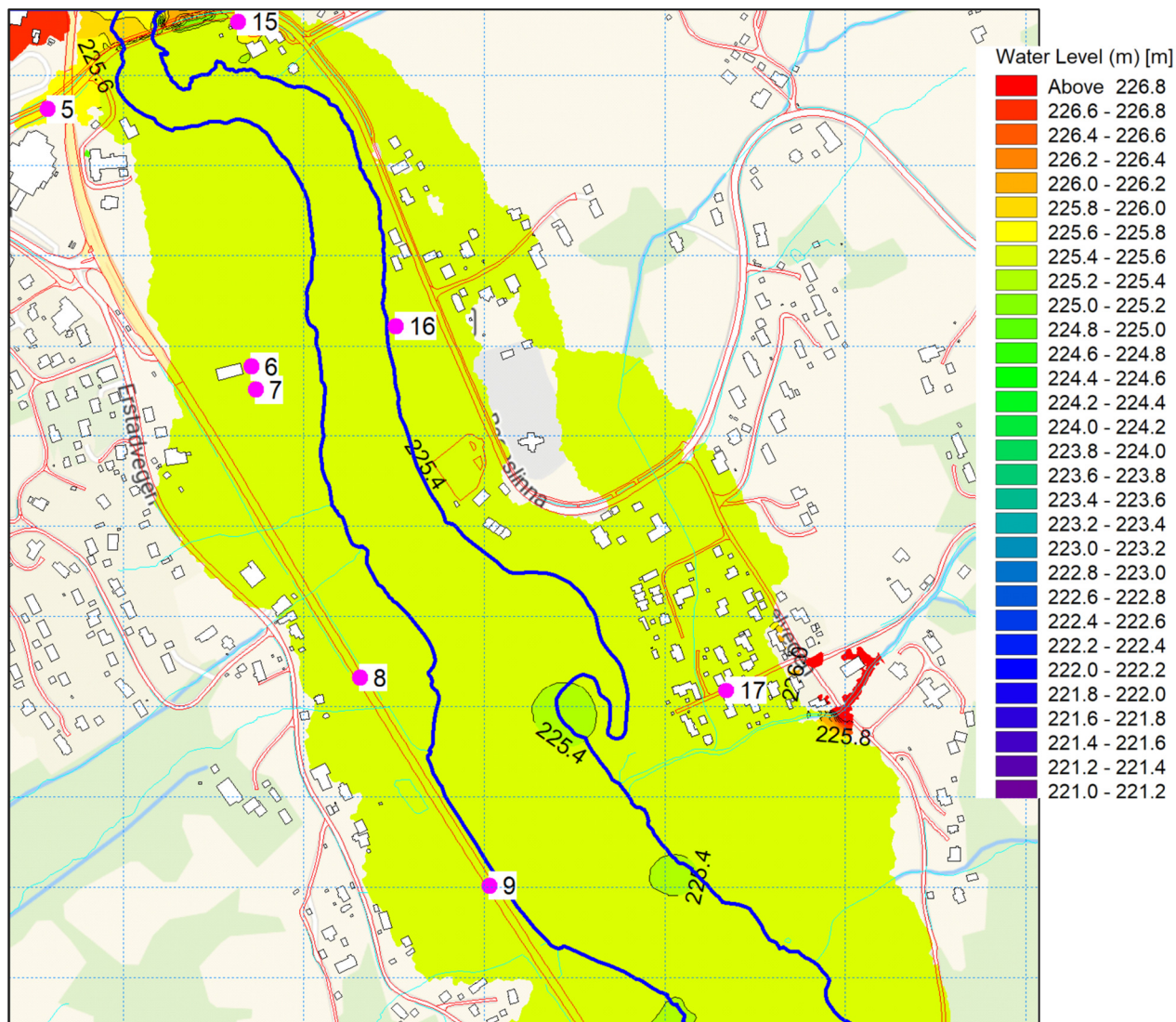
Sted	Nummer på kart	H _{Hans} (observert)	Dimensjo- nerende flom	H _{dim} ift H _{Hans} *
Klukkarmoen	17	223,08	225,5	2,4



2.2.4 Nedstrøms sentrum

Figur 7 viser flomsone nedstrøms Bagn sentrum og forbi Klukkarmoen. Flomvannstand i det meste av området er in intervallet 225,4-225,6 moh.

Tabell 6 viser tilsvarende flomvannstander i utvalgte punkter i området, sammen med vannstander fra Hans, for sammenligning. Punktene er som rosa prikker på vist på Figur 7.



Figur 7 Flomsone ved dimensjonerende flom nedstrøms Bagn sentrum og forbi Klukkarmoen.



Tabell 6 *Flomvannstander nedstrøms Bagn sentrum*

Sted	Nummer på kart	H _{Hans} (observert)	Dimensjo- nerende flom	H _{dim} ift H _{Hans} *
Underkjøring under E16 (v. kjøpesenter)	5	223,34	225,8	2,5
Renseanlegg (?)	6	223,15	225,5	2,4
Renseanlegg (?)	7	223,12	225,4	2,3
E16 (Erstadvegen 58)	8	223,09	225,5	2,4
E16 Vis-a-vis utløp Knednaelva	9	223,09	225,5	2,4
N/s Bru nr 4	15	223,12	225,7	2,6
Pumpestasjon/renseanlegg	16	223,09	225,6	2,5
Klukkarmoen	17	223,08	225,5	2,4

3 Referanser

Multiconsult AS. (2024). *Flomberegning Bagn. For Sør-Aurdal kommune. Dok. nr.: 10260130-Rivass-RAP-001.*

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

NVE. (3/2022). *Sikkerhet mot flomfare. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak.*



VEDLEGG 1 Hydraulisk Modell

VANNLINJEBEREGNING

Bagn

OPPDRAGSGIVER

Sør-Aurdal kommune

EMNE

Hydraulisk modellering

DATO / REVISJON: 17. januar 2025 / 0

DOKUMENTKODE: 10260130-RIVass-RAP-002



Multiconsult

Foto: Ved Sliperiet under ekstremværet «Hans».
(foto stilt til rådighet av Sør-Aurdal kommune)

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

00	17.01.2025	Hydraulisk modellering Bagn (Teknisk Rapport)	J-P Bramslev	Péter Borsányi	Ingunn Weltzien
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

RAPPORT

Oppdrag	Flomfarekartlegging Bagn	Dokumentkode	10260130-Rivass-RAP-002
Emne	Hydraulisk modellering	Tilgjengelighet	Åpen
Ansvarlig enhet	10105070 Hydrologi	Oppdragsleder	Péter Borsányi
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune	Utarbeidet av	Jean-Pierre Bramslev
Kontaktperson	Stig Solbrekken		

Sammendrag

- Multiconsult har utført vannlinjeberegning for Begna i Bagn og Knednaelve i Klukkarmoen.
- Modellen for Bagn er kalibrert for to vannføringer og viser et tilfredsstillende samsvar med observerte vannstander.
- På basis av kalibreringens kvalitet evalueres det at modellen faller i Klasse A i henhold til NVEs klassifisering av usikkerhet. Dette tilsier et usikkerhetspåslag på 10%.
- Dimensjonerende flomvannføring (som er 200-årsflom inklusiv usikkerhet- og klimapåslag) er 1300 m³/s.
- Dimensjonerende flomvannstander i Begna ligger rundt kt. 225,5 m langs Begna mellom Bagn og Sparkevik.
- I Bagn sentrum varierer flomvannstanden en del, men ligger typisk på kt. 226-227 m.
- Oppstrøms fossen ved Fossgården ligger flomvannstand på kt. 240,4-240-8 m.

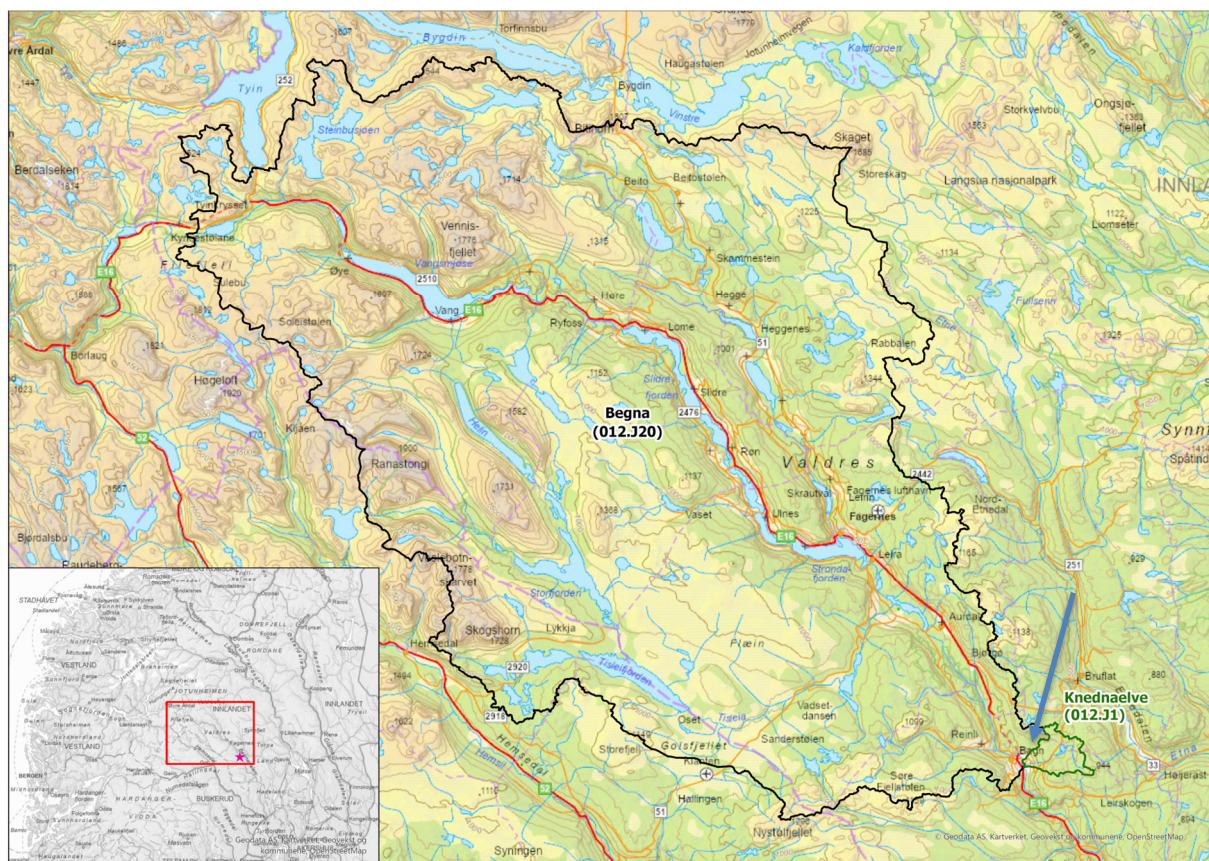
INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Beskrivelse av prosjektstrekningen	5
2.1	Begna	5
2.2	Knednaelve, Klukkarmoen	6
3	Topografiske data	7
3.1	Terreng	7
3.2	Elvebunn	7
3.3	Oppmåling på land	8
3.4	Oppmåling av vannstander	11
4	Hydraulisk modell	12
4.1	Programvare	12
4.2	Modellutstrekning	12
4.3	Grensebetingelser	13
4.4	Oppløsning	14
5	Kalibrering	15
6	Sensitivitetsanalyse	16
7	Usikkerhetspåslag	17
7.1	Begna	17
7.2	Knednaelve	18
8	Modellering dimensjonerende flom	19
9	Bibliografi	22

1 Innledning

Sør-Aurdal kommune planlegger utredning av flomsikringstiltak for Bagn sentrum. Det er i den forbindelse behov for oppdatering av tidligere flomsonekartlegging (2017), siden flommen under ekstremværet «Hans» i august 2023 vesentlig forandrer analysegrunnlaget. Begna er en del av Drammensvassdraget. Bagn ligger i Sør-Aurdal kommune, Innlandet fylke.

Flomberegningen som er utført i denne forbindelsen er dokumentert i egen rapport. Den nærværende rapporten dokumenterer vannlinjeberegninger for Bagn. Det er utført hydraulisk modellering dels for selve Begna og for sideelva Knednaelva i Klukkarmoen.



Figur 1-1: Oversiktskart av nedbørfeltene. Pilen viser Bagn sentrum. Knednaelva nedbørfelt vist med grønt.

2 Beskrivelse av prosjektstrekningen

2.1 Begna

Studielområdet begynner litt oppstrøms en liten dam/terskel oppstrøms fossen rett oppstrøms Bagn sentrum. Terskelen ligger på kt. 234,62 m. Cirka 30 meter nedstrøms for terskelen stuper Begna ned i smal og bratt foss ned til litt under kt. 220 m, altså nesten 15 m. Fossen ligger under en veibro.

Nedstrøms fossen renner Begna relativt rolig på en strekning på ca. 900 m gjennom Bagn sentrum. Til vanlig består en stor del av driftsvannføringen av avløp fra kraftstasjonen, som føres/ledes/slippes i Begna gjennom tunnelen med utløp vis-a-vis idrettsbanen. Vannføringen fra kraftstasjonen kan være opp til 84 m³/s.

Det er fire vegbroer over Begna i Bagn sentrum. Alle fire gikk fri av flommen under Hans, men for tre av dem - med veldig liten margin. Kun den nord-sør-gående E16-brua (bru nr.3 i Bagn regnet opp fra

går så høyt at den ikke trues av flom. Nedstrøms den fjerde av bruene begynner strekning på ca. 3,3 km der Begna er svært rolig flytende og bred.

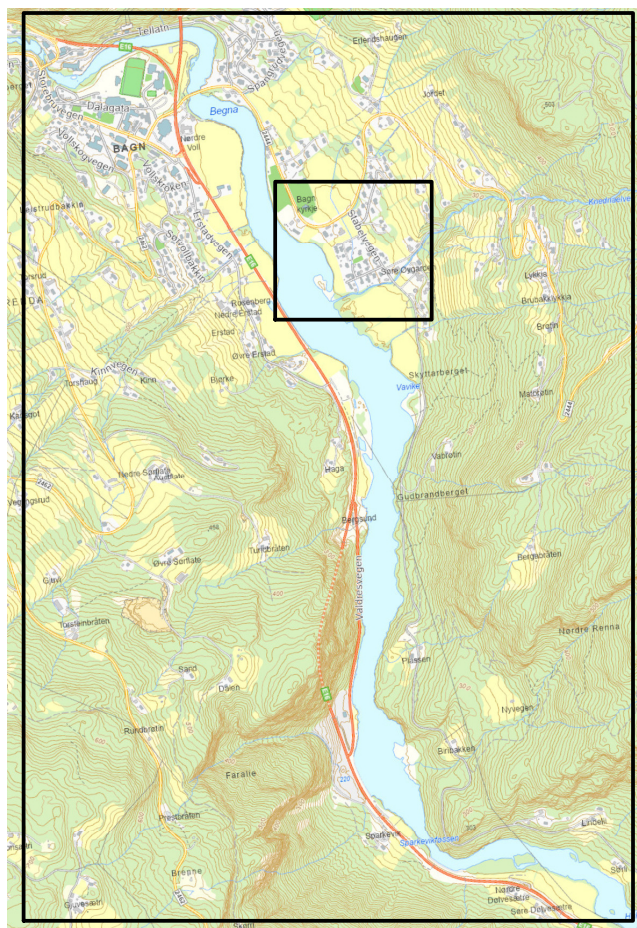
Etter 3,3 km som bred og rolig elv går Begna gjennom en serie av stryk, kalt Sparkevikfossen. Strykene dekker en strekning på 200-300 meter. Modellen er fortsatt ca. 1 km nedstrøms strykene – ned til neste serie med stryk. Modellstrekningen er vist på Figur 2-1.

2.2 Knednaelva, Klukkarmoen

Knednaelva er et uregulert vassdrag som renner ut i Begna umiddelbart på sørsiden for tettstedet Klukkarmoen, litt nedstrøms Bagn sentrum. Modellen omfatter de nederste 400 m av vassdraget, svarende til strekningen der det vurderes at elva kan flomme over og true bebygde områder.

Knednaelva er bratt, med et fall på ca. 22 høydemeter over ca. 440 m (5%). Langs Klukkarmoen og ut til samløpet med Begna er helningen dog kun 6 høydemeter over 255 m, tilsvarende 2,4%. Knedna er typisk ca. 4 m bred, med bunnen preget av store stein. Dybde i ft. omgivende terreng er liten – i størrelsesorden en halv til én meter.

Knednaelva-vassdraget inkluderer en liten bekk som renner gjennom Klukkarmoen. Bekken kommer inn i tettstedet fra jordet som ligger øst for Bagn Kirke. Bekken er svært liten – både dybde og bredde i størrelsesorden 1 meter. Bekken renner gjennom tre stikkrenner før samløpet med Knednaelva. Det forventes at det kan oppstå oppstuvning i denne bekken. Denne forventningen er basert dels på at stikkrennene har begrenset dimensjon, dels på observasjonen under Hans. Stikkrennene og bekken ble målt inn under befaringen i september 2024.



Figur 2-1 Studieområde. Liten firkant: Knednaelva/Klukkarmoen.

3 Topografiske data

3.1 Terreng

Topografien på landjord består i utgangspunktet av følgende terrengmodell lastet ned fra Statens Kartverk (hoydedata.no): **Innlandet-Viken flomskred 2023**, punkttetthet 5 pkt/m². Skannet september 2023.

3.2 Elvebunn

Elvebunnen ble målt opp med ADCP fra båt i fb med befaringen 19/9-24. En del av strekningen fra Klukkarmoen til Sparkevik ble ikke målt opp pga uventede tekniske og sikkerhetsmessige utfordringer. Den ikke-oppmålte strekningen er bred og etter alt å dømme dyp, så detaljerte dybde data er ikke av kritisk betydning, ettersom vanndybde i høyere grad bestemmes av strykene ved Sparkevik. Oppmålt område er vist på Figur 3-1.

På strekningen lenger nedstrøms er dybden basert på en kvalifisert skjønn, i noen grad basert på oppmålingen oppstrøms. Basert på visuell vurdering synes dybde og hastighet å være lik strekningen mellom Bagn sentrum og Klukkarmoen, og det er derfor antatt en tilsvarende gjennomsnittsdybde. Antatt elvebunn ses som en horisontal strekning på Figur 3-5, mellom 2600 og 4300 m. Det kan se ut som om at bunnen her ligger høyere enn oppstrøms, men de dypere partiene oppstrøms er lokale hull med liten bredde. Den horisontale strekningen er på linje med *gjennomsnittet* til elvebunnen oppstrøms.

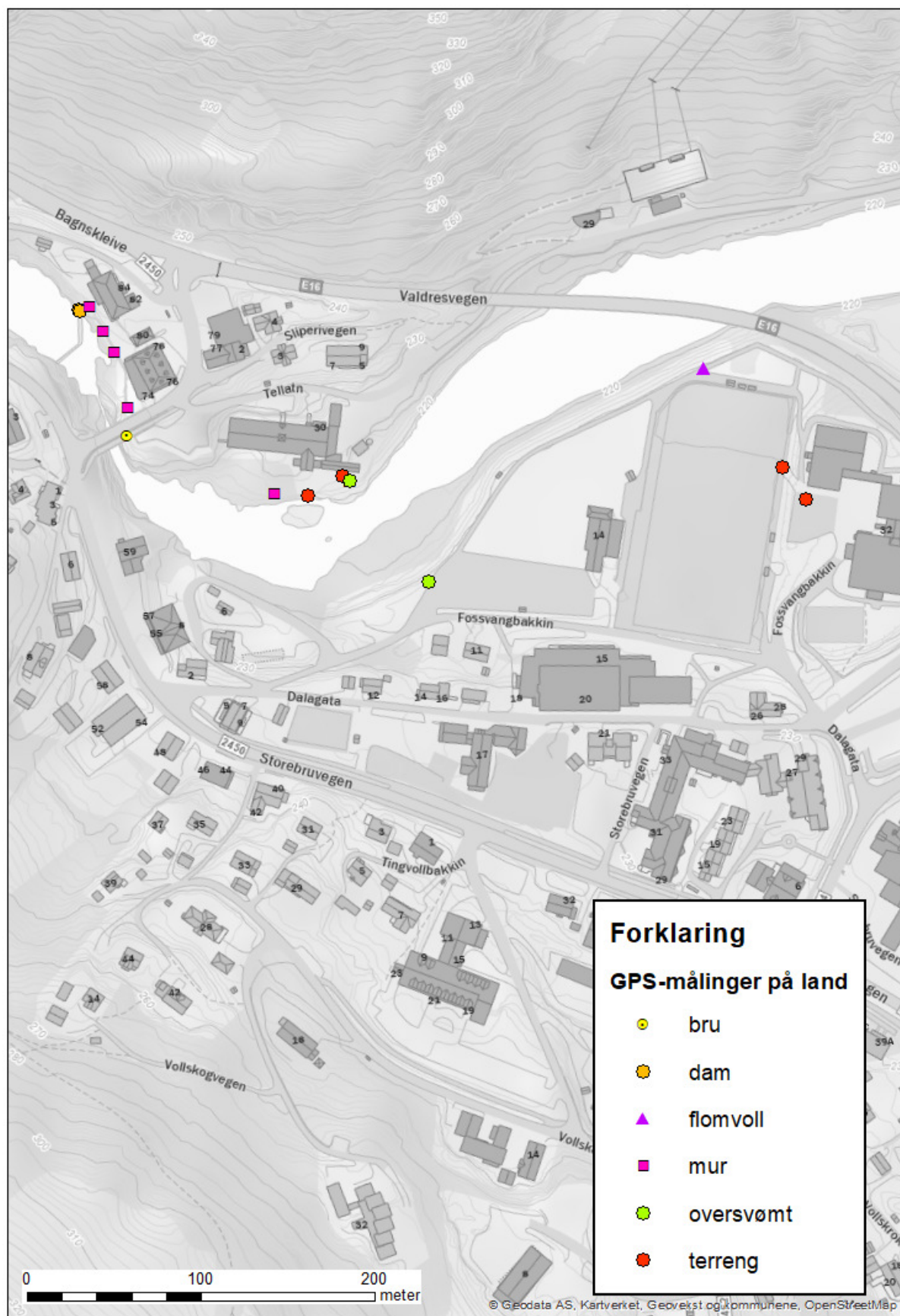
Det var ønskelig å måle opp bunnen rundt Sparkevikfossen, men ble vurdert som både farlig og også måleteknisk for vanskelig, ettersom båten ville få for stor hastighet til å oppnå gode målinger. Skjønn på bunnen rundt fossen ble derfor basert på stikkprøvemålinger fra et tidligere prosjekt, kombinert med tolkning ut fra lasermåling av vannflaten på Hoydedata.no. På grunn av manglende data ble nivået på tersklene i fossen i noen grad justert ifbm. kalibreringen.



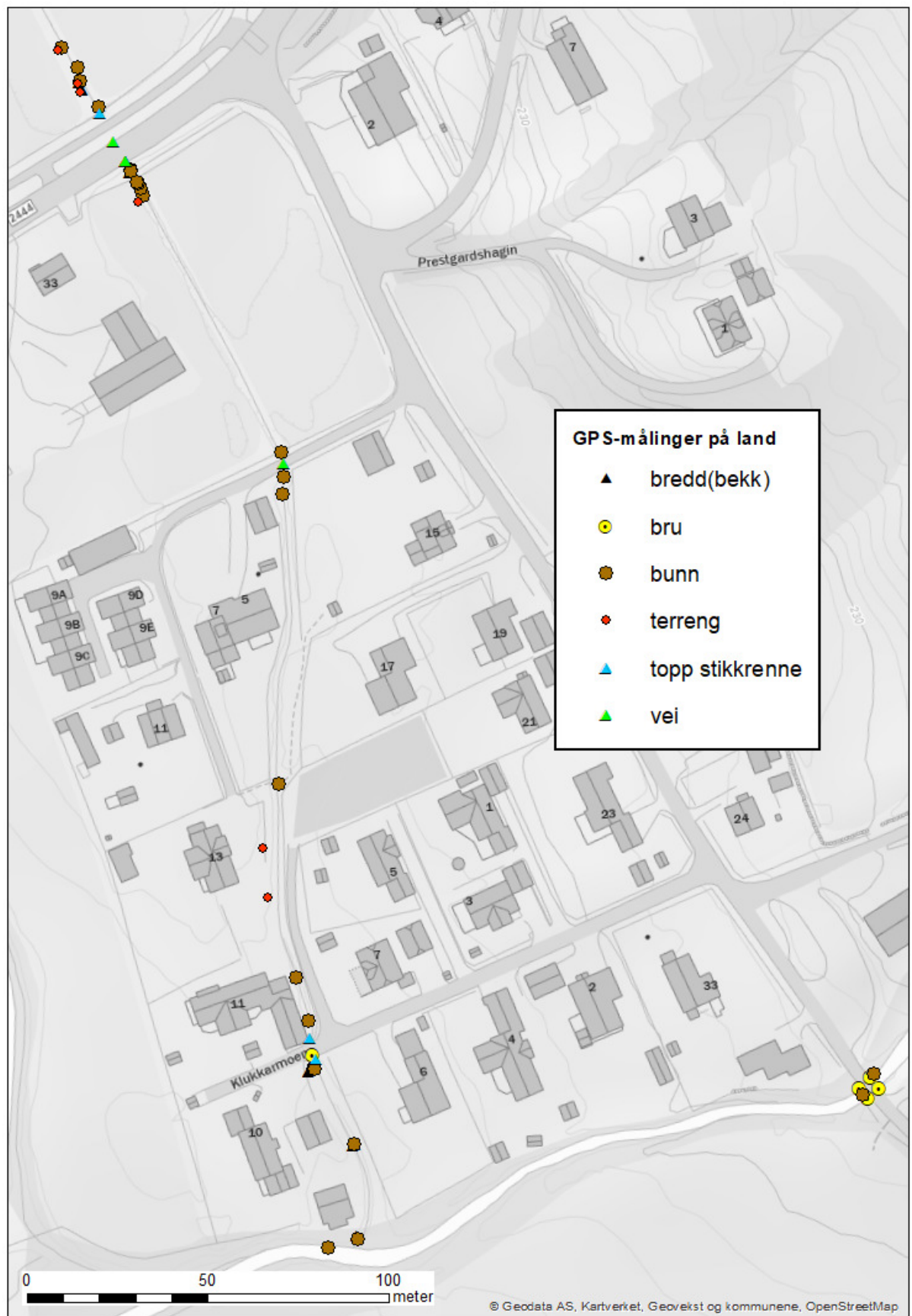
Figur 3-1 Oppmåling av elvebunn med ADCP fra båt, 19. sep. 2024.

3.3 Oppmåling på land

Under befaringen 19/9-24 ble det utført supplerende oppmåling på land med GPS (Leica). Oppmålingen omfattet især konstruksjonsmessige detaljer som ikke kan forventes avspeilet i terrengmodellen fra Statens Kartverk, som murer, bruer, stikkrenner o.l. Dette var særlig viktig i Klukkarmoen, ettersom sidebekken til Knednaelva er så liten at den ikke avspeiles nøyaktig i terrengmodellen. Innmålte punkter er vist på Figur 3-2 og Figur 3-3.



Figur 3-2 Innmåling, Bagn.



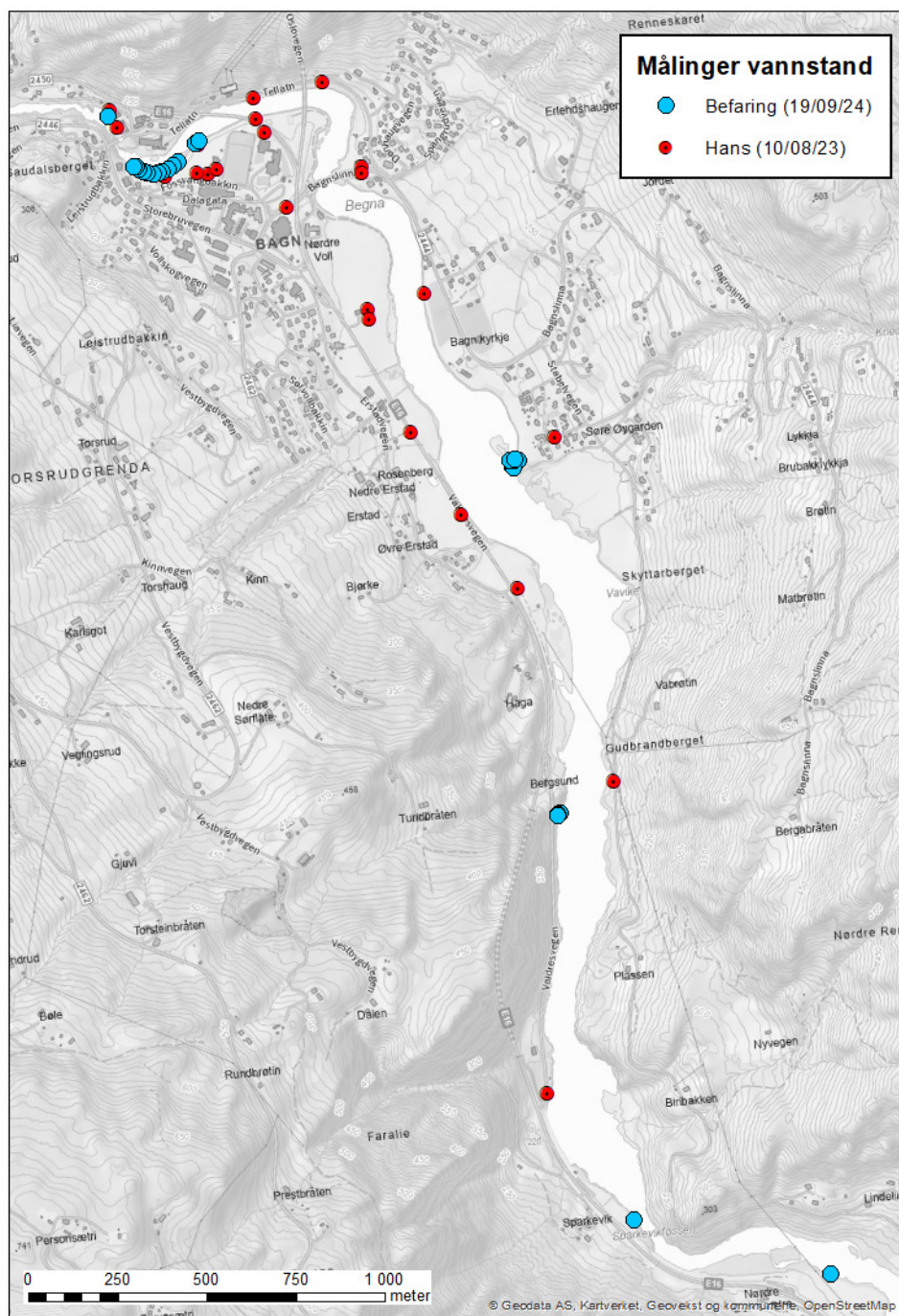
Figur 3-3 Innmåling, Klukkarmoen

3.4 Oppmåling av vannstander

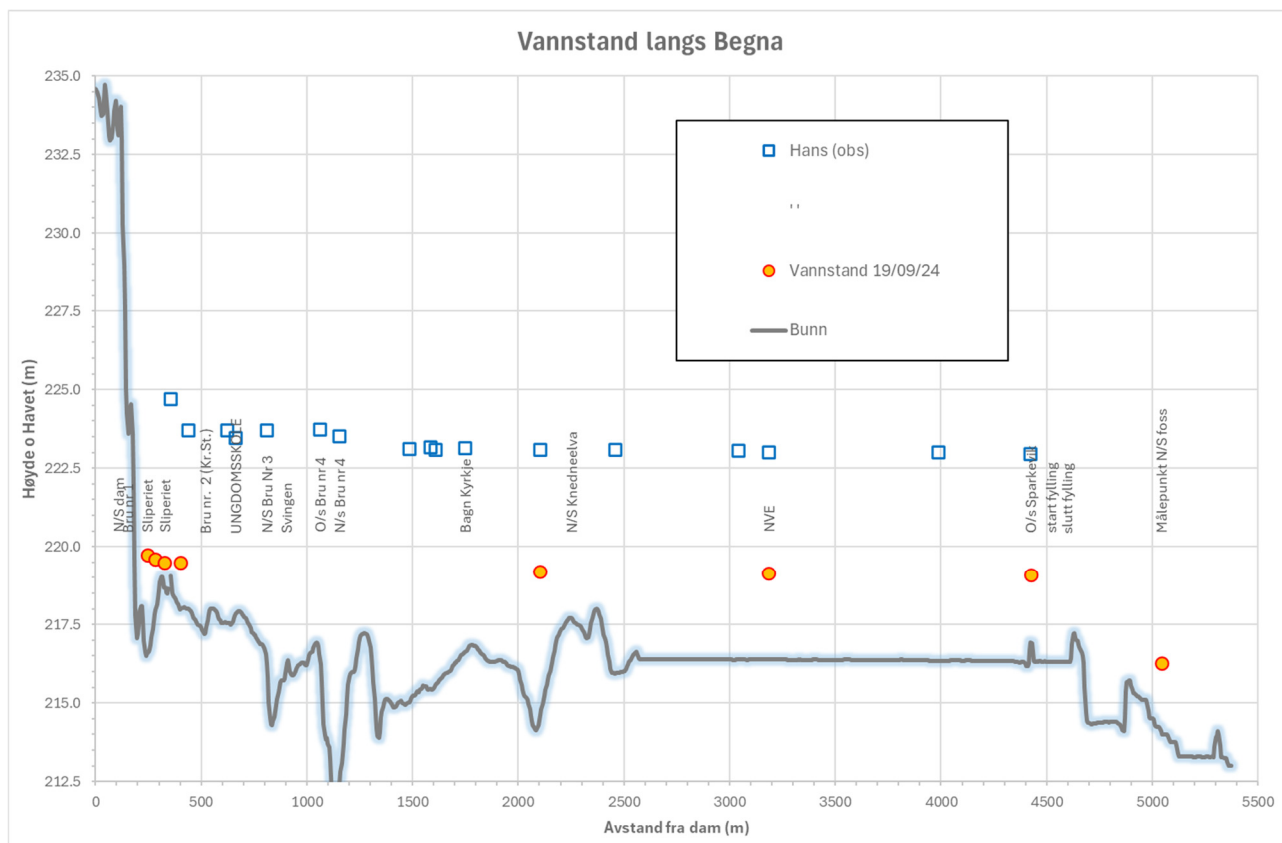
Under befaringen ble det også utført et vannstandslevellement, dvs. måling av elvevannstanden ned gjennom prosjektområdet, til bruk for kalibrering av modellen. Punktene beliggenhet er vist som blå punkter på Figur 3-4, som også viser punkter med innmålt vannstand under Hans (røde punkter).

Vannstander under Hans ble målt opp av landmåler på 18 lokaliteter langs Begna mellom Bagn og Sparkevik. Etter samråd med NVE opplyser landmåleren at flomtoppen tilsvarer målte nivåer pluss 6 cm. Alle vannstander fra Hans som omtales i denne rapporten er oppjusterte med 6 cm.

Målte vannstander er illustrert på Figur 3-5, der vannstandene er projisert inn på et lengdesnitt ned vassdraget.



Figur 3-4 Oppmålinger av vannstand i prosjektområdet.



Figur 3-5 Lengdeprofil langs Begna. Kvadrater og sirkler viser innmålte vannstander under Hans hhv. befarings. Elvebunn som grå linje.

4 Hydraulisk modell

4.1 Programvare

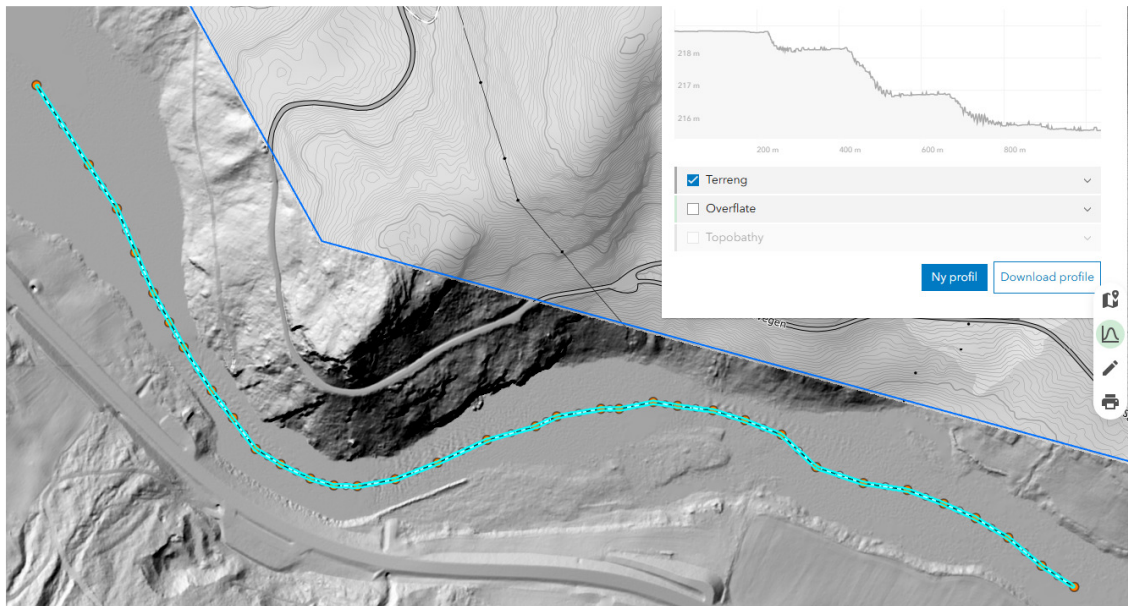
Programvaren som er brukt som hydraulisk modell er Mike21, utviklet av DHI (Danish Hydraulics Institute) (DHI, 2007). Modellen er 2-dimensjonal og er basert på numerisk løsning av inkompressible, Reynolds-midlede Navier-Stokes ligninger under antagelse av hydrostatisk trykk.

4.2 Modellutstrekning

Det er etablert to modeller. Den største modellen omfatter Begna fra oppstrøms den lille dammen/terskelen oppstrøms fossen i Bagn sentrum – og ned forbi Sparkevikfossen. Denne modellen brukes til å beregne vannstanden i Bagn sentrum.

I neste fase av flomsikringsprogrammet til kommunen skal det utredes om flomvannstander i Bagn kan reduseres ved å gjøre kapasitetsøkende tiltak i Sparkevikfossen. Det er derfor viktig at denne modellen avspeiler fossens effekt som bestemmende tverrsnitt, på en realistisk måte. Figur 4-1 viser høydeinformasjon omkring Sparkevik, på en strekning av ca. 1 km. Det antas at høydene tilnærmelsesvis avspeiler vannoverflaten, i grove trekk. Lengdeprofilen til vannoverflaten ses i det lille bildet øverst til høyre og er ca. 2,5 - 3 m totalt og er konsentrert i tre stryk med ca. 200 m mellomrom. Det største fallet ses i det midterste av strykene, med ca. 1,5 m høydeforskjell. Det antas at høydene avspeiler omtrentlig normalvannføring.

I tillegg er det etablert en lokal modell for Klukkarmoen/Knednaelva og sidebekken til denne. Denne modellen er veldig detaljert fordi de to små vassdragene krever veldig fin oppløsning. I denne modellen er vannstanden i Begna nedstrøms grense. Grensebetingelsen beregnes med den store modellen.



Figur 4-1 Høydeinformasjon fra Høydedata.no, fra nederste del av modellområdet, rundt Sparkevikfossen.

4.3 Grensebetingelser

4.3.1 Utløp fra modellen

Nedstrøms modellgrense er lagt ca. 1 km nedstrøms Sparkevik. Dette sikrer at valgt vannstand som nedre grensebetingelse ikke vil påvirke modellerte vannstander oppstrøms Sparkevik. Det er benyttet faste verdier for vannstand som nedre grensebetingelse i modellen, og følgelig er de forskjellige for hver simuleringstilstand. Verdiene satt basert på beste skjønn og vises i Tabell 4-1. Det er utført følsomhetsanalyse som viser at endret grensevannstand ikke forplanter seg oppstrøms for Sparkevik.

4.3.2 Vannføring

Under befaringen 19/9-24 var vannføringen 105 m³/s ifølge NVEs målestasjon nedstrøms Bagn. Herav gikk det 84 gjennom kraftstasjonen (opplyst via Oppdragsgiver), altså de resterende 21 m³/s gikk over dammen/terskelen oppstrøms Bagn sentrum.

Under «Hans» ble kraftstasjonen stoppet da vannføringen gikk over 500 m³/s, opplyser Oppdragsgiver. NVE-målestasjonen angir kulminasjonsvannføringen under «Hans» til å være 693 m³/s.

Tabell 4-1 Grensebetingelser brukt til kalibreringen

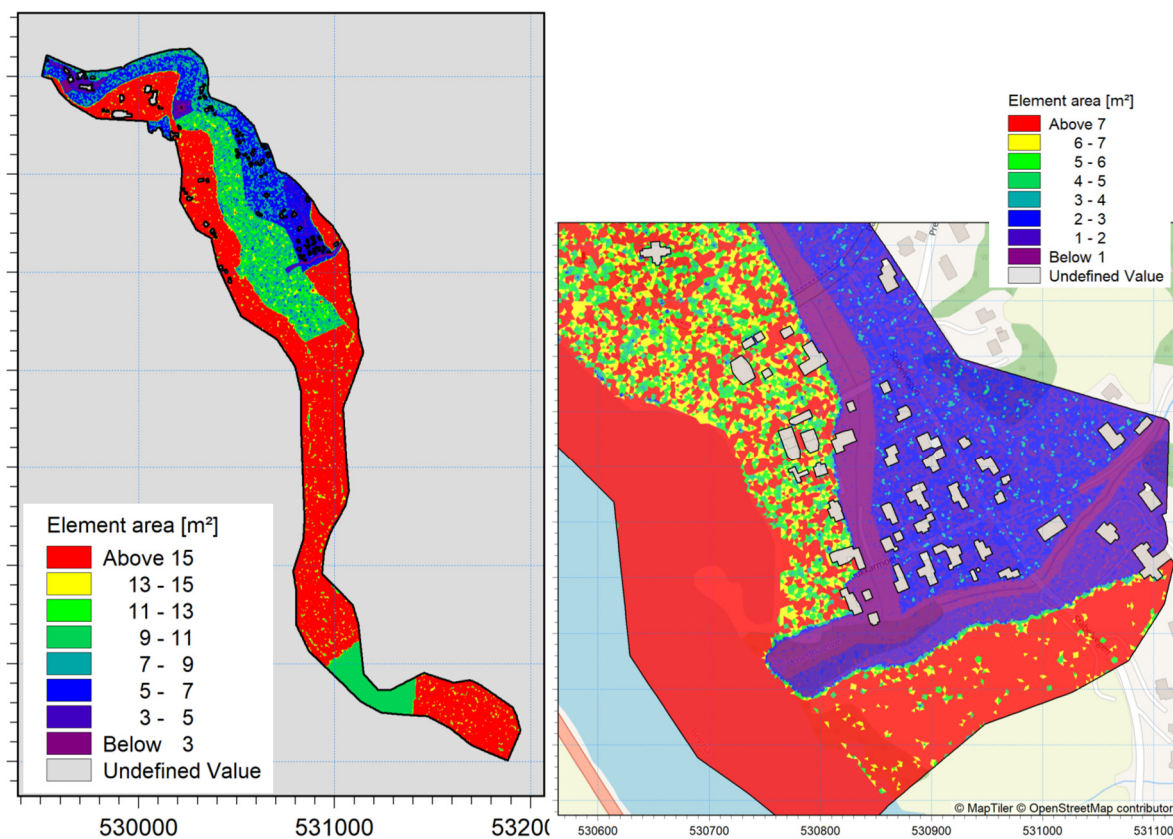
Simulert flomscenario	Oppstrøms: vannføring (m ³ /s)		Vannstand nedstrøms grense (moh)
	Begna - over terskelen og fossen	Kraftstasjon	
Kalibrering: 19. sept 2024	21	84	215,7
Kalibrering: 10. august 2023 (Hans)	693	0	219

4.4 Oppløsning

Mike21-modellen benytter Flexible Mesh-diskretisering, dvs. at modelldomenet er inndelt i trekkanter av varierende størrelse. Dette gjør det mulig å ha finere oppløsning (=bedre beskrivelse) i områder som er viktige og grove oppløsning i områder av mindre betydning. Det siste gjelder typisk der Begna er bred og relativt langsomt flytende og har lite variasjon i dybde og retning.

I den store modellen er det benyttet elementstørrelser (trekanter) ned til 1-2 m² i områdene med mest uensformig strømning, dvs. ved fosser, nær brupilarer og i svinger. I områder med mer ensformig strømning er det benyttet elementstørrelser rundt 15-20 m².

For Klukkarmoen-modellen er det benyttet en oppløsning med trekantstørrelser i størrelsesorden 0,3-0,75 m² i og langs Knednaelva. I og langs den lille sidebekken er oppløsningen 0,15-0,2 m². I Klukkarmoen for øvrig er det benyttet elementstørrelser på typisk 1-2 m². I Begna er det benyttet 5 m².



Figur 4-2 Oppløsning (elementstørrelse). Venstre: Begna-modellen. Høyre: Klukkarmoen-modellen.

5 Kalibrering

Modellen er kalibrert på grunnlag av to sett målinger av vannstander ved kjent vannføring:

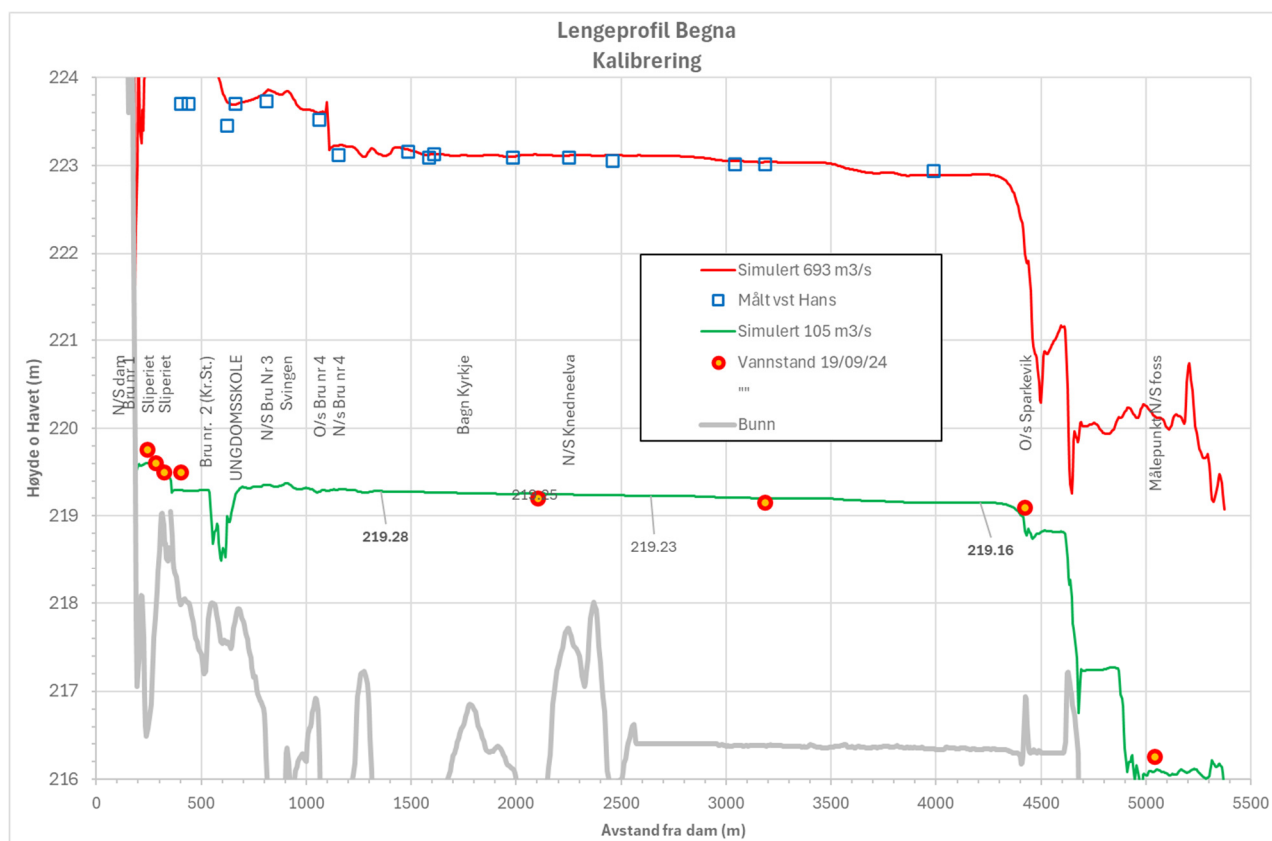
- 1) Under "Hans" 9-10 aug. 2023, med $Q_{\max}=693 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2) Under befaring 19 sept. 2024, ved $Q=105 \text{ m}^3/\text{s}$.

Modellen ble kjørt med vannføringene $105 \text{ m}^3/\text{s}$ (som under befaringen) og $693 \text{ m}^3/\text{s}$ (som under «Hans»). Beregnede vannstander ble sammenlignet med målte vannstander. For $Q=105 \text{ m}^3/\text{s}$ ble det oppnådd et godt samsvar mellom målt og beregnet vannstand ved å sette den hydrauliske friksjonen Mannings M til $M=38$, som er noe lavere verdi enn det som forventes fra et tilsvarende elv. Avviket virker akseptabelt og realistisk, gitt at elvebunnen godt kan være dekket av relativt fine sedimenter, gitt relativt lave vannhastigheter, særlig på den lange strekningen mellom Bagn sentrum og Sparkevik.

For «Hans»-vannføringen ga $M=38$ for lave vannstander. Den hydraulisk friksjonen på flomslettene ble derfor satt høyere (som medfører lavere M -verdier). Best samsvar ble oppnådd ved å ha $M=22$ på flomslettene, tilsvarende «ganske høy friksjon». Dette fremstår akseptabelt, gitt obstruksjoner i form av naturlig vegetasjon, hegn, hekker og andre gjenstander og konstruksjoner på oversvømt område.

Figur 5-1 viser samsvar mellom observert og beregnet vannstand for begge vannføringer, brukt til kalibrering. Samsvaret vurderes som tilfredsstillende. Avviket mellom målt og simulert vannføring ligger stort sett innenfor 10 cm. På strekningen aller nærmest fossen er avvikene noe større, hvilket antas å henge sammen med nettopp fossen, der de store hastighetene og omsetningen av kinetisk energi er utfordrende å simulere med en slik modell. Man ser også på målingene, særlig under «Hans», at det er store «hopp» i vannstanden, noe som er vanskelig å reproducere nøyaktig.

Det konkluderes med at modellen er tilfredsstillende kalibrert, også for store flommer.



Figur 5-1 Sammenligning av beregnet vannstand (linjer) med målte vannstander (markører) for to vannføringer.

6 Følsomhetsanalyse

Det er utført tre følsomhetsanalyser (sensitivitetsanalyser):

1. Vannstanden på nedstrøms grense økes med 1 m.
2. Vannføringen økes med 10%.
3. Friksjonen økes.

Følsomhetsanalysen er utført for en vannføring lik 200-årsflom pluss klimapåslag, 1180 m³/s. Resultatene er presentert i form av en lengdeprofil, se Figur 6-1.

Vannstand på nedstrøms grense

Figur 6-1 viser at en økning på 1 m av vannstanden på nedstrøms grense har ingen effekt oppstrøms for Sparkevikfossen.

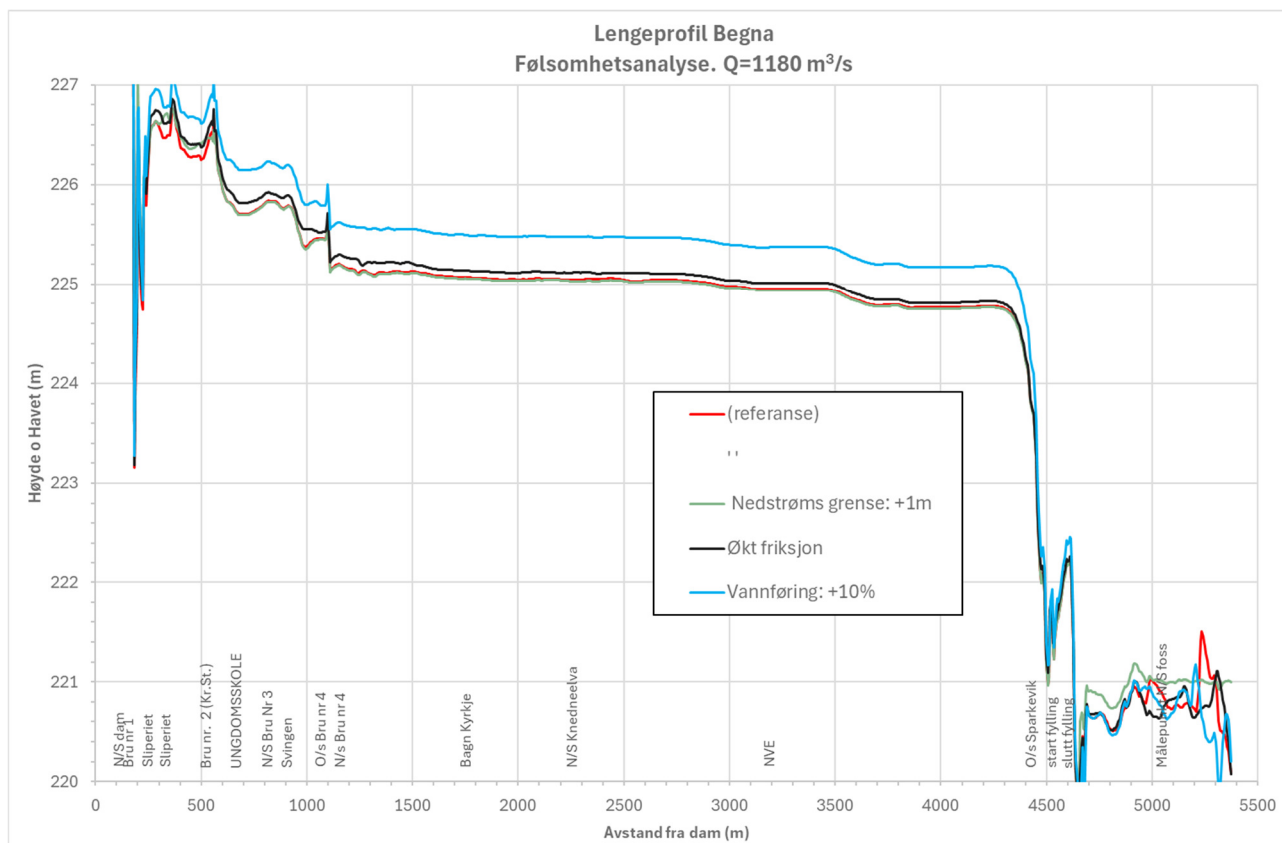
Økt vannføring

Figur 6-1 illustrerer at en 10% økning av vannføringen – fra 1180 til 1300 m³/s – medfører en vannstandsøkning rundt 42 cm på den lange strekningen mellom Bagn sentrum og Sparkevik. I Bagn sentrum er økningen litt mindre – ned mot 30 cm i retning av fossen.

Økt friksjon

Det er kjørt en følsomhetstest ved å øke friksjonen (dvs. redusere Mannings M). Friksjonen er ikke økt med en bestemt prosentandel, men ved å se på faglitteraturens (Chow, 1994) anbefalte variasjonsområder (fra-til) for ulike klasser av elvebunn og flomsletter. I følsomhetsanalysen er benyttet øvre grense for den klassen, der anbefalt verdi representeres av verdien som ble bestemt gjennom kalibrering av modellen. På denne måten er det benyttet følgende verdier: M= 35 i stedet for 38 på elvebunnen og M=17 i stedet for 22 på flomslettene.

Resultatet er følsomhetsanalysen er at økt friksjon medfører en økt vannstand på rundt 7 cm på strekningen mellom Bagn sentrum og Sparkevik. I Bagn sentrum er økningen noe større, antagelig fordi større hastigheter gir større energitap: rundt 12 cm.



Figur 6-1 Resultater av følsomhetsanalyse.

7 Usikkerhetspåslag

7.1 Begna

Ettersom både inndata og beregninger er beheftet med usikkerhet, skal det legges et usikkerhetspåslag på dimensjonerende flomstørrelse. Usikkerhetspåslaget avhenger både av kvaliteten på de hydrologiske beregningene (flomberegningen) og av kvaliteten av den hydrauliske modellen.

Kvaliteten av de hydrologiske beregningene er vurdert i Flomberegningsrapporten, som opptrer som Vedlegg i samlerapporten, avsnitt 6.4: Flomberegningen vurderes å være i **klasse 2** «Brukbart hydrologisk grunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.»

I henhold til klassifiseringskriteriene i tabellen under (NVE, 2022), finner vi at den hydrauliske modellen kan anbringes i **Klasse A** (Tabell 7-1). Dette i utgangspunktet fordi modellen er kalibrert til å stemme med «Hans», som antas å ha gjentaksintervall større enn 20 år, samt fordi samsvaret mellom observert og beregnet vannstand er stort sett bra. Det kan som en ytterligere omstendighet nevnes at modellen er godt kalibrert for *to* vannføringer.

Tabell 7-1: Klassifisering av hydraulisk modell etter

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.

Tabell 7-2, som er en kopi av «Tabell 10-3» fra referansen (NVE, 2022), tilsier at kombinasjonen av flomberegning i Klasse 2 og hydraulisk modell i Klasse A, medfører at **usikkerhetspåslaget settes til 10%**.

Dermed blir beregningsmessig **dimensjonerende flomstørrelse** $1180 \text{ m}^3/\text{s} * 1,1 = 1298 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne verdien rundes opp til **1300 m³/s**.

Tabell 7-2: Grunnlag for å beregne et sikkerhetspåslag som inkluderes som et prosentvis påslag på vannføringen

Prosentvis påslag på vannføringen

Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %	40 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %	30 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %	25 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2

7.2 Knednaelve

Det foreligger ikke kalibreringsdata for Knednaelve. Sikkerhetspåslaget er skjønnsmessig satt til 20%, tilsvarende at den hydrauliske modellen for Knednaelve hadde vært i Klasse C.

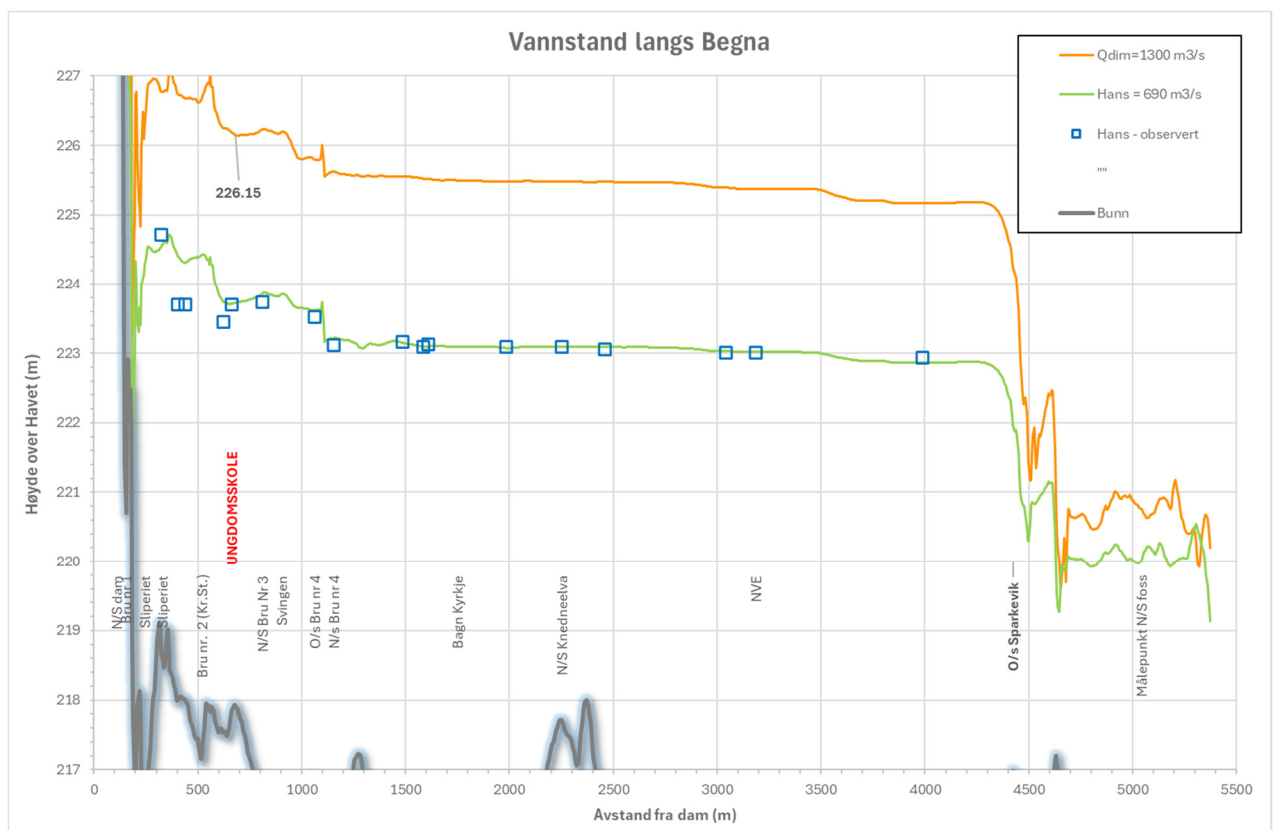
8 Modellering dimensjonerende flom

Basert på det foregående, benyttes verdiene i Tabell 8-1 til simulering av dimensjonerende flom. Figur 8-1 viser en lengdeprofil med dimensjonerende flomvannstand vist som en oransje linje. Flomvannstand under «Hans» vist som grønn linje for sammenligning. Beliggenhet på kart er vist på Figur 8-2.

Dimensjonerende flomvannstander er presentert numerisk i Tabell 8-2 for utvalgte punkter.

Tabell 8-1: Grensebetingelser brukt til å beregne dimensjonerende verdier

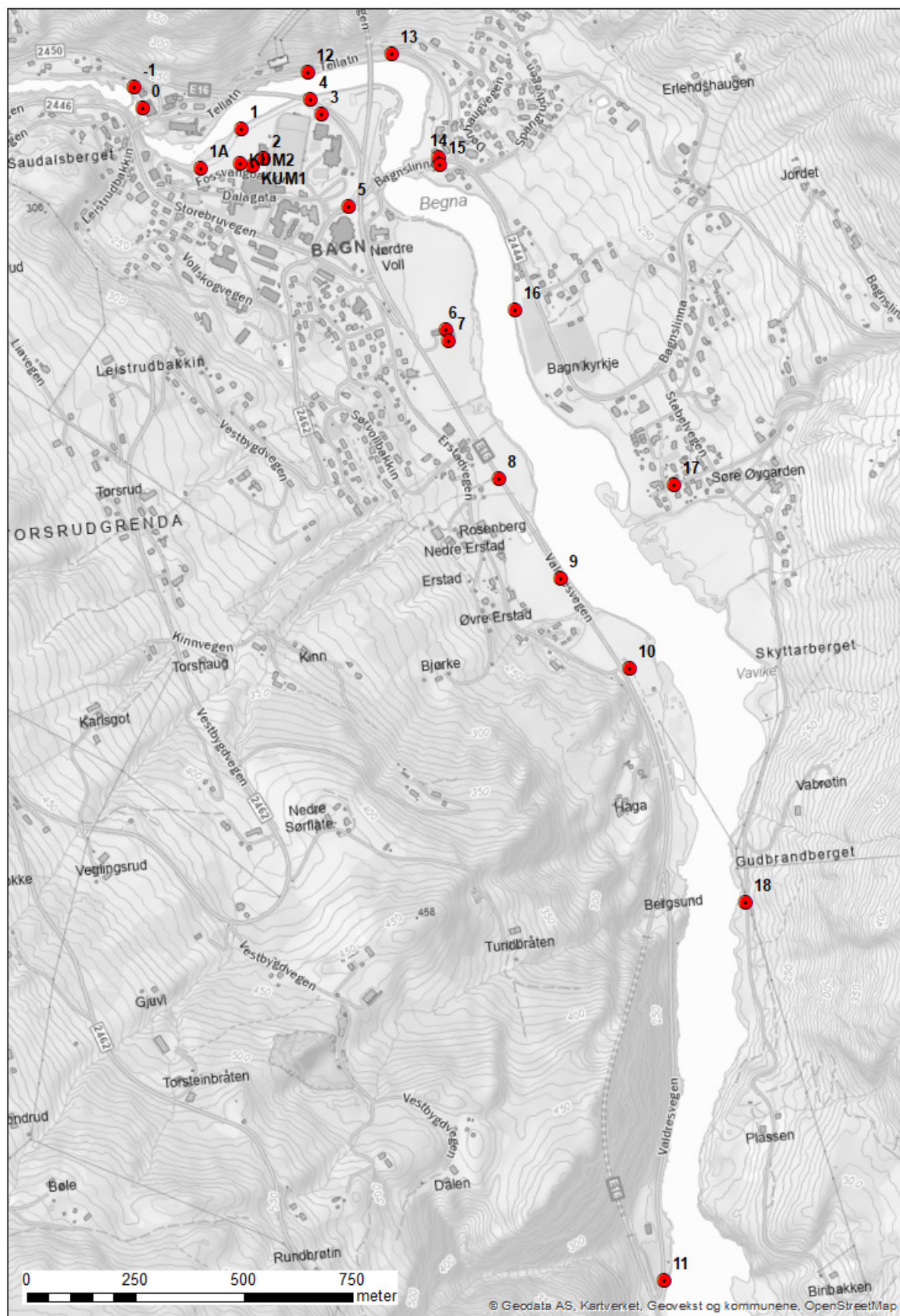
	Oppstrøms: vannføring (m ³ /s)		Vannstand nedstrøms grense (moh, NN2000)
	Begna - over terskelen og fossen	Kraftstasjon	
Q200 med 20% klimapåslag og 10% usikkerhetspåslag	1300	0	221



Figur 8-1 Lengdeprofil av dimensjonerende flom (1300 m³/s), med observasjoner og simulert kulminasjonsvannstand under «Hans» for sammenligning.

Tabell 8-2 Dimensjonerende flomvannstander (NN2000). Beliggenhet vist på Figur 8-2.

Sted	Nummer på kart Figur 3-4	Dimensjonerende flomvst. (m, NN2000)
Fossen Kro	-1	240,8
Fossgården	0	240,4
Vis-a-vis Sliperiet	1A	226,9
Skrent vis-a-vis Bru nr 2	1	226,4
Fossvang	2	226,7
Rett nord for UNGDOMSSKOLE (sørsiden av vegfylling)	3	226,5
UNGDOMSSKOLE (nordsiden av vegfylling)	4	226,3
Underkjøring under E16 (v. kjøpesenter)	5	225,8
Renseanlegg	6	225,5
Renseanlegg	7	225,4
E16 (Erstadvegen 58)	8	225,5
Vis-a-vis utløp Knednaelva	9	225,5
Parkeringsplass / lager (?) v E16	10	225,5
O/S Sparkevikfossen	11	225,2
Mellom Bru nr 2 og nr 3	12	226,2
N/S Bru Nr 3	13	226,3
O/s Bru nr 4	14	225,7
N/s Bru nr 4	15	225,7
Pumpestasjon/renseanlegg	16	225,6
Klukkarmoen	17	225,5
Vis-a-vis Bergsund og NVE-stasjon	18	225,4



Figur 8-2: Beliggenhet av beregningspunkter med dimensjonerende flomvannstand vist i Tabell 8-3

9 Bibliografi

Chow, Ven Te. 1994. *Hidraulica de Canales Abiertos*. s.l. : McGraw-Hill, 1994.

DHI. 2007.

<https://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/shortdescriptions/marine/HydrodynamicModuleHD.pdf>. 2007.

DIBK. 2017. Byggeteknisk forskrift (TEK17). [Internett] Direktoratet for Byggkvalitet, 2017. [Sisert: 24 10 2022.]

<https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/>.

Multiconsult. 2024. *Flomberegning Bagn (10260130-RIVass-RAP-001)*. 2024.

NVE. 2022. *Veileder Nr 3/2022: Sikkerhet mot flom / Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. s.l. : NVE, 2022.



VEDLEGG 2 Flomberegning

FLOMBEREGNING

Bagn

OPPDRAAGSGIVER

Sør-Aurdal kommune

EMNE

Flomberegning

DATO / REVISJON: 3.desember 2024 / 0

DOKUMENTKODE: 10260130-RIVass-RAP-001



Multiconsult

Foto: Dam oppstrøms Bagn sentrum /Jean-Pierre Bramslev

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

00	03.12.2024	Flomberegninger for Bagn	Péter Borsányi	Kristine Lilleeng Walløe	Ingunn Weltzien
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

RAPPORT

Oppdrag	Flomfarekartlegging Bagn	Dokumentkode	10260130-Rivass-RAP-001
Emne	Flomberegninger for Bagn	Tilgjengelighet	Åpen
Ansvarlig enhet	10105070 Hydrologi	Oppdragsleder	Péter Borsányi
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune	Utarbeidet av	Péter Borsányi
Kontaktperson	Stig Solbrekken	FAGANSVARLIG	Kristine Lilleeng Walløe

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Begna og Knednaelve med sidebekker ved Bagn i Drammensvassdraget. Beregnede flomverdier er som følger:

Flomsituasjon		Begna (m ³ /s)	Knednaelve (m ³ /s)
Middelflom (kulminert)	$Q_M, \text{ kulm}$	239	4,4
200-årsflom (døgnmiddel)	$Q_{200, d}$	955	8,4
200-årsflom (kulminasjon)	$Q_{200, \text{ kulm}}$	984	11,4
200-årsflom (kulminasjon) + klimapåslag	$Q_{200, \text{ kulm} + \text{ klima}}$	1180	13,7

Beregninger er blitt utført ved hjelp av både flomfrekvensanalyse og regionale flomformler. For Begna er det valgt å bruke FFA for årsflommer og 20% klimapåslag, for Knednaelve er det valgt å bruke FFA formelverket med 20% klimapåslag. Det er 0,1% og 30% forskjell i kulminerende 200-årsflom beregnet med de ulike metodene henholdsvis ved Begnas og Knednaelves felt.

INNHOLDSFORTEGNELSE

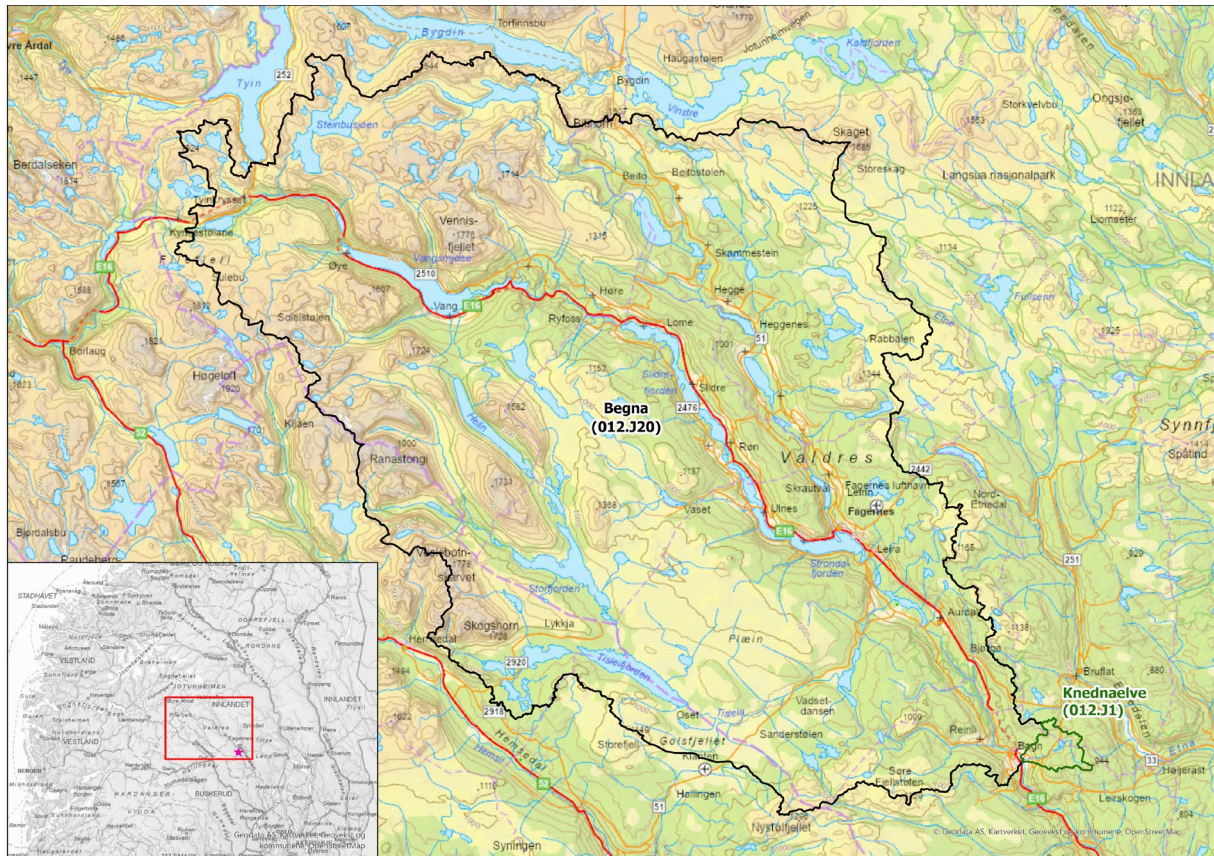
Bibliografi	5
1 Innledning	6
2 Beskrivelse av nedbørfeltene og reguleringene.....	6
2.1 Knednaelve	6
2.2 Begna	6
3 Regional flomfrekvensanalyse	8
3.1 RFFA-2018.....	9
3.2 RFFA-NIFS.....	9
3.3 Resultater av regionale flomfrekvensanalyser.....	9
4 Flomfrekvensanalyse for Knednaelve.....	9
4.1 Datagrunnlag	10
4.2 Statistisk analyse.....	10
4.3 Valg av uregulerte flomverdier med frekvensanalyse for Knednaelve	12
5 Flomfrekvensanalyse for Begna	12
5.1 Flomhistorikk	12
5.2 Datagrunnlag	13
5.3 Statistisk analyse.....	16
5.4 Valg av uregulerte flomverdier med frekvensanalyse for Begna	20
6 Evaluering av flomberegninger	20
6.1 Sammenligning av resultater av ulike metoder	20
6.2 Valg av resultater	21
6.3 Sammenligning med tidligere beregninger og observerte flommer	21
6.4 Klassifisering av usikkerhet	21
7 Klimaendringer	22
7.1 Begna ved Bagn	22
7.2 Knednaelve ved Bagn.....	22
8 Konklusjon.....	22
9 Vedlegg.....	23
9.1 Kart	23
9.2 Hypsografisk kurver	24
9.3 Årspolarplott.....	25
9.4 Flomfrekvensanalyser	27
9.5 NEVINA rapporter	32

Bibliografi

- DIBK. 2017.** Byggeteknisk forskrift (TEK17). [Internett] Direktoratet for Byggkvalitet, 2017. [Sisert: 24 10 2022.] <https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/>.
- Engeland, Kolbjørn. 2016.** *Flomdata. Utvalg of kvalitetssikring av flomdata for flomfrekvensanalyser*. Oslo : NVE, 2016.
- Engeland, Kolbjørn, et al. 2020.** *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. Oslo : NVE, 2020.
- Gotland, K. 1990.** *Overløp Fundin. Modellforsøk. Flomavledningskapasitet. Rapport 604815*. Trondheim : Norsk hydroteknisk laboratorium, 1990.
- Haugsrud, Håkon, et al. 2022.** *Flomberegninger for dammer. Veileder 2/2022*. s.l. : NVE, 2022.
- Lawrence, D. og Hisdal, H. 2011.** *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate*. Oslo : Norges vassdrag og energidirektorat, 2011.
- Lawrence, Deborah. 2016.** *Klimaendringer og framtidige flommer i Norge*. Oslo : NVE, 2016.
- NKSS. 2024.** Klimaprofil Buskerud. *Norsk Klimaservicesenter*. [Internett] 5 november 2024. https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/buskerud#3_hydrologi.
- Norconsult. 2024.** *Aurdalsfjorden - Flomvannstander 20-, 200- og 1000-årsflom*. Sandvika : Nord-Aurdal Kommune, 2024. s. 22.
- NVE. 2022.** *Avrenningskart for Norge 1991-2020*. Oslo : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022. s. 92.
- . **2024.** Hydra II. Oslo : NVE, 2024.
- . **2015.** *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt*. Oslo : s.n., 2015.
- . **2024.** Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse. *NEVINA*. [Internett] 11 november 2024. <https://nevina.nve.no/>.
- . **2022.** *Oppdatering av to tilsigsserier i Drammensvassdraget*. Oslo : NVE, 2022.
- . **2024.** PQRUT. *Nedbør-avløpsmodellering med magasin og ruting*. [Internett] 5 november 2024. <https://pqROUT.nve.no/>.
- . **2011.** *Retningslinjer for flomberegninger*. Oslo : Norges vassdrag og energidirektorat, 2011.
- . **2005.** *Retningslinjer for flomløp*. Oslo : Norges vassdrag og energidirektorat, 2005.
- . **2024.** Temakart. [Internett] 10 oktober 2024. <https://temakart.nve.no/>.
- . **2022.** *Veileder for flomberegninger*. Oslo : Norges vassdrag og energidirektorat, 2022.
- . **2022.** *Veileder for flomberegninger*. s.l. : NVE, 2022.
- NVE, SVV, Met. 2024.** SeNorge. *Varsom-SeNorge*. [Internett] NVE, 21 11 2024. <https://senorge.no/>.
- Saloranta, T.M. 2014.** *New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway*. Oslo : Norwegian Water Resources and Energy Directorate, 2014. ss. 1323-1337.
- SCALGO. 2024.** SCALGO Live. [Internett] 1 oktober 2024. <https://scalgo.com/>.
- Statkraft Grøner. 2001.** *Flomanalyse Øvre Glomma*. s.l. : Statkraft Grøner, 2001.
- Stenius, Seija, et al. 2015.** *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo : NVE, 2015.

1 Innledning

På oppdrag for Sør-Aurdal kommune utarbeider Multiconsult en vurdering av flomsikringstiltak for Bagn sentrum. Det er behov for oppdatering av flomsonekartleggingen fra 2017, da flommen etter ekstremværet «Hans» i august 2023 vesentlig forandrer analysegrunnlaget. Flomberegningen i denne rapporten gir grunnlag til den etterfølgende vannlinjeberegningen. Det er derfor utført flomberegning for Begna elv og Knednaelva ved Bagn, som begge er en del av Drammensvassdraget, i Sør-Aurdal kommune, Innlandet fylke. Flomberegningene er utført etter gjeldende veiledere for flomberegninger (NVE, 2022).



Figur 1-1: Oversiktskart av nedbørfeltene og beregningspunktene

2 Beskrivelse av nedbørfeltene og reguleringene

Flomberegningene for de to nevnte nedbørfeltene utføres for punktet som ligger i nedstrøms ende av prosjektområdet i Bagn sentrum. De to feltene er vesentlig forskjellige i reguleringsgrad, hydrologisk regime og feltkarakteristika, og derfor må vurderes separat, hver for seg.

2.1 Knednaelva

Knednaelva er et uregulert vassdrag som renner ut i Begna like nedstrøms Bagn sentrum. Oppstrøms i nedbørfeltet ligger flere mindre innsjøer, blant annet Bagnsdemma, Mikkestjernet og Nystølvatnet, deretter renner elva bratt ned mot øst, parallelt Klukkarmoen, gjennom Søre Øygarden før den når Begna.

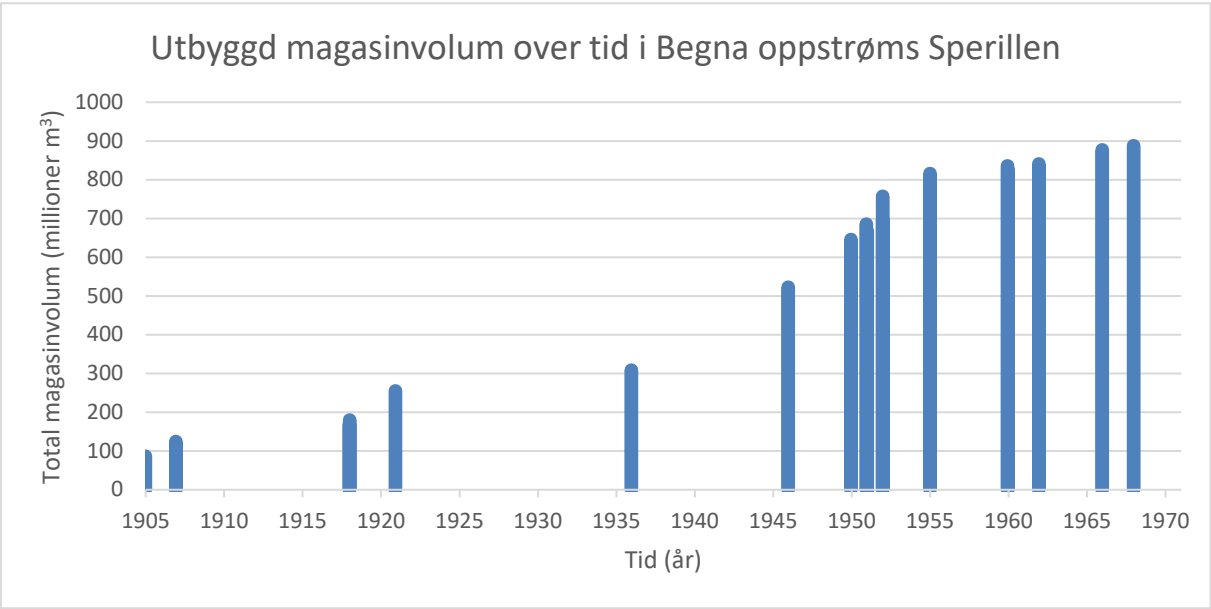
2.2 Begna

Begna er regulert flere steder oppstrøms beregningspunktet. Reguleringene startet i 1941 og magasinene ble gradvis utbygd frem til 1968. Før 1993 ble det registrert observasjoner ukentlig i

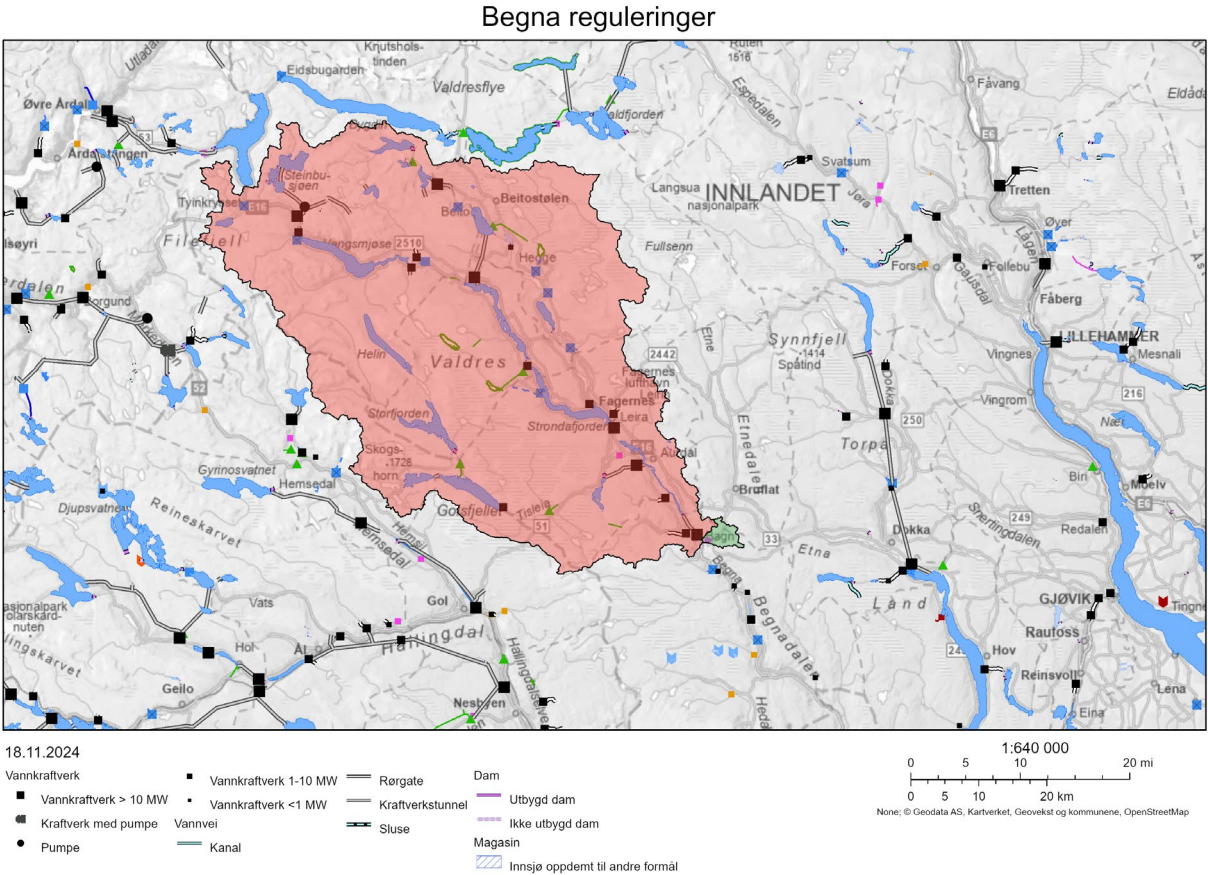
magasinene, og fra 2003 er det tilgjengelig døgndata i nesten alle målesteder. De viktigste magasinene vises i Tabell 2-1, slik det er beskrevet i et notat av NVE til Glitre Energi i 2022 (NVE, 2022). Figur 2-1 viser et kart over reguleringene i vassdraget samt de to nedbørfeltene som vurderes i denne rapporten. Reguleringsgraden (magasin) til Begna ved Bagn er på ca. 0,42, dvs. at reguleringsvolumet tilsvarer 42 % av årstilsiget.

Tabell 2-1: Reguleringer i Begnavassdraget oppstrøms Bagn

Vassdrag	Magasin	Data fra	Døgndata fra	Volum (mill. m3)
12.148	Otrøvatn (Utrovatn)	08.01.1960	11.02.2010	11
12.37	Øyangen	08.10.1946	02.01.2014	78
12.582	Steinbusjøen	08.10.1946	02.01.2014	136
12.139	Fleinsendin	19.07.1952	24.05.1994	11
12.156	Rynstjern	14.01.1966		36
12.168	Sendebottentjern	15.01.1968		11
12.140	Olevatn	19.07.1952	23.11.1996	61
12.75	Vangsmjøsa	09.09.1936	09.09.1936	54
12.31	Helin	04.01.1951	16.09.1999	19
12.145	Flyvatn	22.10.1955	21.06.1999	58
12.89	Volbufjord	26.06.1918	01.05.1943	11
12.87	Øyangen	25.06.1918	23.05.1994	44
12.77	Slidrefjord	01.10.1907	01.10.1907	38
12.81	Strandefjord (Strondafjord)	01.01.1921	01.01.1921	75



Figur 2-1: Utbygd magasinivolum over tid i Begna oppstrøms Sperillen (NVE, 2022)



Figur 2-2: Kart over reguleringer oppstrøms Bagn

Kart over nedbørfeltene er inkludert i 9.1. Hypsografisk kurver vises i 9.2. Tabell 2-2 viser konsentrasjonstidene beregnet for de to feltene.

Tabell 2-2: Feltareal og konsentrasjonstid beregnet for Begna og Knednaelve med regionale flomformler

Felt	Nedbørfelt totalt km ²	Naturlig konsentrasjonstid, felt t
Bagn (Begna)	2961	17
Bagn (Knednaelve)	15,1	2

3 Regional flomfrekvensanalyse

Flomberegningsveilederen (NVE, 2022) anbefaler at regionale flomformler skal benyttes til flomberegning. Formlene vil gi et utgangspunkt og sammenligningsgrunnlag til den totalvurderingen. NVE har utviklet to regionale formelverk: et for små nedbørfelt (< 60 km²): «RFFA-NIFS», og et generelt formelverk: «RFFA-2018». Begge metoder er inkludert i verktøyet til flomberegning «NEVINA» (NVE, 2024).

Feltet til Begna ved Bagn er på over 60 km² mens feltet til Knednaelve ved Bagn er under 60 km². Derfor brukes flomformler RFFA-2018 for begge feltene mens NIFS-2015 kun for Knednaelve.

Flomestimatene med RFFA kan normalt forbedres med lokale observasjoner der dette finnes, og estimatene representerer uregulerte forhold. Det finnes flere lange observerte vannføringsserier i Begnavassdraget, men siden Begna er regulert, er det usikkert i hvilken grad de observerte (regulerte)

flommene kunne brukes til å forbedre flomestimatene. Vi har derfor valgt å ikke legge inn observerte flommer i de regionale flomberegningene.

I motsetning til Begna, finnes det ikke noe hydrologiske målestasjoner i Knednaelves nedbørfelt, og analysen må derfor legge vekt både på regionale flomformler og flomfrekvensanalyse av sammenligningsstasjoner.

3.1 RFFA-2018

RFFA-2018 er et formelverk som estimerer flomverdier med ulike gjentakstakintervall (Q_T), og kan brukes for alle nedbørfeltstørrelser. Formelverket har ligninger som regner ut indeksflom, vekstkurve og forholdstall mellom kulminasjonsflom og indeksflom ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$) i umålte felt. Ligningene baserer seg på nedbørfeltparametre og klimaparametre som hentes fra nasjonale datasett. (Engeland, et al., 2020).

3.2 RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er laget for å estimere kulminasjonsflomverdier i nedbørfelt mindre enn 60 km². RFFA-NIFS har ligninger som beregner middelflommen og vekstkurven til et nedbørfelt. Metoden er utviklet for å estimere flomstørrelser opp til og med 200-års gjentakstakintervall. (Stenius, et al., 2015).

Regresjonslikningene gitt betingelsene kan kun brukes for Knednaelves nedbørfelt. Her gir formlene en kulminerende 200-årsflom med medianverdi lik 10,8 m³/s og et 95 % konfidensintervall på 5,4 – 21,6 m³/s. Middelflomavrenning beregnes til 240 l/s/km². I beregningen var normalavrenningen noe økt til å reflektere endringer mellom meteorologiske normalperioder 1961-1990 og 1991-2020.

3.3 Resultater av regionale flomfrekvensanalyser

Det samlede resultater fra de ulike regionale flomformler vises i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Oversikt over nedbørfelt. Konsentrasjonstiden er beregnet slik det er beskrevet i veilederen (NVE, 2011)

Felt	NIFS-2015 Indeksflom ($Q_{M, kulm}$): Kulminert middelflom (95% konfidens) l/s/km ²	RFFA-2018 Indeksflom ($Q_{M, d}$): Døgnmiddelflom l/s/km ²	RFFA-2018 $Q_{200}/Q_{M, d}$: vekstfaktor -	RFFA-2018 $q_{200, d}$: spesifikk 200- årsavrenning l/s/km ²	Kulminasjons- faktor ($q_{kulm}/q_{døgn}$) -
Bagn (Begna)	-	144	2,31	332	1,04
Bagn (Knednaelve)	240 (136 – 425)	181	2,66	481	1,16

4 Flomfrekvensanalyse for Knednaelve

Knednaelve er et naturlig vassdrag med noen innsjøer i oppstrøms delen av vassdraget. Feltet er relativt flatt i øvre del og bratt i nedstrøms delen. Den øverste delen av vassdraget strekker seg til nær 950 m, mesteparten ligger over 600 m, utløpet til Begna er rundt 200 m. Feltet er lite, omtrent 15 km².

Normalavrenningen har økt fra perioden 1961-1990 til 1991-2020 fra 12,4 til 13,6 l/s/km². Ellers har feltet null andel snaufjell.

Det er ikke kjent til noen registreringer av historiske flommer i vassdraget.

4.1 Datagrunnlag

Det er funnet fire målestasjoner med forholdsvis lange dataserier fra uregulerte felt i relativ nærhet til Knednaelve ved Bagn. Stasjonene med sine respektive nedbørfelt vises på Figur 4-1. Feltparameter for elva vises i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Feltparametere for Knednaelve ved Bagn

Navn	Feltareal	Spesifikk avrenning 1961-1990 (1991-2020)	Snaufjell	Effektiv sjø	Høyde
	km ²	l/s/km ²	%	%	min-med-maks
Knednaelve ved Bagn	15,1	12,4 (13,6)	0	1,3	219-727-941

Feltene som er valgt er relativt like i de fleste parametere til Knednaelve sitt felt ved Bagn. To mindre forskjeller er effektiv sjøprosent, der 12.150 Buvatn har noe høyere, mens 2.323 Fura har lavere verdi. Ellers er høydeforholdene til stasjonene er noe annerledes enn Knednaelves felt. Tabell 4-2 viser et utvalg av feltparametere for sammenligningsstasjonene.

Tabell 4-2: Feltparametere for aktuelle målestasjoner

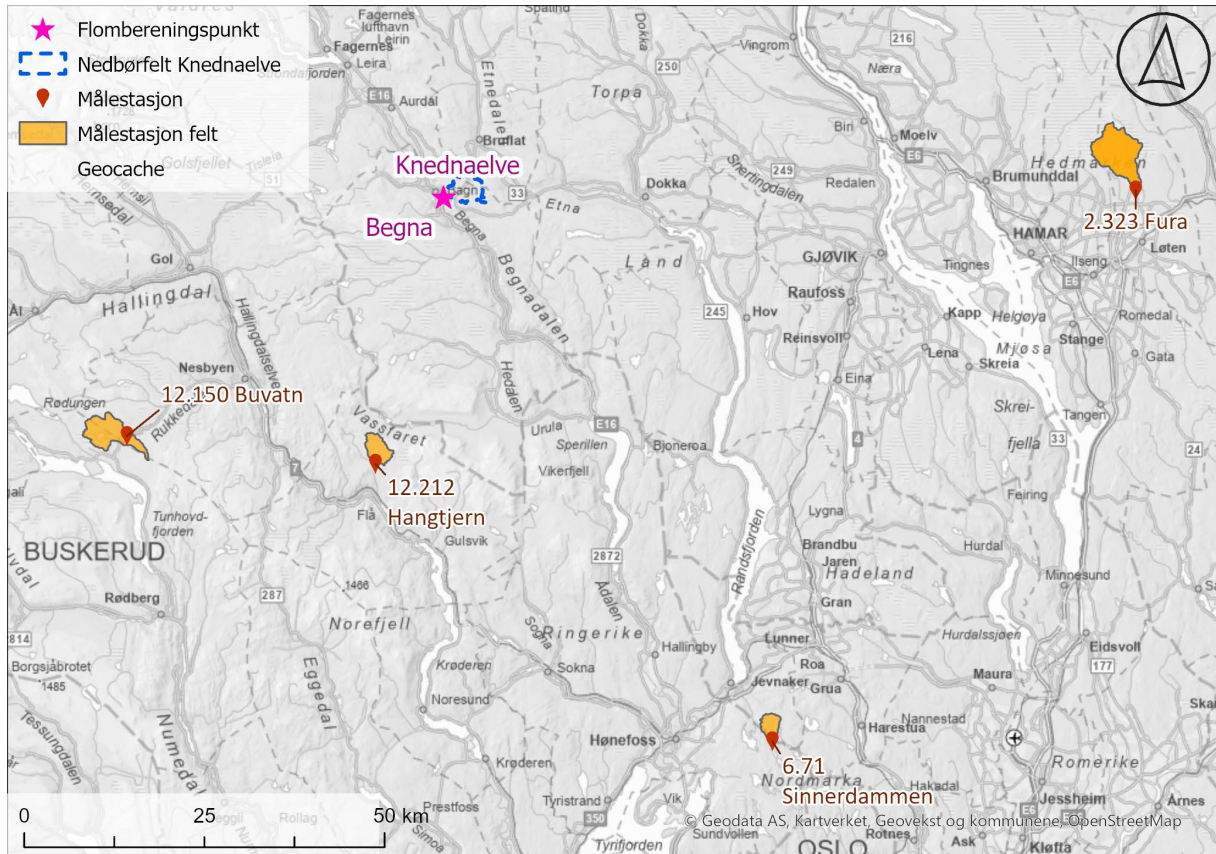
St. nr.	Navn	Periode	Antall år	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snaufjell	Eff. Sjø	Høyde
				km ²	l/s/km ²	%	%	min-med-maks
12.150	Buvatn	1963-2023	55	25,05	16,87	0,03	4,72	840-933-1085
2.323	Fura	1971-2023	53	36,41	20,91	0	0	349-581-758
12.212	Hangtjern	1987-2023	37	11,02	17,03	4	0,7	586-795-1047
6.71	Sinnerdammen	2004-2023	18	7,63	21,02	0	2,04	482-558-660

4.2 Statistisk analyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for de utvalgte feltene. Et utvalg av analysene vises i Tabell 4-3.

Tabell 4-3: Flomfrekvensanalyse av årsflommer for de utvalgte serier. Flomvarighet under ett døgn.

Navn	Q _M	q _M	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ /Q _M	q ₂₀₀	Valgt fordeling	Kurve-kvalitet
	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s		l/s/km ²		
12.150 Buvatn	3	139	9	2,7	370	fl+rGEV	Middels
2.323 Fura	14	377	32	2,3	872	fl+rGEV	Bra
12.212 Hangtjern	3	228	7	2,6	593	fl+rGEV	Middels
6.71 Sinnerdammen	2	206	4	2,5	524	fl+rGEV	Middels



Figur 4-1: Kart over hydrologiske målestasjoner og tilhørende nedbørfelt til sammenligning med Knednaelve sitt felt

4.2.1 Kulminerende flom

Forholdet mellom døgnmiddelflom og kulminerende flom er estimert etter observerte forholdene ved stasjonene mellom momentan og døgnerverdi til de største flommene. Alle stasjoner har observasjoner over antatt 50-års gjentakintervall og er derfor de største tre flommene er tatt hensyn på. Tabell 5-5 viser kulminasjonsfaktorene beregnet fra observasjoner.

Tabell 4-4: Målt kulminasjonsfaktor i ulikt antall flommer ved sammenligningsfeltene

	Navn	Gjennomsnitt av 10 største momentanflom	Gjennomsnitt av 5 største momentanflom	Gjennomsnitt av 3 største momentanflom	Størst	Størst målt Q_d / Q_{200} (FFA)
12.150	Buvatn	1,06	1,10	1,10	1,10	0,77
2.323	Fura	1,38	1,54	1,44	1,40	0,86
12.212	Hangtjern	1,22	1,33	1,38	1,40	0,82
6.71	Sinnerdammen	1,50	1,33	1,37	1,72	0,85

Verdiene er noe større sammenlignet med kulminasjonsfaktoren estimert ved hjelp av regionale flomformler (se kapittel 3.3). For kulminasjonsfaktor (Q_T / Q_{kulm}) i Knednaelve velges det et gjennomsnitt av målt kulminasjonsfaktor ved de største flommene ved sammenligningsstasjonene og estimatet fra RFFA-2018. $Q_T / Q_{kulm} = 1,4$

4.2.2 Datakvalitet

Ved utvalg av målestasjoner er det kun inkludert stasjoner gjennomgått i NVE-rapport 85/2016 (Engeland, 2016). Det er valgt å ekskludere målestasjoner der kurvekvalitet ved flom er vurdert til dårligere enn middels.

4.3 Valg av uregulerte flomverdier med frekvensanalyse for Knednaelve

For Knednaelve vurderes feltene til Hangtjern og Sinnerdammen å være mest representative. Vi velger derfor tilsvarende spesifikke flomverdier for Knednaelve som gjennomsnittet for Hangtjern og Sinnerdammen. Det vil si at middelflomavrenning velges til 217 l/s/km² mens q_{200} velges til 558 l/s/km². Kulminasjonsfaktoren velges til 1,4. Dette gir en kulminerende 200-årsflom (200-års kulminert avrenning) i Knedaelve på 11,5 m³/s (761 l/s/km²).

5 Flomfrekvensanalyse for Begna

5.1 Flomhistorikk

Den hydrologiske målestasjonen 12.290 Bagn ligger omtrent 1 km nedstrøms flomberegningspunktet. Vannføringsserien er tilgjengelig 1949 – d.d. Reguleringen til Begna begynte allerede i 1941 og dagens reguleringsgrad ble nær nådd i 1968, som betyr at data herifra kun viser regulert vannføring. Den største observerte flommen var under «Hans» i 2023, og er registrert til 696 m³/s (kulminasjon).

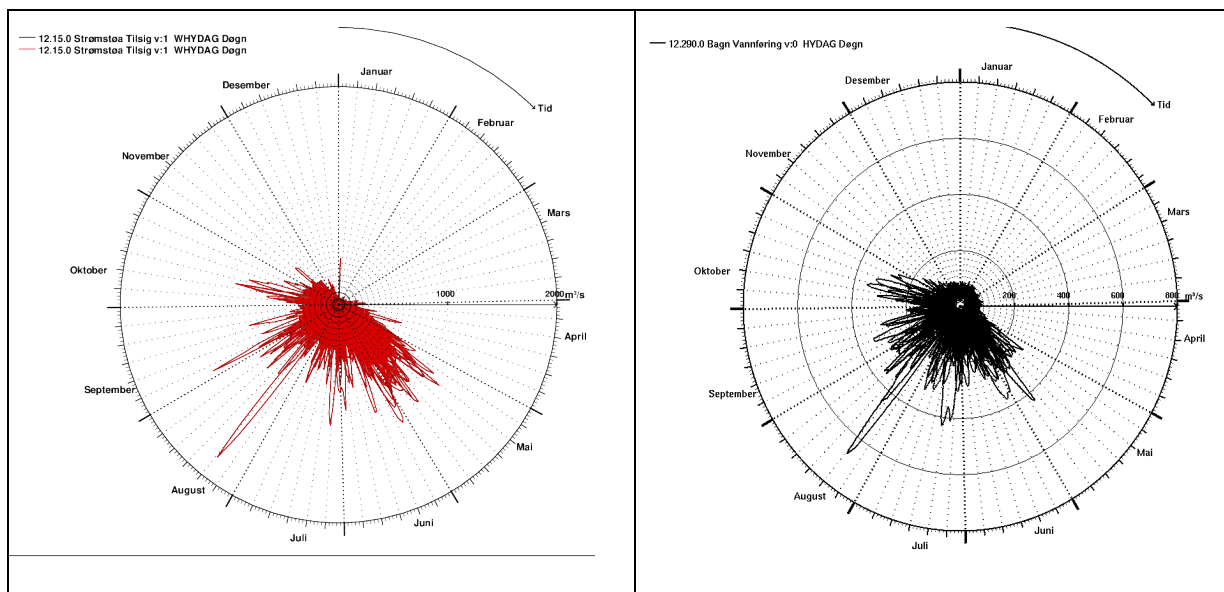
Vannkraftreguleringer virkninger normalt dempende på flommer, men det er ikke gitt at det er samme grad av demping på 200-årsflom som på en 10-årsflom. NVE forutsetter normalt at virkningen av reguleringene på flomvannføring vil avta etter hvert som flommene blir større, og vi ønsker derfor å estimere uregulerte flommer for vassdraget. 12.290 Bagn er likevel inkludert i flomfrekvensanalysen til å gi bedre sammenligningsgrunnlag.

Målestasjonen 12.15 Strømsjø ved utløpet til magasinet Sperillen, ligger omtrent 65 km nedstrøms Bagn (magasinet starter omtrent 35 km nedstrøms Bagn). NVE har konstruert en tilsigsserie hovedsakelig ut fra vannstand data fra 14 ulike magasiner i vassdraget, hvor mange av dem ligger i nedbørfeltet til Begna ved Bagn. Denne serien, bemerket 12.15.0.1050.1, har døgnoppløsning, inneholder noe «støy» (uvanlig variasjon fra døgn til døgn), men inneholder også døgnflommens toppverdier (ikke flatet ut over flere døgn, i motsetning til tidligere beregninger). NVE gjennomførte en korreksjon av serien, som omfattet fjerning av negative verdier og linear interpolasjon over manglende datapunkt (hull). Rapporten (NVE, 2022) beskriver detaljene videre. I gjeldende rapport anses serien som mest representativ for flomanalyse i Begna og benyttes derfor til å dette formålet.

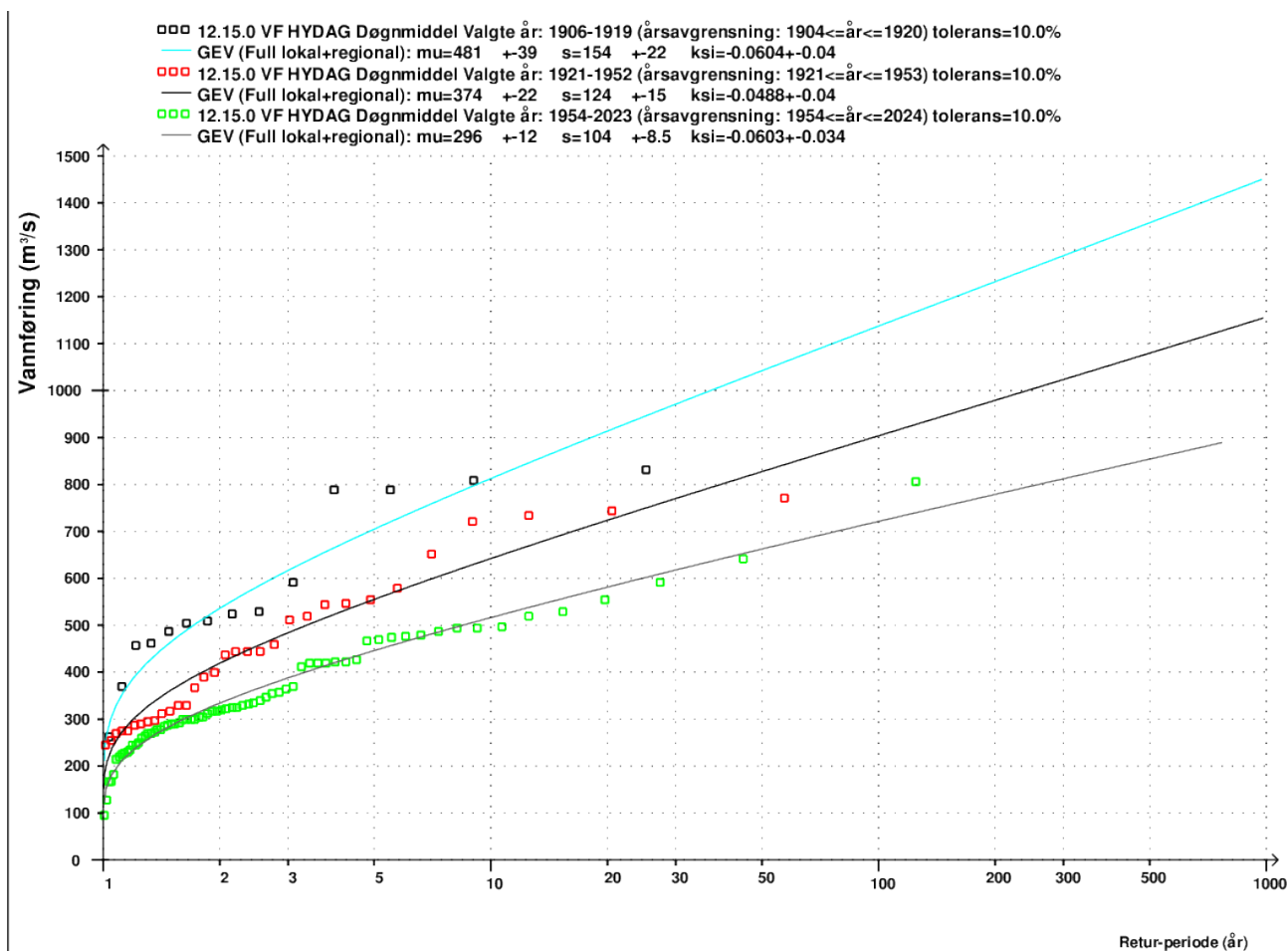
Flommenes sesongfordeling vises i Figur 5-1 med flomroser. Til sammenligning vises både den konstruert tilsigsserien 12.15.0.1050.1 og den regulert, men direkte målt vannføringsserien 12.290.0.1001.0. Som det kommer fram i figurene, er det vår-sommerflommer, forårsaket av snøsmelting som skjer oftest, og litt sjeldnere, har det oppstått regnflommer i høstmånader. Den største målt flommen skjedd i 2023 august etter ekstremværet Hans, størrelse på over 670 m³/s ved Bagn og beregnet tilsigsflom på 1785 m³/s ved Strømsjø (Sperillen). Flomroser for flere målestasjoner er presentert i vedlegg 9.3.

Figur 2-1 viser magasinutbyggingen over tid. Det vises at før 1945 var det relativ lite regulering, mens etter 1945 har magasinkapasiteten blitt økt vesentlig. Figur 5-2 viser flomfrekvens ved Strømsjø tatt i disse to perioder, til å illustrere reguleringens effekt på flomstørrelsene.

Figur 2-2



Figur 5-1: Flomroser for seriene 2.15.0.1050.1 (venstre, tilsig ved utløpet til Sperillen) og 2.290.0.1001.0 (høyre, Begna, regulert vannføring)

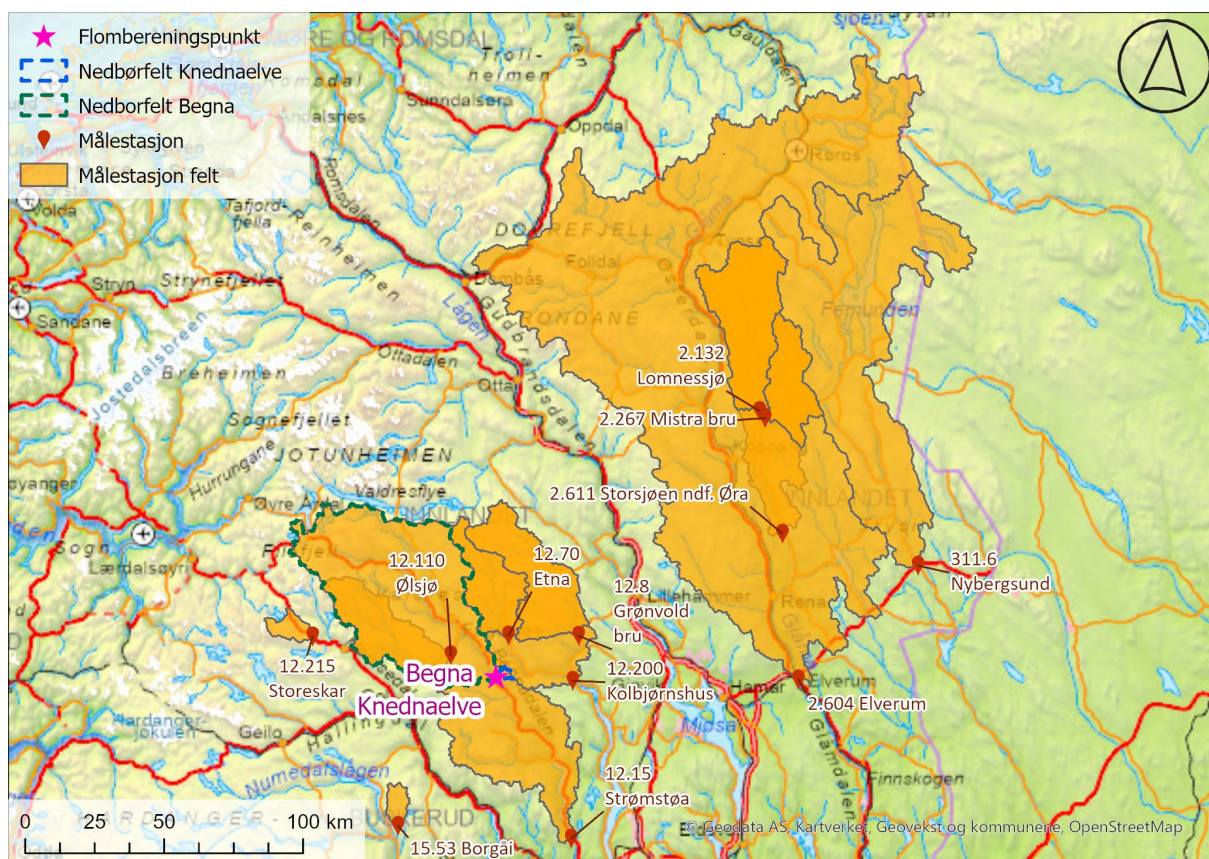


Figur 5-2: Frekvensanalyse for 12.15 Strømstøa for perioder med ulik reguleringsgrad

5.2 Datagrunnlag

Det er funnet 11 målestasjoner med forholdsvis lange dataserier fra uregulerte og nær uregulerte felt i relativ nærhet til Bagn. Stasjonene med sine respektive nedbørfelt vises på Figur 5-3. Feltparametere for Begna ved Bagn vises i

Tabell 5-1, og et utvalg av feltparametere for stasjonene i Tabell 5-2. Feltene er valgt etter relativ likhet til Begna sitt felt ved Bagn når det gjelder feltkarakteristika. Alle sammenligningsfeltene er anbefalt til flomberegning av NVE (Engeland, 2016).



Figur 5-3: Kart over hydrologiske målestasjoner og tilhørende nedbørfelt til sammenligning med Begnas felt

Siden feltene er valgt til å være relativt like i de fleste parametere til Begna sitt felt ved Bagn, er det kun avstand og areal som gir virkelig forskjeller, unntatt 311.6 Nybergsund som har mye større snaufjellandel og derfor antagelig mye raskere avrenning. Stasjoner med litt for lav effektiv sjøprosent, som 2.267 Mistra bru, 2.604 Elverum og 12.200 Kolbjørnshus er blitt rangert lavt. Angående flomregime, ser det som ut at feltene 2.132.0 Lomnessjø, 2.267.0 Mistra bru, 2.604.0 Elverum, 2.611.0 Storsjøen ndf. Øra, 12.8.0 Grønvold bru og 311.6.0 Nybergsund har et annet flomregime enn Begna ved Bagn og er derfor utelatt av analysen.

I tillegg er det verdt å bemerke at 12.70 Etna, som er en del av 12.200 Kolbjørnshus sitt felt, er Begna sitt nabofelt. Mesteparten av sammenligningsstasjoner er store delfelter enten innen Drammensvassdragets eller Glommas nedbørfelt.

Tabell 5-1: Feltparametere for Begna ved Bagn

Navn	Feltareal	Spesifikk avrenning (1961-1990)	Snaufjell	Eff. sjø	Høyde
	km ²	l/s/km ²	%	%	min-med-maks
Begna ved Bagn	2961	20,1	30	0,9	218-1070-1901

Tabell 5-2: Feltparametere for aktuelle målestasjoner

St. nr.	Navn	Periode	Antall år	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snaufjell	Eff. Sjø	Høyde
				km ²	l/s/km ²	%	%	min-med-maks
2.132	Lomnessjø	1929-2023	95	1164	15,09	31	0,34	256-825-1651
2.267	Mistra bru	1961-2023	59	550	19,21	28	0,05	320-808-1747
2.604	Elverum	1871-2023	152	15450	17,17	27	0,1	180-817-2170
2.611	Storsjøen ndf. Øra	1903-2023	117	2337	16,31	23	2,1	249-765-1743
12.8	Grønvold bru	1964-2017	36	934	19,64	19	0,72	343-925-1521
12.70	Etna	1920-2023	104	569	17,43	12	0,3	399-936-1681
12.110	Ølsjø	1929-1947	19	793	21,83	32	2,83	749-982-1907
12.200	Kolbjørnshus	1979-2023	45	2063	17,79	12	0,17	143-870-1681
311.6	Nybergsund	1909-2023	115	4425	16,27	27	2,48	353-782-1748
12.215	Storeskar	1988-2023	36	120	31,47	78	0,34	895-1347-1814
15.53	Borgåi	1967-2023	57	94	16,64	29	0,42	771-1011-1310
12.15	Strømstøa (tilsig)	1906-2023	118	4650	20,19	22	1,14	150-876-1907
12.290	Bagn	1950-2023	73	2980	20,96	30	0,88	220-949-1907

Ut fra feltparametrene, samt plassering av nedbørfeltene, er målestasjonene vurdert opp mot nedbørfeltet til Begna sitt nedbørfelt ved Bagn. Vurderingen er presentert i Tabell 5-3.

I tabellen indikerer grønn farge samsvar, mens rød farge indikerer betydelige avvik. Gul farge betyr at parameteren ikke har et godt samsvar, men at det heller ikke er så mye avvik at det er avgjørende.

Det er ingen av feltene som er en perfekt match for feltet til Begna sitt felt ved Bagn. Flomfrekvensanalysen ble gjennomført for fem serier valgt etter vurderingen beskrevet ovenfor.

Tabell 5-3: Vurdering av representativitet for delfelt <Dam>

Navn	Areal	Avrenning	Effektiv sjøprosent	Arealfordeling	Høydefordeling	Avstand	Feltorientering	Dataserie	Flomregime	Vurdering
2.132 Lomnessjø										Lite bra
2.267 Mistra bru										Nokså bra
2.604 Elverum										Nokså bra
2.611 Storsjøen ndf. Øra										Utmerket
12.8 Grønvold bru										Nokså bra
12.70 Etna										Utmerket
12.110 Ølsjø										Ok
12.200 Kolbjørnshus										Ok

311.6	Nybergsund		Nokså bra
12.215	Storeskar		Dårlig
15.53	Borgåi		Bra
12.15	Strømstøa (beregnet tilsig)		Antatt utmerket
12.290	Bagn		Antatt påvirket av reguleringen

5.3 Statistisk analyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for fire felt, for ulike perioder i målt vannføring ved Strømstøa (Sperillen), for Bagn og for den konstruerte tilsigsserien Strømstøa (Sperillen). Et utvalg av analysene vises i Tabell 5-4, og de fullstendige resultatene finnes i vedlegg 9.4. Flomfrekvensanalysene er gjort for årsverdier, samt vår og høstsesongen. Den målte serien 12.15 Strømstøa ble delt opp etter lite, noe og mye regulering i vassdraget, til å vise reguleringens effekt på flommene mot naturlig tilstand.

Tabell 5-4: Flomfrekvensanalyse av årsflommer for utvalgte vannmerker. Flomvarighet under ett døgn.

	Navn	Q _M m³/s	q _M l/s/km²	Q ₂₀₀ m³/s	Q ₂₀₀ /Q _M	q ₂₀₀ l/s/km²	Valgt fordeling	Kurve- kvalitet
12.15	Strømstøa (tilsig)	691	149	1533	2,2	330	fl+rGEV	Bra
12.15	Strømstøa 1954-2023 (mye regulert)	345	74	782	2,3	168	fl+rGEV	Bra
12.15	Strømstøa 1921-1953 (noe regulert)	438	94	977	2,2	210	fl+rGEV	Bra
12.15	Strømstøa 1906-1920 (lite regulert)	564	121	1238	2,2	266	fl+rGEV	Bra
12.70	Etna	101	178	247	2,4	435	fl+rGEV	Bra
12.110	Ølsjø	121	152	353	2,9	445	fl+rGEV	Middels
12.200	Kolbjørnshus	281	136	773	2,8	375	fl+rGEV	Bra
12.215	Storeskar	39	322	93	2,4	779	fl+rGEV	Bra
12.290	Bagn (mye regulert)	234	78	596	2,5	200	fl+rGEV	Meget bra

Fordelingen er valgt i alle tilfeller «full lokal og regional general ekstrem verdi (Bayesiansk)», etter veilederens anbefaling (NVE, 2022) og er gjennomført ved hjelp av verktøyet «Flom_analyse» i NVEs hydrologiske datasystem for hydrologiske data «Hydra II» (NVE, 2024). Flomfrekvensanalysene gir resultater innen de samme størrelsesorden, med noe variasjon i gradienter. Benyttet grunnlagsdata for de fleste stasjonene av bra kvalitet (tatt utgangspunkt i den estimerte kvaliteten til vannføringskurven ved flom).

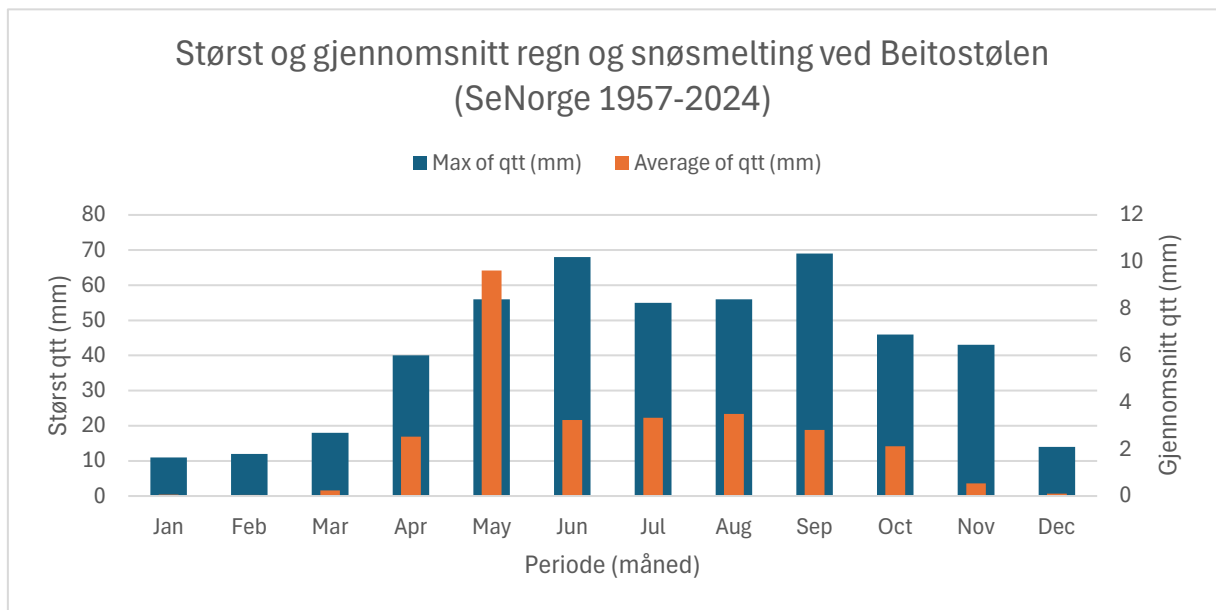
5.3.1 Flomsesong

SeNorge databasen for simulert hydrologisk data (NVE, SVV, Met, 2024) var brukt til å gjøre en først vurdering av flommenes sesongfordeling. Dataene er tatt fra Beitostølens beliggenhet, som ligger på 924 m høyde og er i nærheten av en målestasjon for snødata, som gjør at modellerte verdier tilknyttet snøsmelting er av høy kvalitet her.

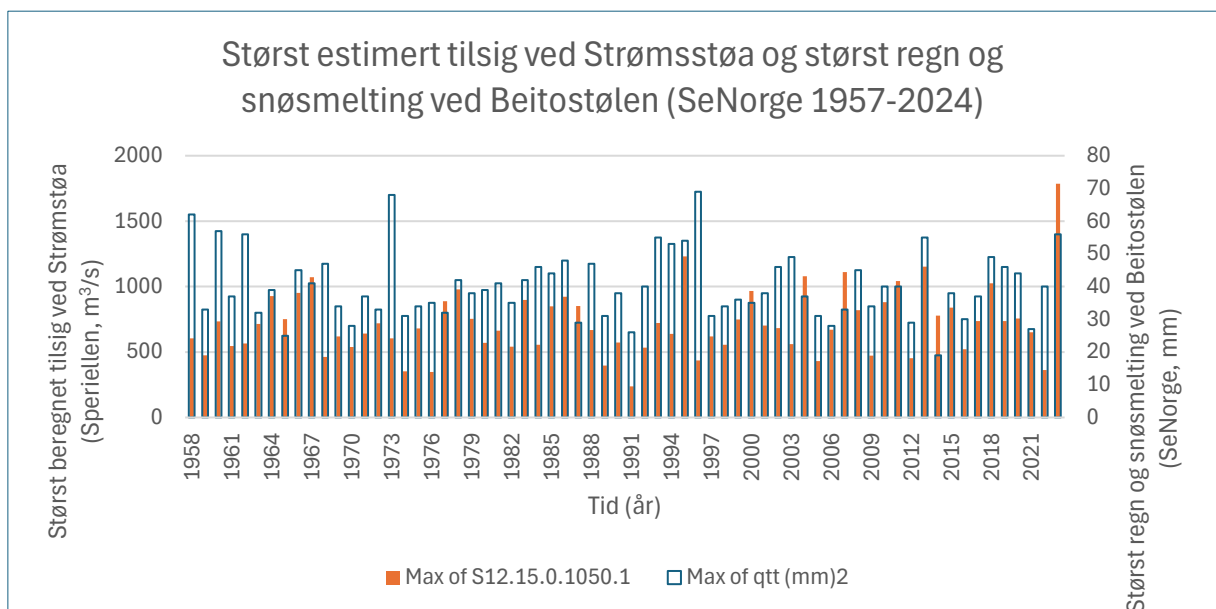
Parameteren «regn og snøsmelting» (q_{tt}) som oppgis i millimeter var analysert i hele simuleringsperioden med komplette år, 1958-2023. Figur 5-4 viser flerårsgjennomsnitt og flerårs

maksimum for hver måned i alle år ved dette punktet. Figuren viser at de største flommene skjedde i juni og i september måneder, men størst mengde av avrenning skjer typisk i mai måned.

Figur 5-5 viser en sammenligning av størst årlig tilsig i serien 12.15.0.1050.1 Strømsstøa (Sperillen) og størst regn og snøsmelting i SeNorge databasen ved Beitostølen for hvert år, og viser noe synlig samvariasjon mellom seriene som støtter troverdigheten til begge. Imidlertid gjelder dette ikke enkelte år, for eksempel 2023 med ekstremværet Hans. Derfor tilsigsserien ved Strømsstøa beskriver flomforholdene i enkelte år bedre enn SeNorge dataene.



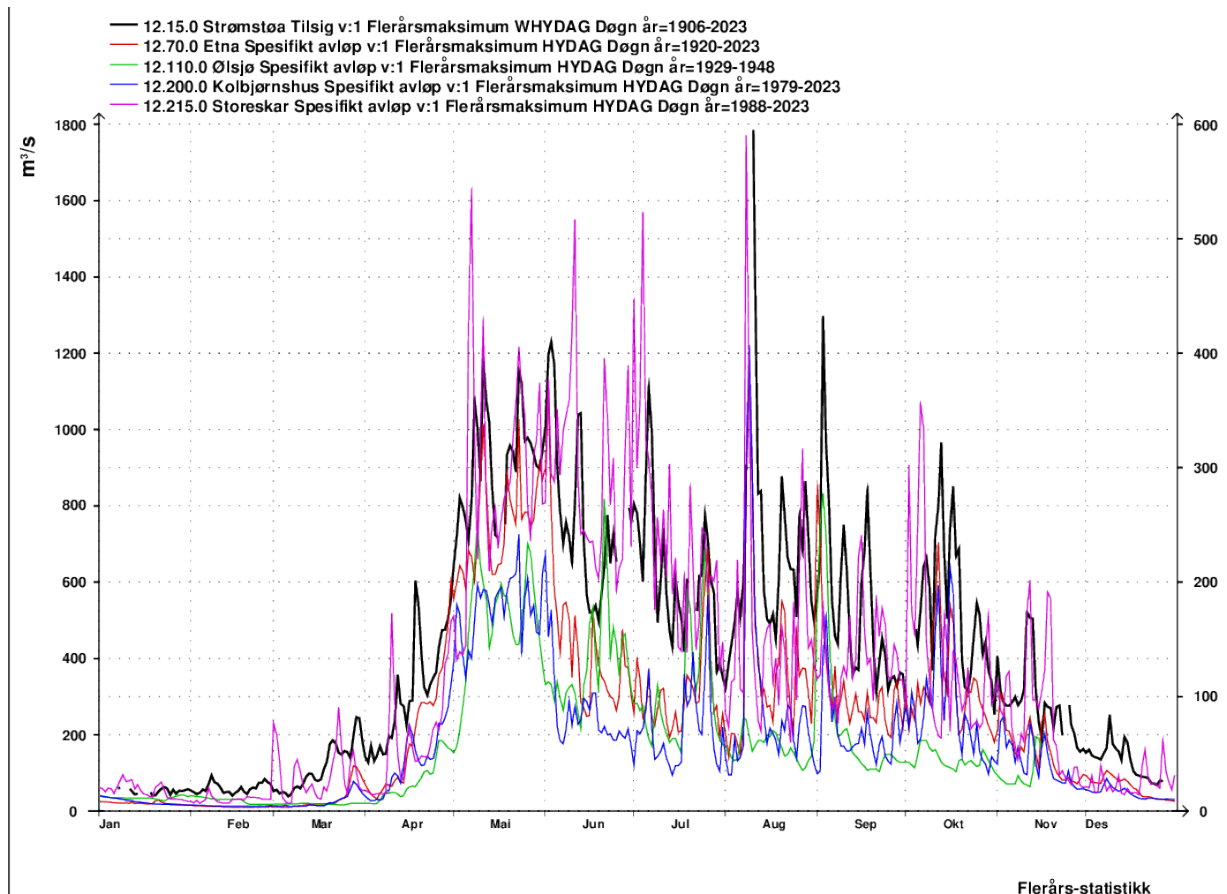
Figur 5-4: Størst og gjennomsnitt av (modellert) regn og snøsmelting fra SeNorge ved Beitostølen



Figur 5-5: Sum av (modellert) regn og snøsmelting fra SeNorge ved Beitostølen

Figur 5-6 viser flerårs maksima av spesifikt avløpsverdier fra sammenligningsstasjonene samt flerårs maksima av den beregnet tilsigsserien. Det ser som ut at alle felt har lignende fordeling av flommer i måleperioden gjennom årene som Begna (ved Strømsstøa), med observerte flommer både om våren og høsten, og større frekvens av vår- (snøsmelte)flommene dominerer mens få men større flommer om høsten. For denne grunn utføres frekvensanalyse for sesongflommer, i tillegg til årsflommer.

Ut fra det bildet som Figur 5-4 og Figur 5-6 gir inntrykk av, deles året til vår: 1 februar – 31 juli og høst: 1 august – 31 januar. For å forsikre bedre sammenligningsgrunnlag med årsflommene, benyttes «GEV (Bayesiansk)» for sesongflommer og. Legg merke til at verktøyet «Flom_analyse» gir ikke mulighet for analyse av sesongflommer, mens andre tilgjengelig verktøy ikke gir mulighet til å ta hensyn til lokale observasjoner, som er for denne grunn utelatt av sesonganalysene. Denne er en metodisk svakhet, men andre fordelinger vill gi enda mer begrensning for sammenligning av sesong- med årsestimatene.



Figur 5-6: Flerårs maksima av spesifikk avløp ved sammenligningsstasjoner (vises på den høyre vertikale akse i l/s/km²) og flerårs maks tilsig ved Strømsjø (Sperillen, vises i m³/s på den venstre vertikale akse)

Tilgjengelige dataseriene for vår og høst gir dessverre ikke gode nok grunnlag til å gjennomføre analysen med GEV-fordelingen, da er det ikke store nok eller for få antall flommer for denne typen tilnærmingen. Siden GEV tilnærming ga noe mistenkelige estimater ved flere stasjoner, ble sesonganalysen utelatt av denne rapporten.

5.3.2 Kulminerende flom

Forholdet mellom døgnmiddelflom og kulminerende flom er estimert etter observerte forholdene ved stasjonene mellom momentan og døgnverdier til de største flommene. Alle fire serier som er benyttet, har observasjoner over antatt 50-års gjentaksintervall og er derfor de største tre flommene er tatt hensyn på. Tilsigsserien 12.15.0.1050.1 er produsert med døgnoppløsning og er derfor ikke kan brukes til denne vurderingen. Tabell 5-5 viser kulminasjonsfaktorene beregnet fra observasjoner.

Tabell 5-5: Målt kulminasjonsfaktor i ulikt antall flommer ved sammenligningsfeltene

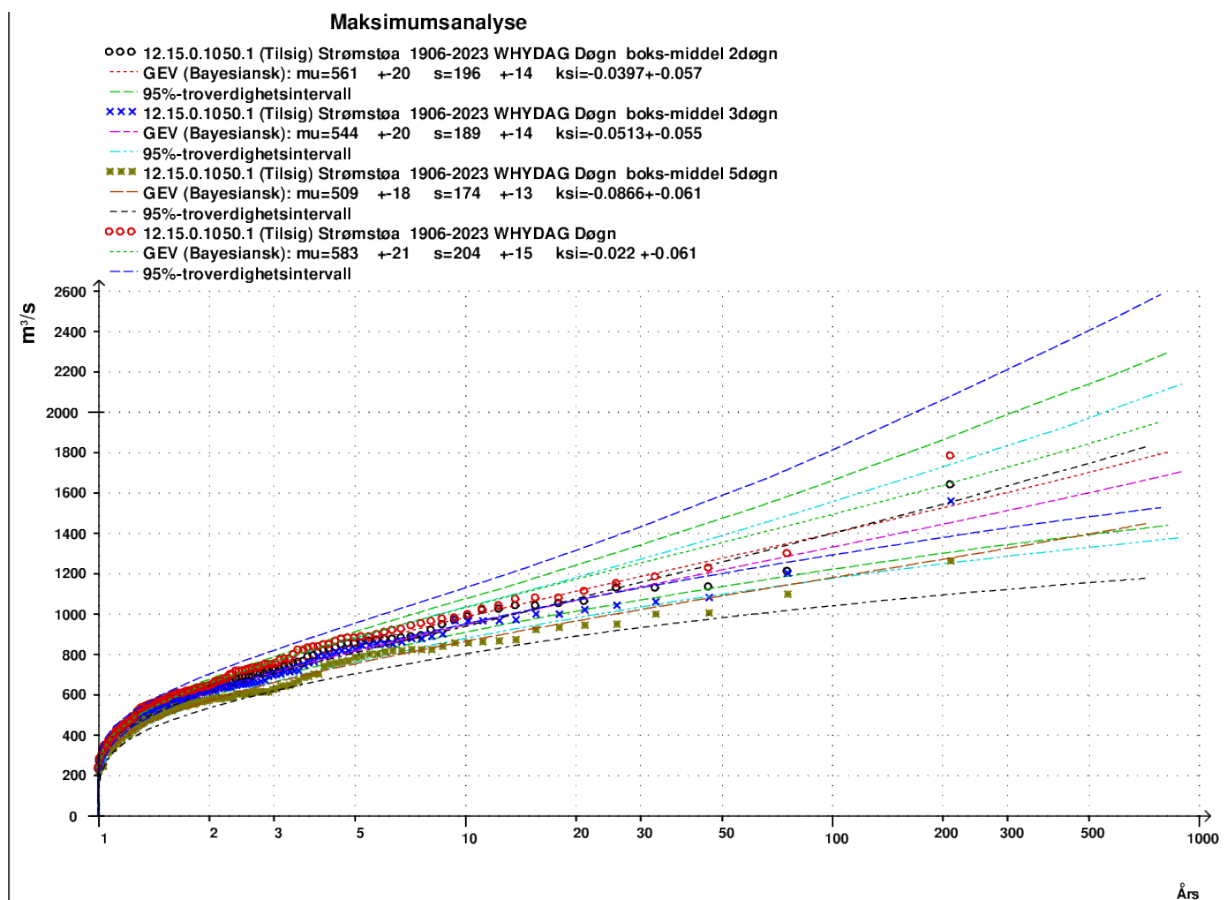
Navn	Gjennomsnitt kulm.faktor av 5 største Q_d	Gjennomsnitt kulm.faktor av 3 største Q_d	Kulm.faktor ved størst Q_d	Størst målt Q_d	Antatt Q_{200} fra FFA
12.290 Bagn	1,03	1,04	1,03	673	596
12.70.0 Etna	1,12	1,27	1,63	221	247
12.110.0 Ølsjø	1,03	1	1,13	220	353
12.200.0 Kolbjørnshus	1,23	1,20	1,32	840	773
12.215.0 Storeskar	1,61	1,80	1,94	71	93

Verdien som er målt ved målestasjon Bagn er nesten lik med kulminasjonsfaktoren estimert ved hjelp av regionale flomformler (se kapittel 3.3). For kulminasjonsfaktor (Q_T/Q_{kulm}) i Begna velges det. $Q_T/Q_{kulm} = 1,03$

5.3.3 Flom over flere dager

På grunnen av feltets størrelse og magasiner oppstrøms er det nødvendig å vurdere om flommer over flere døgn kunne gi større flomverdier enn døgnflommer. Det er beregnet glidende midler av 2- 3- og 5-døgnsdata i tilsigsserien 12.15.0.1050.1 Strømstøa og gjort frekvensanalyse på disse. Figur 5-7 viser GEV (Bayesiansk)-tilpasset fordeling for seriene.

Figuren viser at flomfrekvensanalyse basert på døgnflommene gir konsekvent høyere flomestimer i alle gjentaksinterval enn seriene midlet over flere døgn. For denne grunn er det ikke nødvendig å vurdere denne muligheten videre.



Figur 5-7: Flomfrekvens over flere døgn i serien 12.15.0.1050.1 Strømstøa tilsig

5.3.4 Datakvalitet

Ved utvalg av målestasjoner er det kun inkludert stasjoner gjennomgått i NVE-rapport 85/2016 (Engeland, 2016). Det er valgt å ekskludere målestasjoner der kurvekvalitet ved flom er vurdert til dårligere enn middels.

5.4 Valg av uregulerte flomverdier med frekvensanalyse for Begna

I den mest regulerte perioden 1954-2023 er observert middelflomavrenning ved målestasjon Bagn på 78 l/s/km². I tilsvarende periode er observert (regulert) middelflomavrenning ved Strømstøa på 74 l/s/km², altså svært nært det som er registrert ved Bagn. I den minst regulert periode (1906-1920) ved Strømstøa var middelflomavrenning på 121 l/s/km², altså 47 l/s/km² høyere enn etter at reguleringen ble nesten gjennomført. For å undersøke om flommene har endret seg fra tidlig 1900-tall og fram til i dag, har vi sammenlignet middelflom ved målestasjon Etna i periodene 1920-1940 og 1968-2023. Middelflommen viser seg å være tilnærmet identisk i de to periodene. Dersom vi antar at effekten av reguleringen er den samme ved Bagn som ved Strømstøa, skulle uregulert middelflomavrenning ved Bagn ligge på omtrent $78+47=125$ l/s/km². Dette er noe lavere enn hva som er observert i det uregulerte nabovassdraget Etna, hvor spesifikk middelflomavrenning er på 136 l/s/km² ved Kolbjørnhus. Feltet ved Kolbjørnhus er noe mindre og har lavere effektiv sjøprosent enn feltet ved Bagn, så det er ikke urimelig at uregulert middelflomavrenning er lavere enn 136 l/s/km² ved Bagn. Vi velger å sette uregulert middelflomavrenning ved Bagn til 129 l/s/km², som er snittet av 121 l/s/km² (nær uregulert Strømstøa) og 136 l/s/km² (Kolbjørnhus).

Vekstfaktor Q_{200}/Q_M varierer mellom 2,2 og 2,9, hvor den høyeste vekstfaktoren er ved stasjonen med færrest år. Snittet for vekstfaktorene ligger på ca. 2,5, og vi velger å bruke dette for Bagn. Dette gir en uregulert 200-års flomavrenning på $129 \times 2,5 = 323$ l/s/km². Med en momentanfaktor på 1,03 (observert ved Bagn under Hans), blir kulminerende 200-års flomavrenning $323 \times 1,03 = 332$ l/s/km², noe som tilsvarer en vannføring på 984 m³/s.

6 Evaluering av flomberegninger

Det er utført regionale og lokale flomfrekvensanalyser for Begna ved Bagn og for Knednaelve ved Bagn (samme sted). I dette kapittelet sammenlignes resultatene fra de to metodene.

6.1 Sammenligning av resultater av ulike metoder

For Begna er det kun RFFA-2018 som er tilgjengelig mellom de regionale flomformler, pga. feltets størrelse. FFA gir litt lavere resultater enn RFFA-2018. Ut fra vurdering av data fra sammenligningsstasjoner antas det at lokal flomfrekvensanalyse (FFA) gir mer troverdige resultater enn RFFA-2018. Derfor velges det å bruke resultatet fra FFA videre for Begna sitt felt. Resultatene vises samlet i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Sammenligning av beregnet flomverdier for Begna ved Bagn

	RFFA- NIFS	RFFA- 2018	Flomfrekvens- analyse (valgt til å bruke videre)	Erfaringstall q_{1000} (NVE, 2022)
Uregulert middelflom-avrenning, $q_{M,d}$ (l/s/km ²)	-	144	78 (observert)	
Uregulert middelflom, $Q_{M,d}$ (m ³ /s)	-	435	382	
Uregulert kulminert middelflom, $Q_{M,kulm}$ (m ³ /s)	-	453	393	
200-års spes. døgnavrenning, $q_{200,d}$ (l/s/km ²)	-	339	323	

200-års kulminert spes. avrenning, $q_{200, \text{kulm}}$ (l/s/km ²)	-	353	332	>300 (q_{1000})
200-års kulminert flom $Q_{200, \text{kulm}}$ (m ³ /s)		985	984	

For Knednaelve kunne begge regionale metoder i tillegg til lokal flomfrekvensanalyse benyttes. Her gir igjen FFA større verdier enn de regionale metodene, men alle resultatene er ellers i det samme ventede størrelsesorden sammenlignet med erfaringstallene. Resultatene vises samlet i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Sammenligning av resultater for Knednaelve

	RFFA- NIFS	RFFA- 2018	Flomfrekvensanalyse (valgt til bruk videre)	Erfaringstall (NVE, 2022)
Middelflom-avrenning, $q_{M, d}$ (l/s/km ²)		187	217	
200-års døgnavrenning, $q_{200, d}$ (l/s/km ²)		500	558	
200-års kulminert avrenning, $q_{200, \text{kulm}}$ (l/s/km ²)	714	528	761	500-1500
200-årsflom, kulminasjon, Q_{200} (m ³ /s)	10,8	8,8	11,5	

Det velges å bruke resultatene fra flomfrekvensanalyse videre til flomverdier i Knednaelve.

6.2 Valg av resultater

Tabell 6-3 viser de valgte flomverdiene for begge elver.

Tabell 6-3: Valgte flomverdier for Begna og Knednaelve ved Bagn

	Begna ved Bagn	Knednaelve ved Bagn
Middelflom-avrenning, $q_{M, d}$ (l/s/km ²)	78 (observert)	217
Middelflom, $Q_{M, d}$ (m ³ /s)	229 (observert)	3,3
Middelflom, kulminert $Q_{M, d, \text{kulm}}$ (m ³ /s)	239 (observert)	4,4
200-års døgnavrenning, $q_{200, d}$ (l/s/km ²)	323	558
200-års kulminert avrenning, $q_{200, \text{kulm}}$ (l/s/km ²)	332	757
200-årsflom, kulminasjon, $Q_{200, \text{kulm}}$ (m ³ /s)	984	11,4

6.3 Sammenligning med tidligere beregninger og observerte flommer

Norconsult har i 2024 beregnet bl.a. 200-årsflom ved utløpet til Aurdalsfjorden (Norconsult, 2024). Feltetareale er 2792,79 km² ved beregningspunktet (2961 km² ved Bagn) og det er estimert $Q_{200, d} = 600$ m³/s for 200-års døgnflom. Dette, skalert opp etter forskjellen mellom feltarealene, gir 636 m³/s ved Bagn, som er vesentlig lavere enn det som er estimert i denne rapporten.

Den refererte studien tok utgangspunkt i måleserien 12.290.0.1001.0 Bagn samt vannstanden i oppstrøms magasin Aurdalsfjorden. Aurdalsfjorden er et lite magasin, de største reguleringene ligger oppstrøms Aurdalsfjorden. Dette vil si at studiet beregner regulerte flommer, ikke uregulerte flommer. I hvilken grad reguleringer påvirker flommer med svært høye gjentakintervaller er komplisert spørsmål som avhenger av mange faktorer, blant annet når på året flommen kommer og hvilke naturfenomen forårsaker den. Merk at hovedformålet med reguleringene er vannkraftproduksjon, ikke flomdemping, og selv om regulantene vil forsøke å redusere flomstørrelser, er det ikke gitt at dette vil skje i enhver situasjon. Gjeldende anbefaling er derfor å legge til grunn uregulerte flommer ved planlegging av ny bebyggelse.

6.4 Klassifisering av usikkerhet

Flomberegningen vurderes å være i klasse 2 «Brukbart hydrologisk grunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.»

7 Klimaendringer

7.1 Begna ved Bagn

Klimaendringer fører til mer intense nedbørhendelser, noe som gir økte flommer i store deler av landet. NVE-rapport 81/2016 (Lawrence, 2016) har modellert 115 nedbørfelt for å prognosere økning i flom frem mot 2071-2100. Blant de modellerte feltene ligger 12.70 Etna (som er et delfelt til Begna) og 12.215 Storeskar som var inkludert som sammenligningsstasjon i FFA. Rapportens resultater viser omtrent ingen endring i fremtidige vannføringer ved disse stasjonene. Begge stasjonene ligger noe høyere enn Begna ved Bagn og er dominert av snøsmelteflommer. Erfaringen etter ekstremværet Hans og analysene i gjeldende rapport påpeker at selv med historisk dominerende snøsmelteflommer i Bagn, er det rimelig å anta at regnflommer har større potensial til å skape de største flommene. Sammenlignet med nærliggende felt med nedbørsflommer, er anbefalt klimapåslag er ikke 0, men 20%.

Basert på dette anbefaler vi å legge på et påslag på 20% på flommene i Begna ved Bagn for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer. Kulminert middel- og 200-årsflom inklusivt klimapåslag i Begna ved Bagn antas henholdsvis på $Q_{M, \text{kulm, klima}} = (239 \times 1,2 =) 287 \text{ m}^3/\text{s}$ og $Q_{200, \text{kulm, klima}} = (984 \times 1,2 =) 1180 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.2 Knednaelve ved Bagn

Med et nedbørfeltareal litt over 15 km^2 , anbefales 20% klimapåslag for Knednaelve (NKSS, 2024). Kulminert middel- og 200-årsflom inklusivt klimapåslag i Knednaelve ved Bagn antas henholdsvis på $Q_{M, \text{kulm, klima}} = (3,3 \times 1,4 =) 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ og $Q_{200, \text{kulm, klima}} = (11,4 \times 1,2 =) 13,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

8 Konklusjon

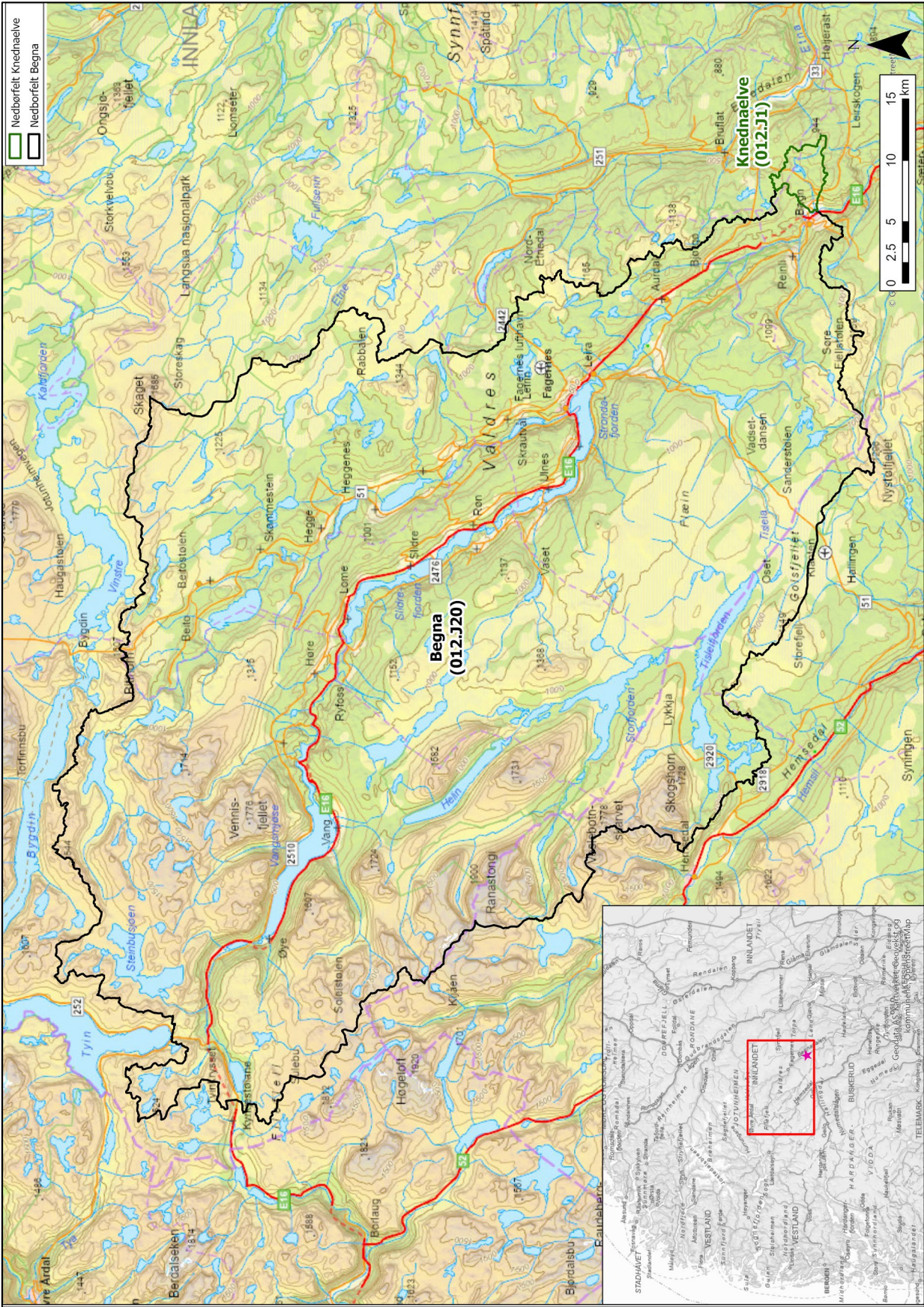
Middel- og 200-årsflom (Q_M og Q_{200}) er beregnet med både regionale flomformler og lokal flomfrekvensanalyse for Begna og Knednaelve ved Bagn.

For Begna er det valgt å benytte resultater fra FFA for 200-årsflom, mens det brukes observasjonene direkte ved 12.290 Bagn målestasjon for middelflom. Kulminert middelflom (fra observasjonene) ved Bagn er $239 \text{ m}^3/\text{s}$ og kulminert 200-årsflom (fra FFA) på $984 \text{ m}^3/\text{s}$ uten, og $1180 \text{ m}^3/\text{s}$ inklusiv 20% klimapåslag.

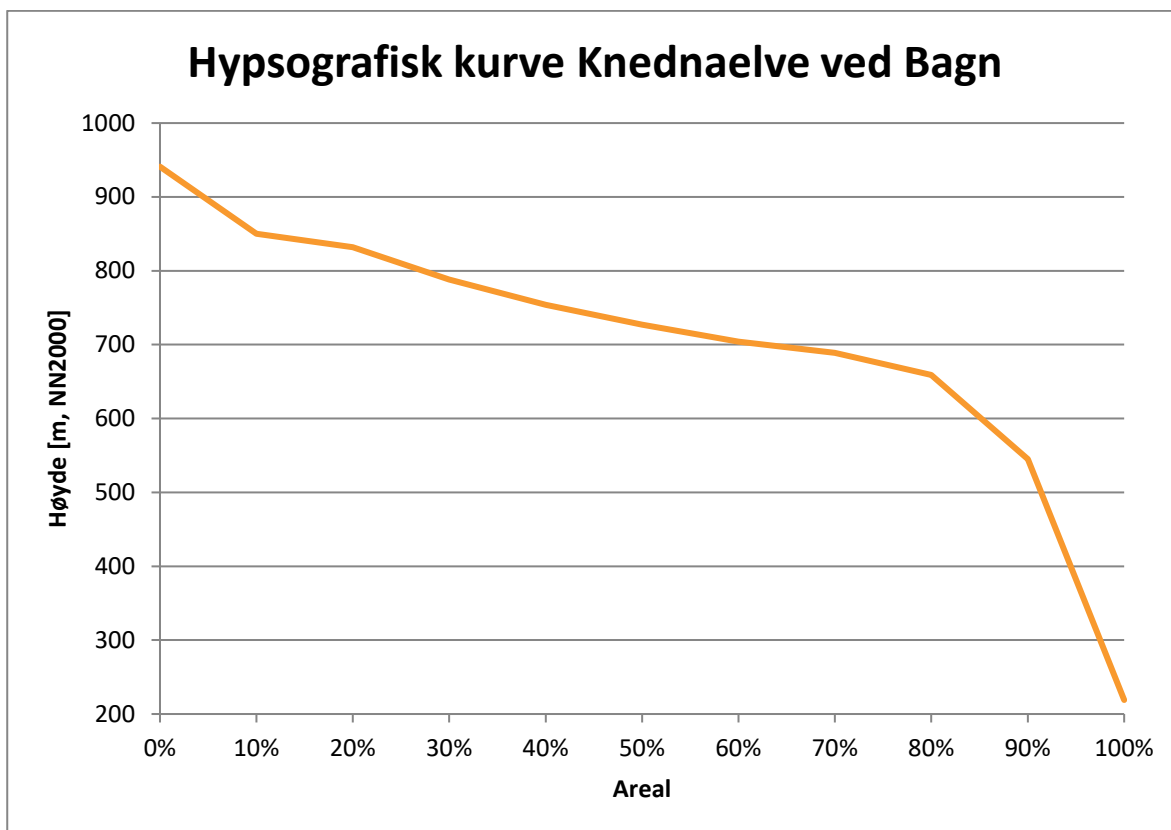
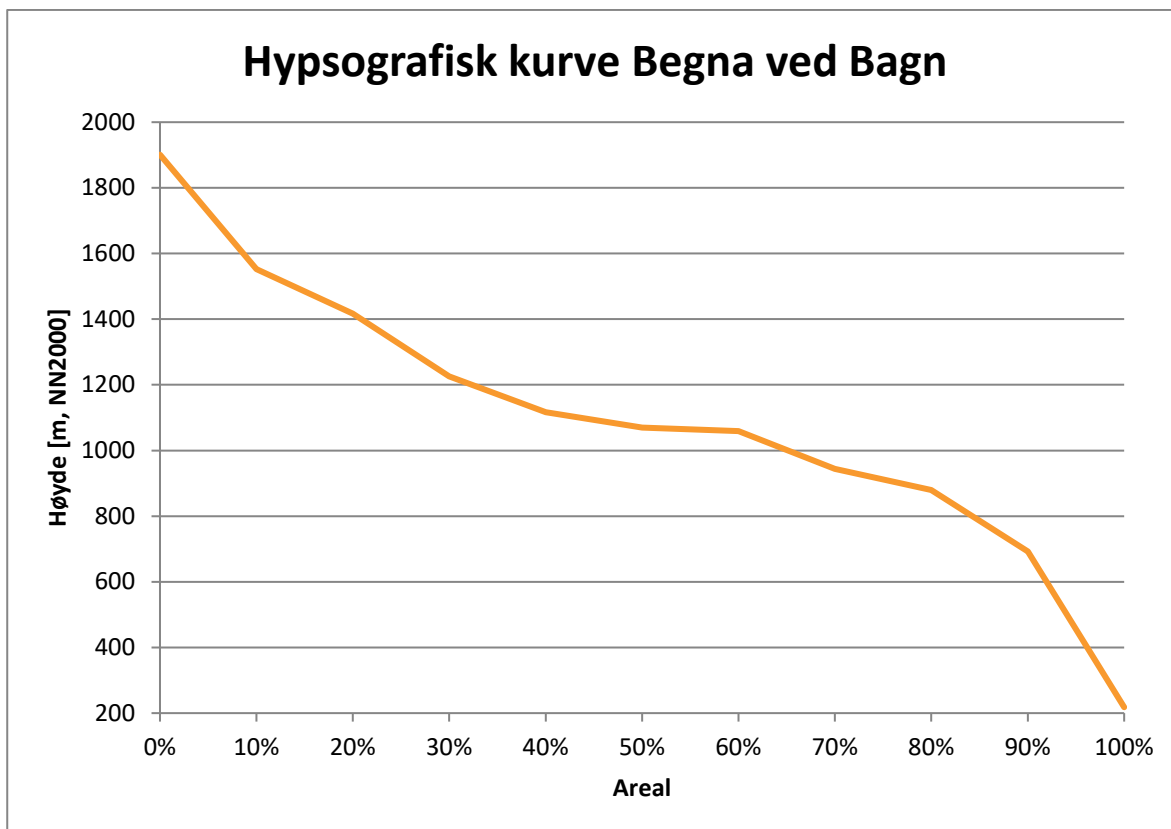
For Knednaelve er det valgt å benytte resultater fra FFA, som gir kulminert middelflom på $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ og kulminert 200-årsflom på $11,4 \text{ m}^3/\text{s}$ uten og $13,7 \text{ m}^3/\text{s}$ inklusiv 20% klimapåslag.

9 Vedlegg

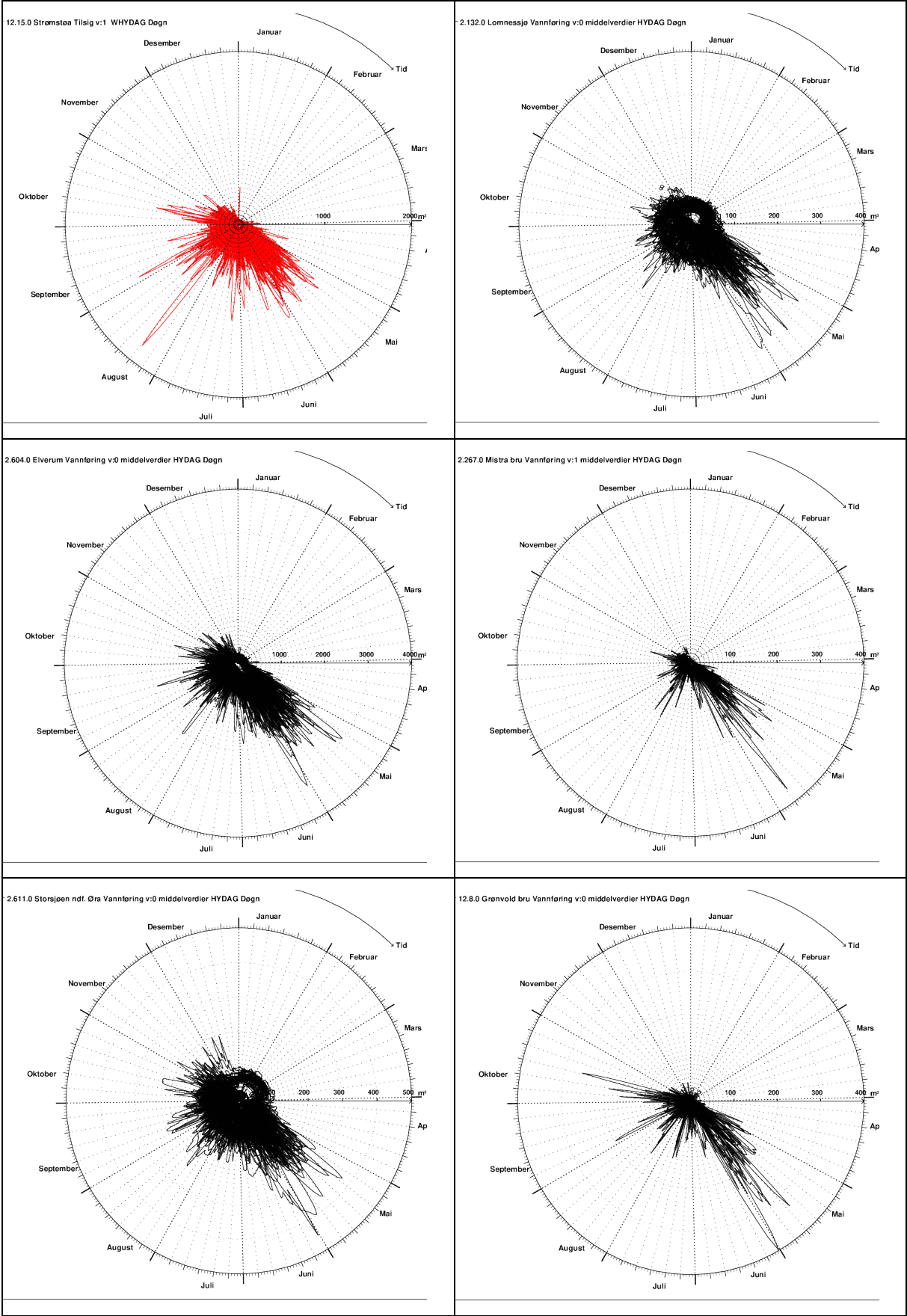
9.1 Kart

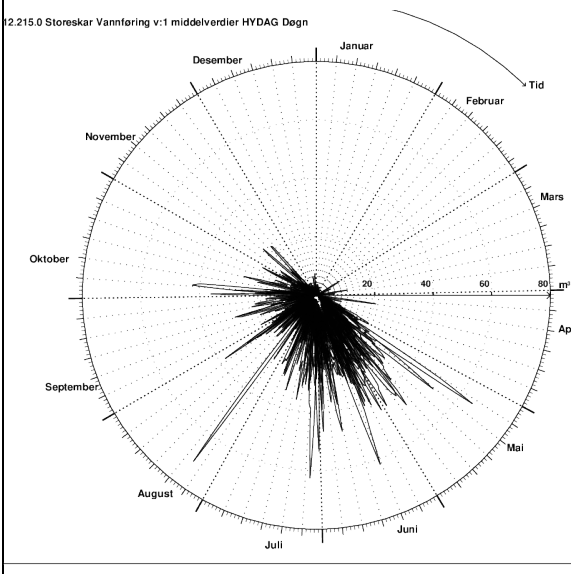
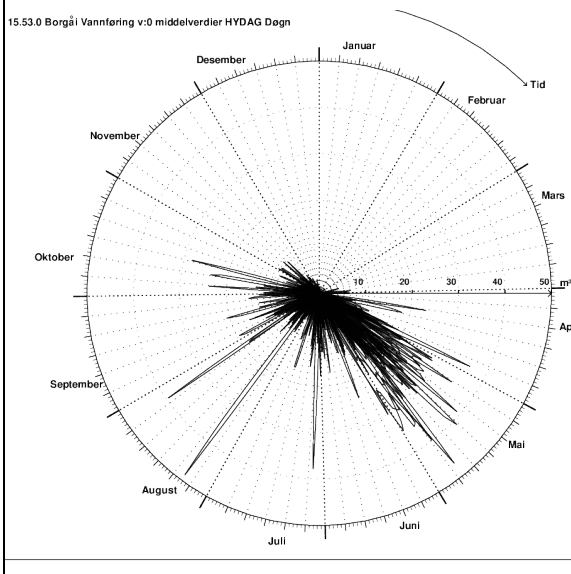
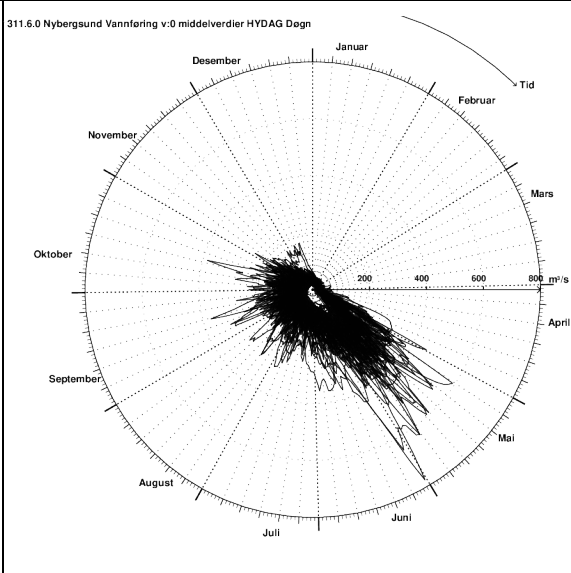
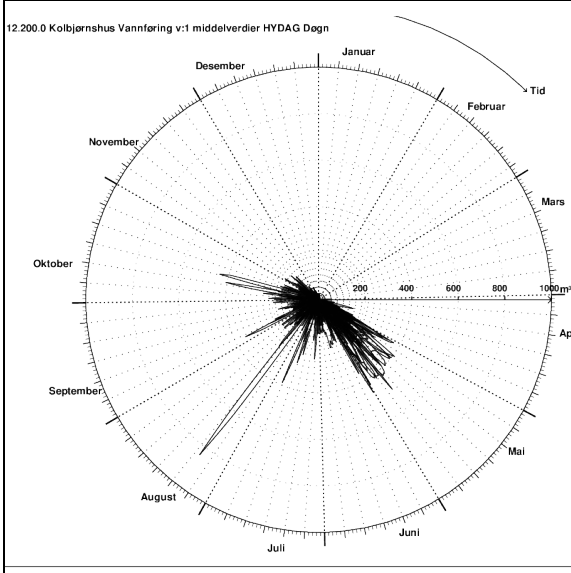
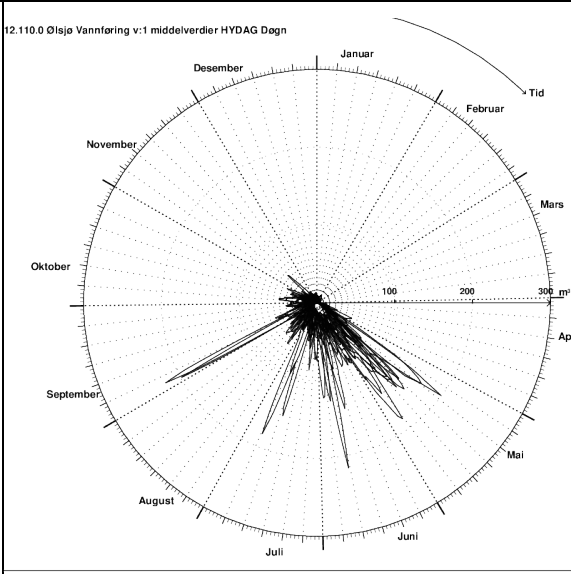
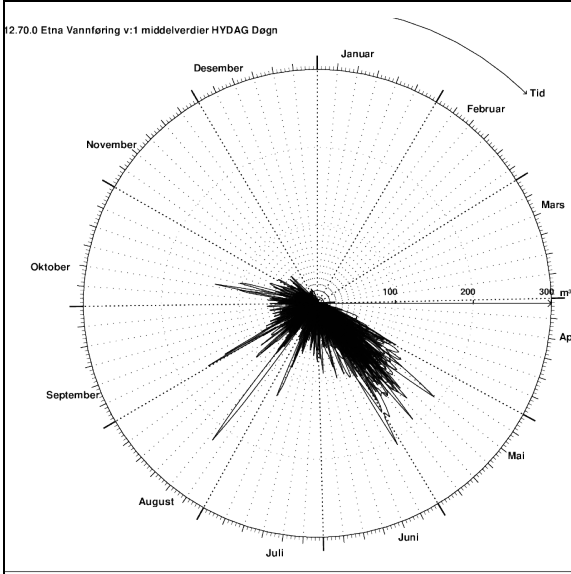


9.2 Hypsografisk kurver



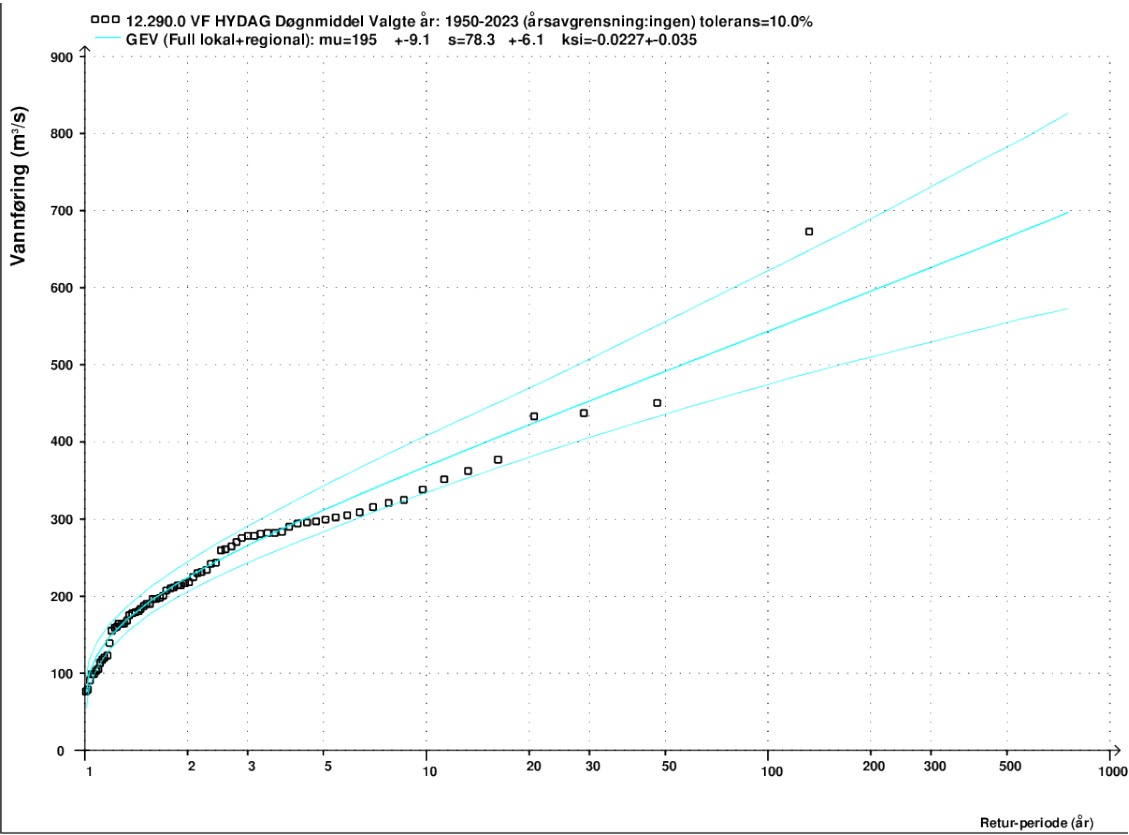
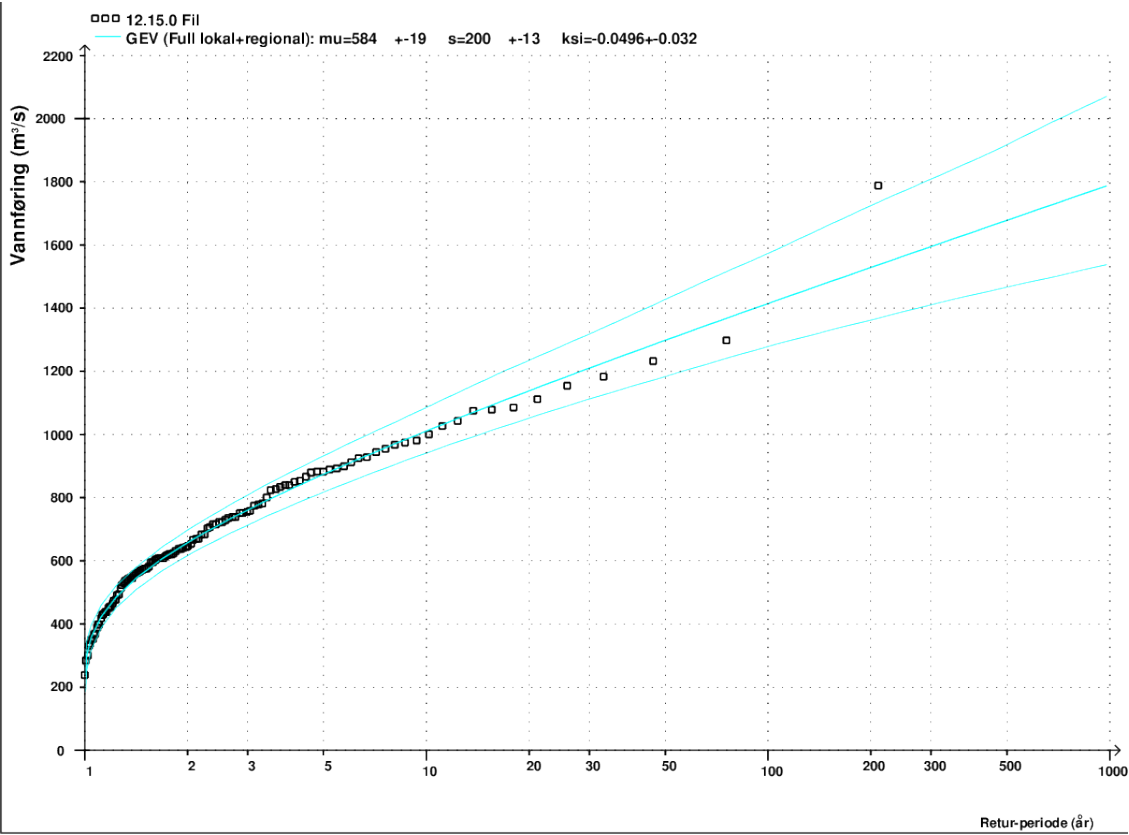
9.3 Årspolarplott

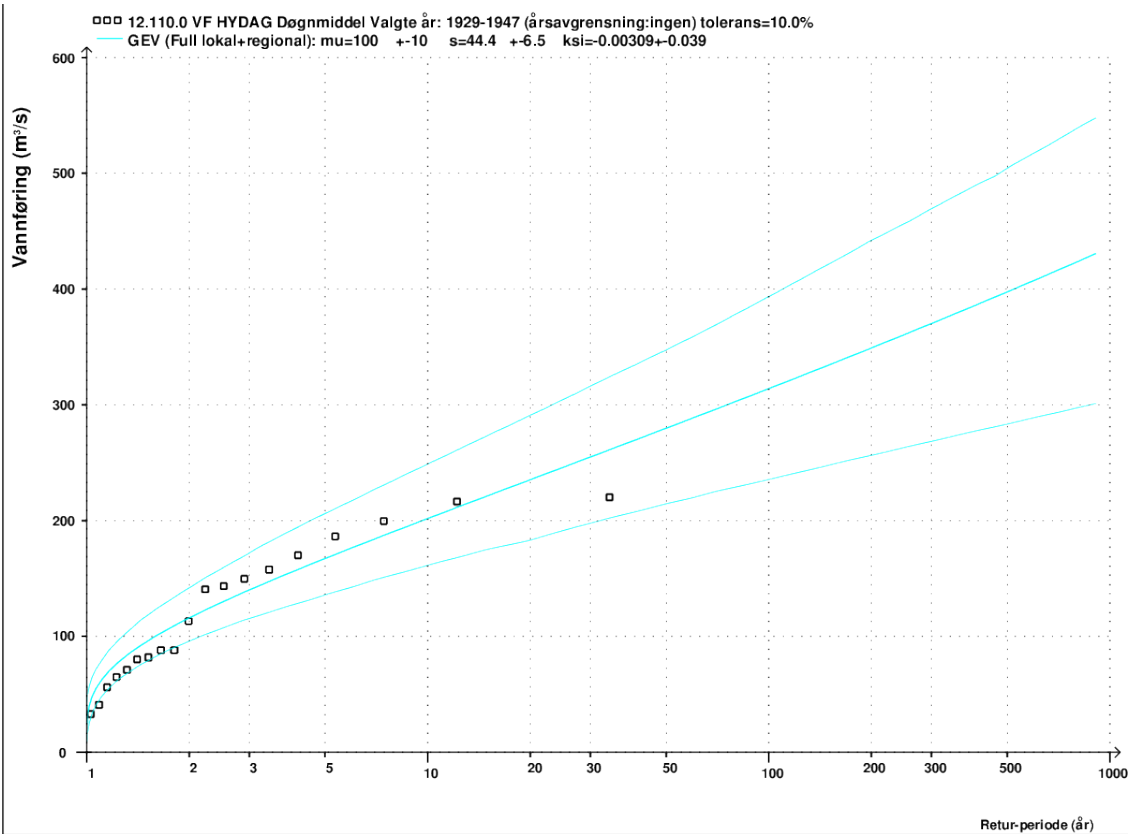
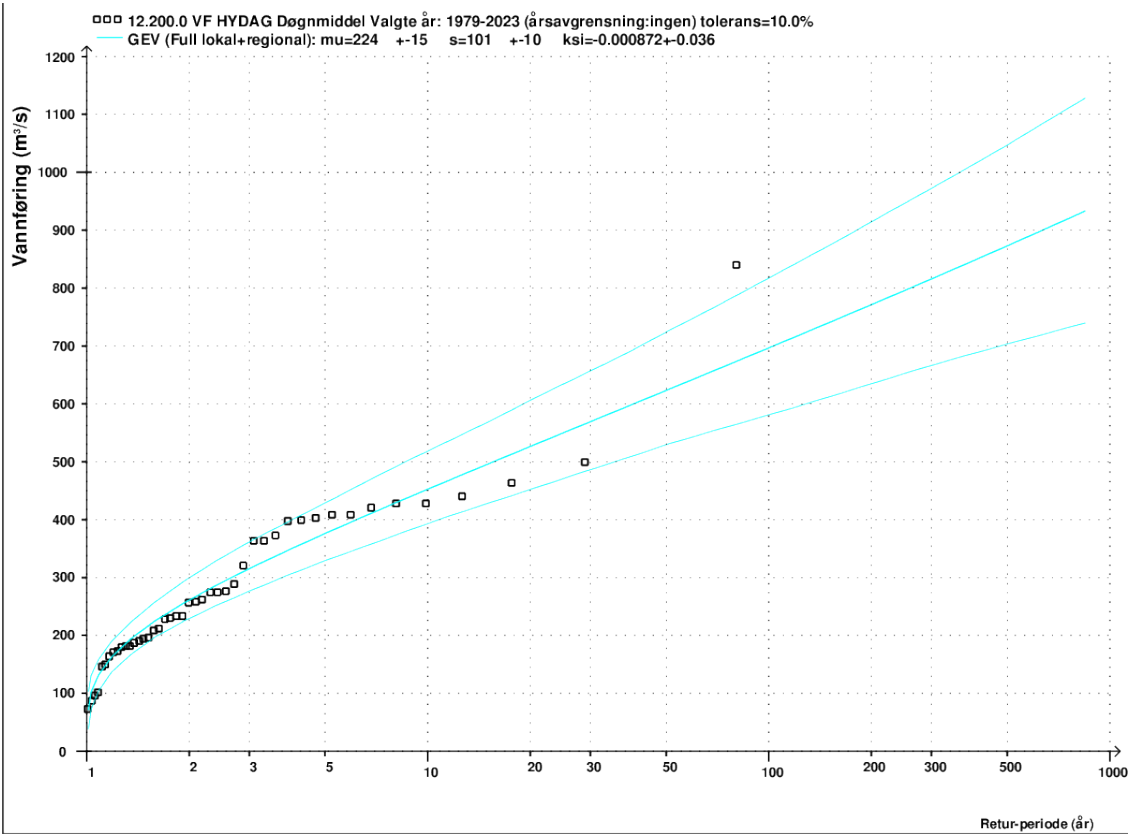


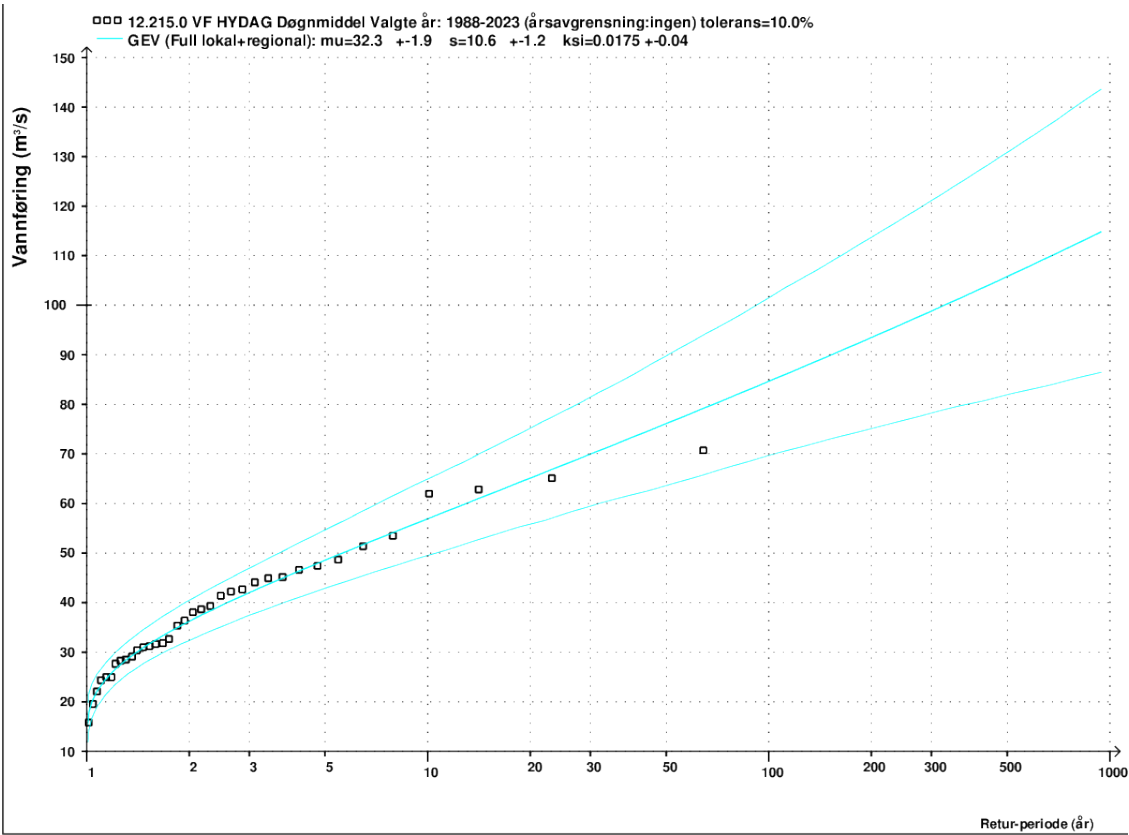
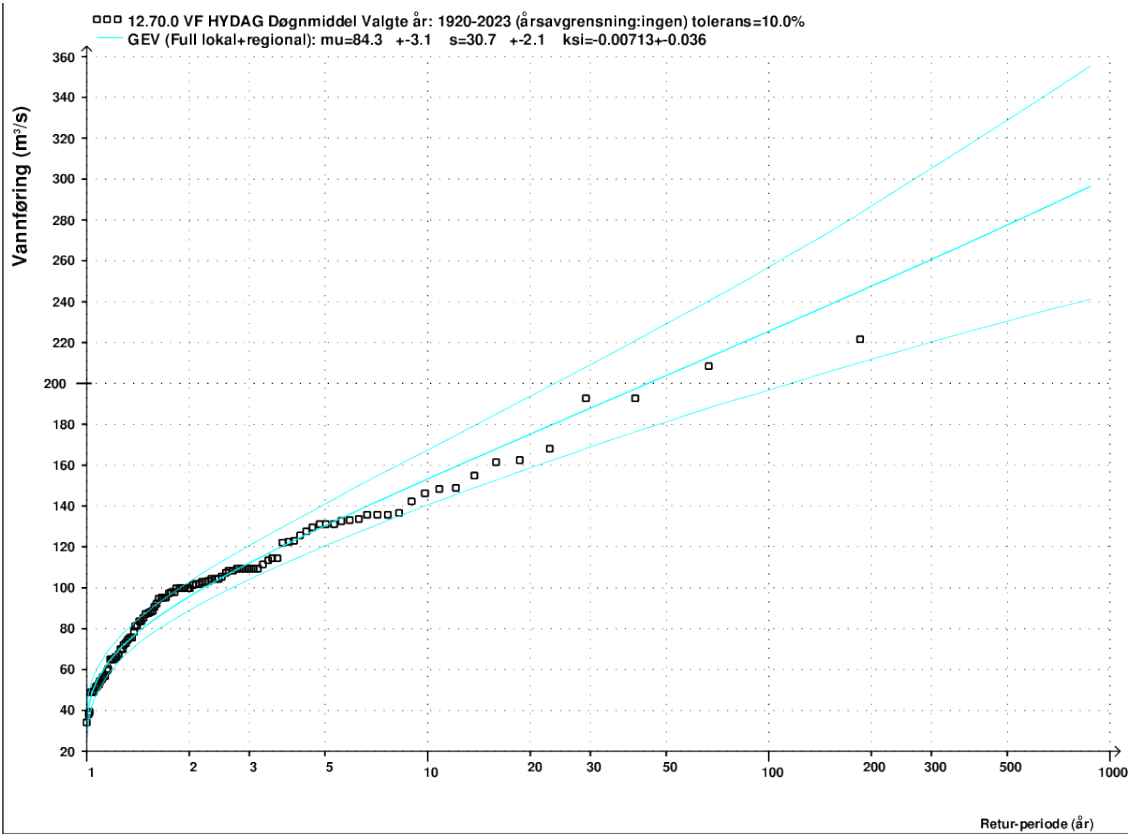


9.4 Flomfrekvensanalyser

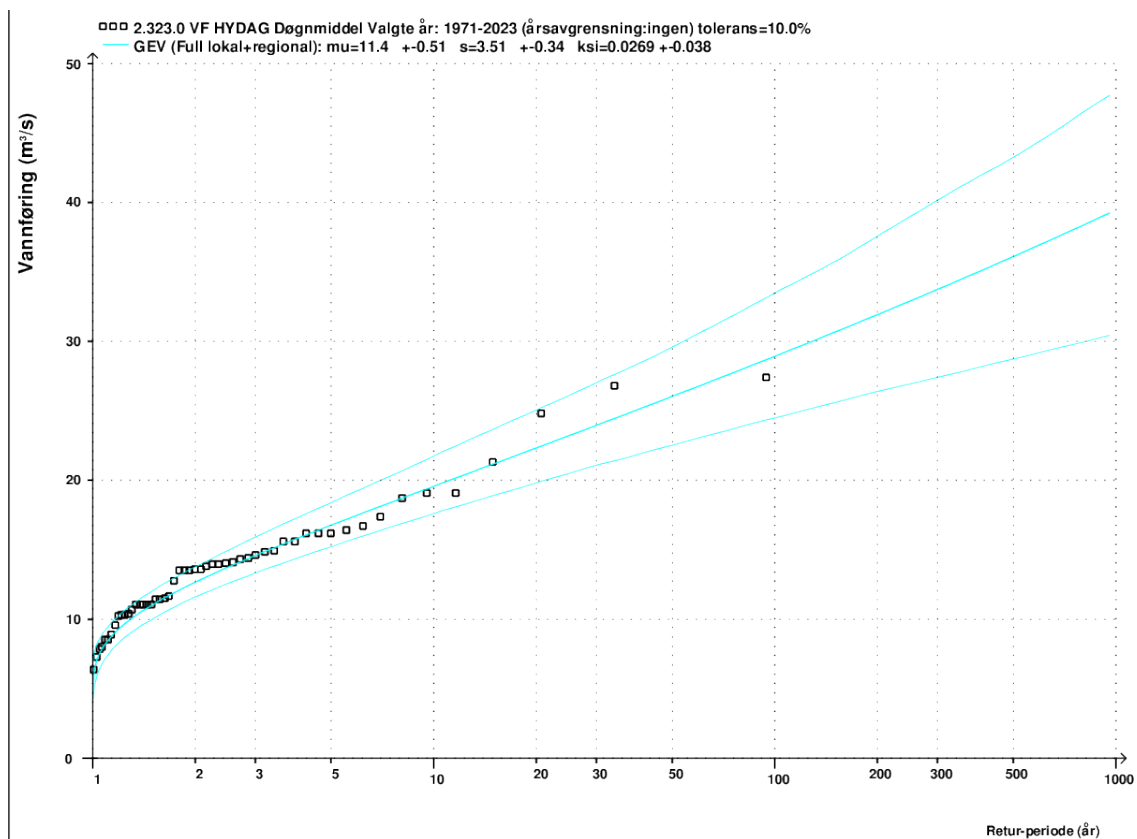
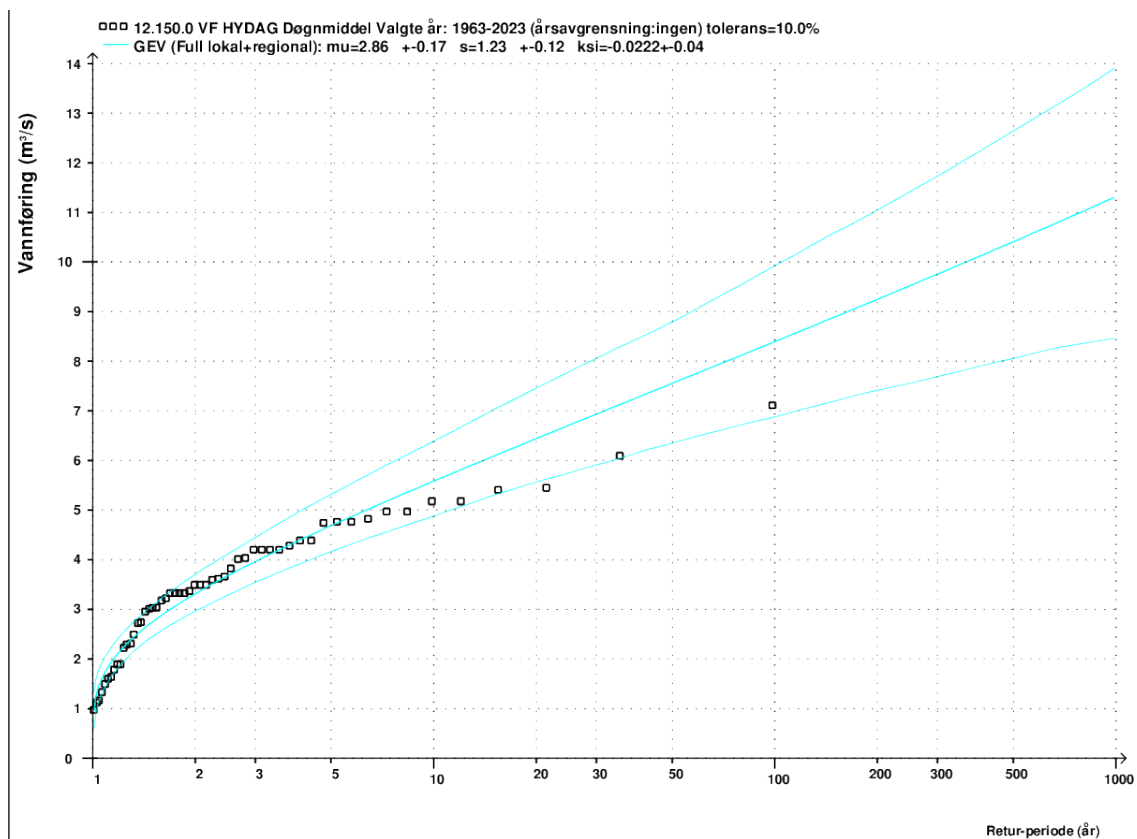
9.4.1 Sammenligningsstasjoner og serier for Begna

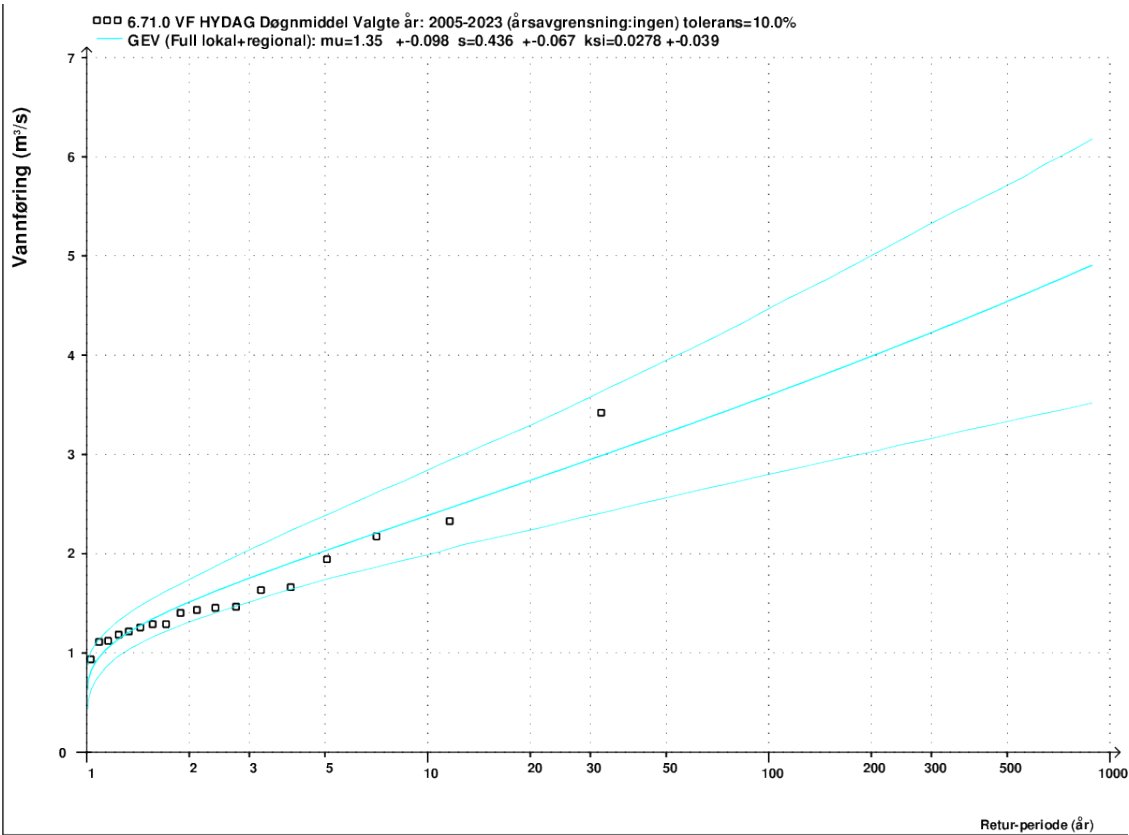
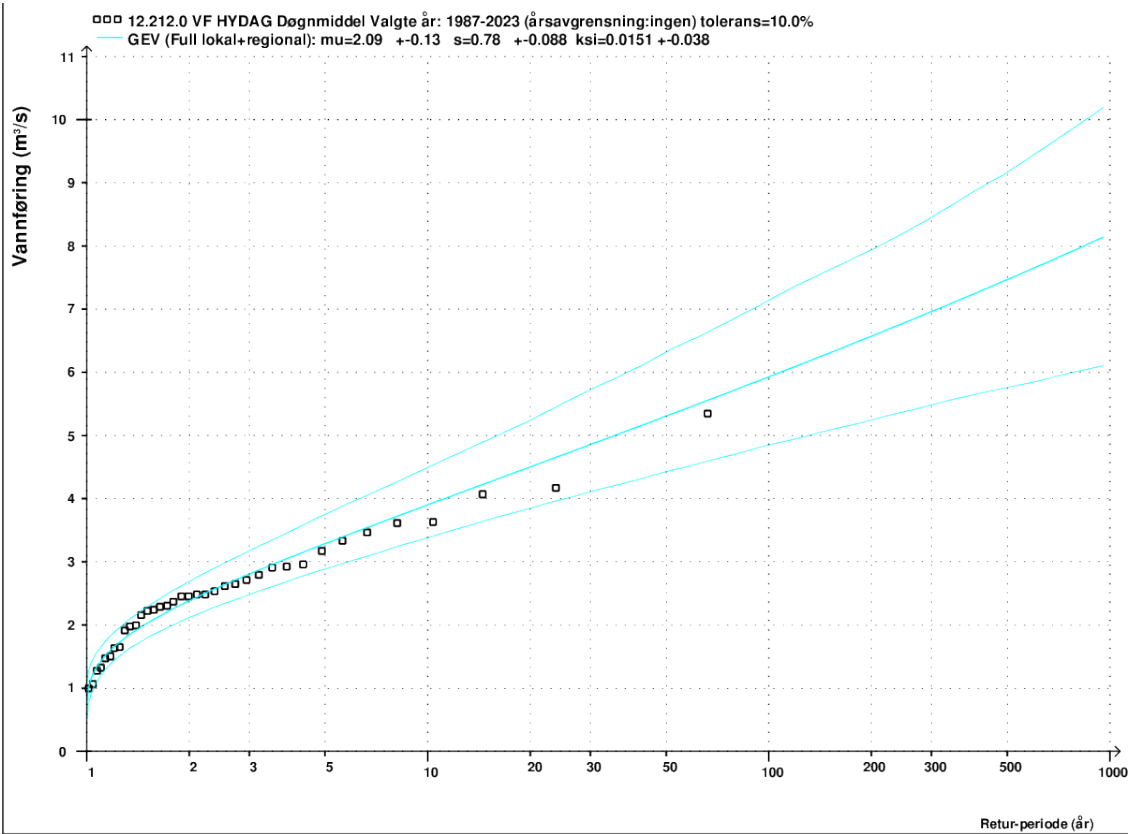






9.4.2 Sammenligningsstasjoner og serier for Knednaelve





9.5 NEVINA rapporter

9.5.1 NEVINA for Begna

Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.:012.J20

Kommune.:Sør-Aurdal

Fylke.:Innlandet

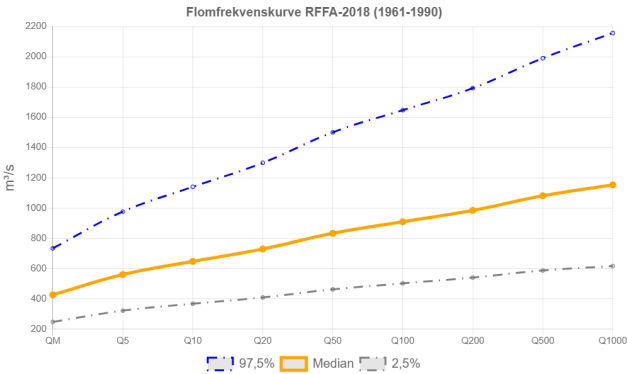
Vassdrag.:Begna

Nedbørfeltareal:2961 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km2, er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimopåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se [www.klimaservicesenter.no](#)).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.

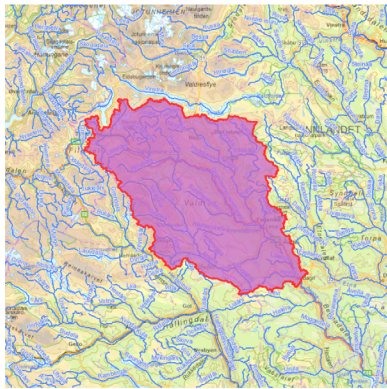


RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	144 l/s*km²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.04 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	- l/s*km²
Klimapåslag	- %
Annet	
Tilsløpflom	Nei -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ - klima
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.31	1.52	1.71	1.95	2.13	2.31	2.53	2.70	-
Flomverdier, m³/s	427	561	648	730	834	910	985	1082	1154	985
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	734	976	1140	1299	1501	1647	1793	1990	2157	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	248	323	368	410	463	503	541	588	617	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²									
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)										
Flomverdier, m³/s										
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s										
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s										

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges vassdrags- og energidirektorat
Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 204517 E
6754603 N

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

Feltparametere	
Areal (A)	2961 km²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.9 %
Elvleengde uten sjø (E _{TL,net})	3295.7 km
Elvegradient (E _G)	10 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	5.2 m/km
Helning	9.8 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.4 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	92.5 km

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sjø – Tilløp (A _{AET})	0 % 1
Feltlengde – Tilløp (F _{F,T})	0 km 1

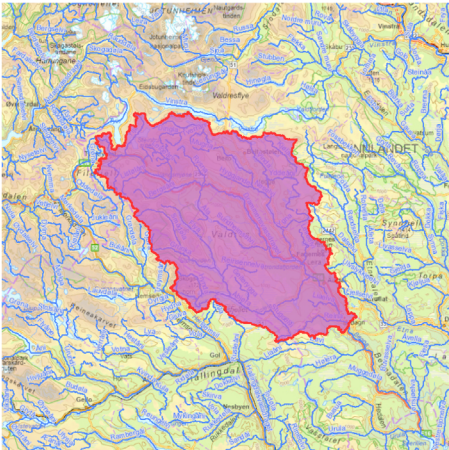
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	3.5 %
Myr (A _{MVR})	9.6 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	40.3 %
Sjø (A _{SJO})	8.1 %
Snøfjell (A _{SF})	29.6 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	8.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	218 m
Høyde ₁₀	692 m
Høyde ₂₅	912 m
Høyde ₅₀	1070 m
Høyde ₇₅	1321.5 m
Høyde _{MAX}	1901 m

Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990	
Årlig middelavrenning 1961-1990 (Q _N)	20.1 l/s*km²
Nedbør juni	69 mm
Nedbør juli	81 mm
Regn og snøsmelting mai	247 mm
Regn og snøsmelting juni	142 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	89 mm
Regn og snøsmelting november	10 mm
Temperatur februar	-9.6 °C
Temperatur mars	-7.1 °C

1) Verdien er editert

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 204517 E
6754603 N

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

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av lavvannsindeks. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.

Lavvannindekser

Vassdragsnr.: 012.J20
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Begna

Feltparametere	
Areal (A)	2961 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.9 %
Elvleengde (E _L)	122.6 km
Elvegradient (E _G)	10 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	5.2 m/km
Helning	9.8 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.4 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	92.5 km

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sjø – Tilløp (A _{AE,T})	0 % ¹
Feltleengde – Tilløp (F _{L,T})	0 km ¹

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Myr (A _{MYR})	9.6 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	40.3 %
Sjø (A _{SJO})	8.1 %
Snaufjell (A _{SF})	29.6 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	218 m
Høyde _{MAX}	1901 m

Lavvannsindeks	
Alminnelig lavvannføring	2.2 l/s*km ²
5-persentil (år)	2.1 l/s*km ²
5-persentil sommer (1/5-30/9)	6.1 l/s*km ²
5-persentil vinter (1/10-30/4)	1.9 l/s*km ²
Base flow	7.44 l/s*km ²
Base flow index (BFI)	0.37 -

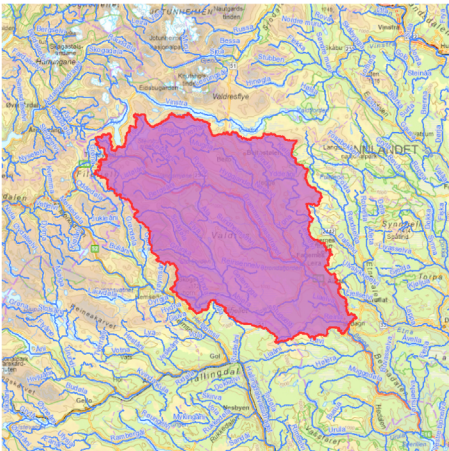
Klima- /hydrologiske parametere (1961-1990)	
Klimaregion	Øst -
Lavvannsperiode	Vinter -
Årlig middelavrenning 61-90 (Q _N)	20.1 l/s*km ²
Årsnedbør 61-90 (P _N)	634 mm
Sommernedbør	349 mm
Vinternedbør	321 mm
Årstemperatur	-0.8 °C
Sommertemperatur	6.2 °C
Vintertemperatur	-5.9 °C
Temperatur juli	8.5 °C
Temperatur august	9.1 °C

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregning av lavvannsindeks. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

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

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 204517 E
6754603 N

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

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 012.J20
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Begna

Feltparametere	
Areal (A)	2961 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.9 %
Elvleengde (E _L)	122.6 km
Elvegradient (E _G)	10 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	5.2 m/km
Helning	9.8 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.4 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	92.5 km

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sjø – Tilløp (A _{SE,T})	0 % ¹
Feltleengde – Tilløp (F _{L,T})	0 km ¹

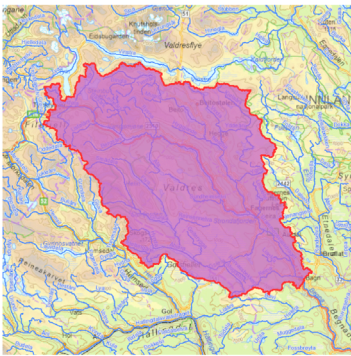
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	3.5 %
Myr (A _{MYR})	9.6 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	40.3 %
Sjø (A _{SJO})	8.1 %
Snaufjell (A _{SF})	29.6 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	8.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	218 m
Høyde ₁₀	692 m
Høyde ₂₀	880 m
Høyde ₃₀	944 m
Høyde ₄₀	1001 m
Høyde ₅₀	1070 m
Høyde ₆₀	1117 m
Høyde ₇₀	1226 m
Høyde ₈₀	1417 m
Høyde ₉₀	1552 m
Høyde _{MAX}	1901 m

Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)	
Årlig middelavrenning (Q _N)	21 l/s*km ²
Årlig middelavrenning	663 mm
Usikkerhet middelavrenning	2.6 %
Nedbør juni - august	321 mm
Nedbør desember - februar	203 mm
Årstemperatur	-0.6 °C
Sommertemperatur	9.0 °C
Vintertemperatur	-7.5 °C

1) Verdien er editert

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no

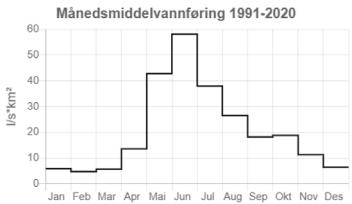


Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 204517 E
6754603 N

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

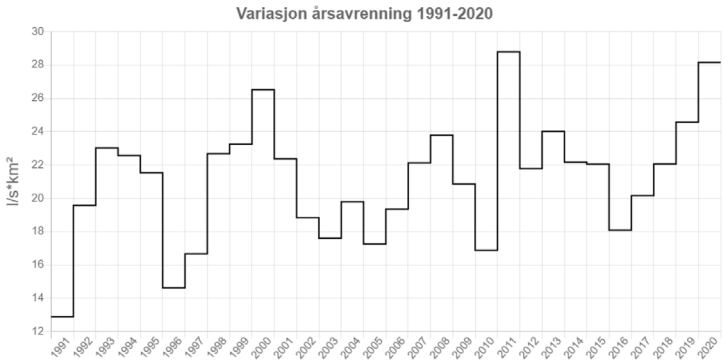
I denne rapporten sammenlikner vi årlig middelavrenning for perioden 1991-2020 med årlig middelavrenning for 1961-1990. Det nye avrenningskartet er imidlertid beregnet med en annen metode enn avrenningskartet for 1961-1990, og dette gjør at de to kartene ikke er direkte sammenliknbare. Vi har derfor laget en alternativ versjon av avrenningskartet for 1961-1990, beregnet med samme metode som den vi brukte for å beregne avrenningskartet for 1991-2020. Denne versjonen kaller vi «1961-1990 v2022». Når vi sammenlikner årlig middelavrenning for 1991-2020 med årlig middelavrenning for 1961-1990 beregnet vha. kartet 1961-1990 v2022, kan vi regne med at forskjellen mellom dem hovedsakelig skyldes at de to tallene representerer to ulike tidsperioder.

Data fra avrenningskartet



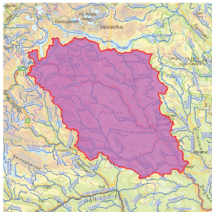
Månedsverdier er basert på simuleringer med en distribuert hydrologisk modell.

Klima- /hydrologiske parametere		
Årlig middelavrenning 1991-2020 (Q _N)	21	l/s*km²
Årlig middelavrenning 1961-1990 (v2022) (Q _N)	19.5	l/s*km²
% endring fra 1961-90 til 1991-2020	7.7	%
Gjennomsnittlig usikkerhet i avrenning 1991-2020	2.6	%
Usikkerhetsintervall 1991-2020	20.5 - 21.6	l/s*km²
Årlig middelavrenning 1991-2020 (Q _N)	663	mm
Nedbør (korrigert)	923	mm
Fordampning	254	mm



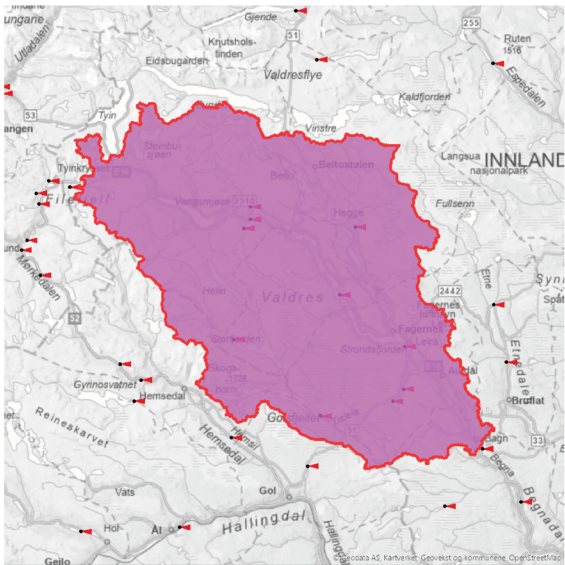
Beregningen av variasjon i årsavrenning er basert på vannføringsstasjoner med reguleringsgrad (volum) <40 % og brendel <20 %.

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



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

Vassdragsnr.: 012.J20
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Begna
Nedbørfeltareal: 2961 km²



For flere detaljer, se: <https://seriekart.nve.no/> med nedlastbar tabell med årsdata som er benyttet til avrenningskartet.
Beregningen av variasjon i årsavrenning er basert på vannføringsstasjoner med reguleringsgrad (volum) <40% og brendel <20%. Månedsmidler er basert på simuleringer med en distribuert hydrologisk modell.

Variasjon årsavrenning 1991-2020		
	l/s*km²	Avvik fra årsnormalen i %
1991	12.9	-38.6
1992	19.6	-6.7
1993	23.0	9.6
1994	22.6	7.4
1995	21.5	2.5
1996	14.6	-30.3
1997	16.7	-20.6
1998	22.7	8.0
1999	23.2	10.7
2000	26.5	26.3
2001	22.4	6.5
2002	18.8	-10.3
2003	17.6	-16.1
2004	19.8	-5.7
2005	17.3	-17.8
2006	19.3	-7.9
2007	22.1	5.4
2008	23.8	13.3
2009	20.9	-0.7
2010	16.9	-19.6
2011	28.8	37.1
2012	21.8	3.7
2013	24.0	14.4
2014	22.2	5.6
2015	22.1	5.0
2016	18.1	-13.9
2017	20.2	-4.0
2018	22.1	5.0
2019	24.6	17.0
2020	28.2	34.1
1991-2020	21	

Månedsmiddelvannføring 1991-2020 (l/s*km²)												
Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
5.8	4.8	5.7	13.6	42.8	58.1	38.0	26.5	18.2	18.8	11.3	6.4	21

GUID: 450bc583-9c65-46aa-b970-015779251853 Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no

9.5.2 NEVINA for Knednaelve

Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.:012.J1

Kommune.:Sør-Aurdal

Fylke.:Innlandet

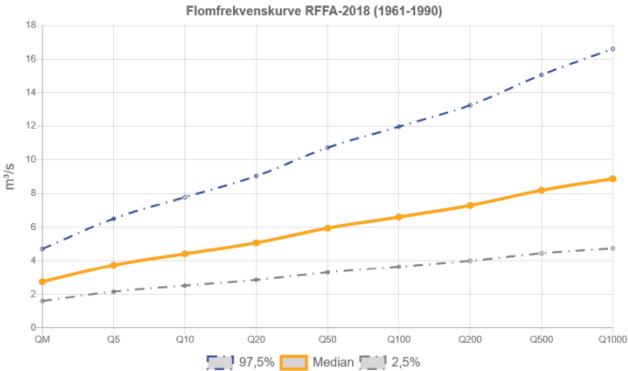
Vassdrag.:Knednaelve

Nedbørfeltareal:15.1 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km2, er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se [www.klimaservicesenter.no](#)).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020 dataene er under utarbeiding.

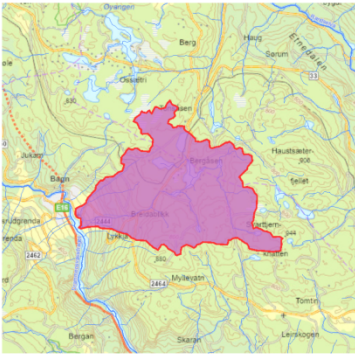


RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	181 l/s*km²
Klimapåslag	20 %
Kulminasjonsfaktor	1.16 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	222 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførsflom	Nei -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.36	1.61	1.85	2.17	2.41	2.66	2.99	3.24	-
Flomverdier, m³/s	2.7	3.7	4.4	5.1	6.0	6.6	7.3	8.2	8.9	8.7
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	4.7	6.5	7.8	9.0	10.7	12.0	13.3	15.1	16.6	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.0	4.5	4.7	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.27	1.53	1.8	2.21	2.58	2.99	3.64	4.21	-
Flomverdier, m³/s	3.4	4.3	5.1	6.0	7.4	8.6	10.0	12.2	14.1	14.0
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	5.9	7.7	9.5	11.4	14.5	17.3	20.1	24.4	28.2	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	1.9	2.4	2.8	3.2	3.8	4.3	5.0	6.1	7.0	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Beregn.punkt: 204649 E
6754642 N

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

Feltparametere	
Areal (A)	15.1 km²
Effektiv sjø (A _{SE})	1.3 %
Elveengde uten sjø (E _{TLnet})	16.6 km
Elvegradient (E _G)	77.6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	74.2 m/km
Helning	10.3 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.4 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	6.1 km

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sjø – Tilløp (A _{AE-T})	0 %
Feltlengde – Tilløp (F _{F-T})	0 km

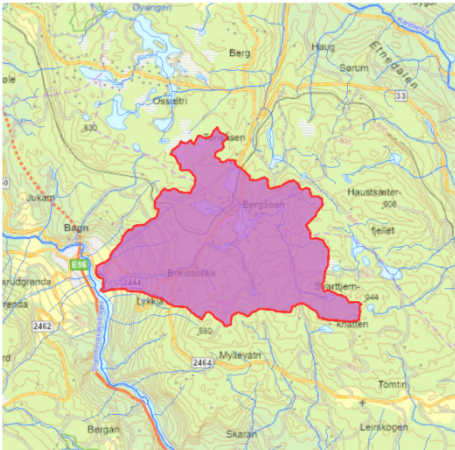
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	1.9 %
Myr (A _{MYR})	4.5 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	86.4 %
Sjø (A _{SKO})	5.2 %
Snau fjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0.2 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	219 m
Høyde ₁₀	545 m
Høyde ₂₅	674 m
Høyde ₅₀	727 m
Høyde ₇₅	810 m
Høyde _{MAX}	941 m

Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990	
Årlig middelavrenning 1961-1990 (Q _N)	12.4 l/s*km²
Nedbør juni	73 mm
Nedbør juli	86 mm
Regn og snøsmelting mai	227 mm
Regn og snøsmelting juni	81 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	85 mm
Regn og snøsmelting november	16 mm
Temperatur februar	-8.8 °C
Temperatur mars	-5.7 °C

1) Verdiene er editert

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 204649 E
6754642 N

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

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av lavvannsindeks. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.

Lavvannindekser

Vassdragsnr.: 012.J1
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Knednaelva

Feltparametere		
Areal (A)	15.1	km²
Effektiv sjø (A _{SE})	1.3	%
Elvleengde (E _L)	8.4	km
Elvegradient (E _G)	77.6	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	74.2	m/km
Helning	10.3	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.4	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	6.1	km

Feltparametere Tilløp		
Effektiv sjø – Tilløp (A _{SE,T})	0	% ¹
Feltlengde – Tilløp (F _{L,T})	0	km ¹

Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0	%
Myr (A _{MVR})	4.5	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	86.4	%
Sjø (A _{SJO})	5.2	%
Snaufjell (A _{SF})	0	%

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	219 m
Høyde _{MAX}	941 m

Lavvannsindeks	
Alminnelig lavvannføring	0.5 l/s*km²
5-persentil (år)	0.5 l/s*km²
5-persentil sommer (1/5-30/9)	0.4 l/s*km²
5-persentil vinter (1/10-30/4)	0.5 l/s*km²
Base flow	5.70 l/s*km²
Base flow index (BFI)	0.46 -

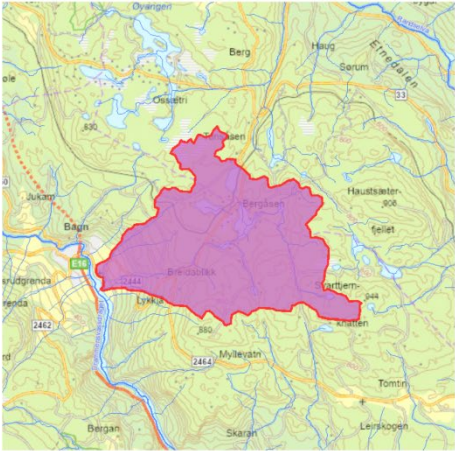
Klima- /hydrologiske parametere (1961-1990)	
Klimaregion	Øst -
Lavvannsperiode	Vinter -
Årlig middellavrenning 61-90 (Q _N)	12.4 l/s*km²
Årsnedbør 61-90 (P _N)	391 mm
Sommernedbør	388 mm
Vinternedbør	349 mm
Årstemperatur	0.4 °C
Sommertemperatur	8 °C
Vintertemperatur	-5 °C
Temperatur juli	10.5 °C
Temperatur august	10.4 °C

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregning av lavvannsindeks. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

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

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 204649 E
6754642 N

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

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 012.J1
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Knednaelva

Feltparametere		
Areal (A)	15.1	km²
Effektiv sjø (A _{SE})	1.3	%
Elvleengde (E _L)	8.4	km
Elvegradient (E _G)	77.6	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	74.2	m/km
Helning	10.3	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.4	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	6.1	km

Feltparametere Tilløp		
Effektiv sjø – Tilløp (A _{SE,T})	0	% ¹
Feltlengde – Tilløp (F _{L,T})	0	km ¹

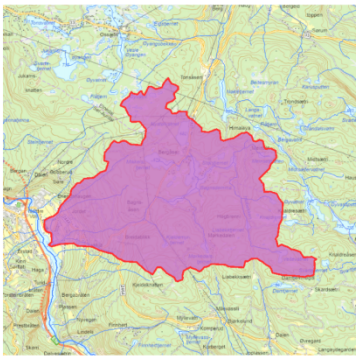
Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	1.9	%
Myr (A _{MVR})	4.5	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	86.4	%
Sjø (A _{SJO})	5.2	%
Snaufjell (A _{SF})	0	%
Urban (A _U)	0.2	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.9	%

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	219 m
Høyde ₁₀	545 m
Høyde ₂₀	659 m
Høyde ₃₀	689 m
Høyde ₄₀	704 m
Høyde ₅₀	727 m
Høyde ₆₀	754 m
Høyde ₇₀	788 m
Høyde ₈₀	832 m
Høyde ₉₀	850 m
Høyde _{MAX}	941 m

Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)	
Årlig middellavrenning (Q _N)	13.6 l/s*km²
Årlig middellavrenning	428 mm
Usikkerhet middellavrenning	21.1 %
Nedbør juni - august	269 mm
Nedbør desember - februar	158 mm
Årstemperatur	0.6 °C
Sommertemperatur	11 °C
Vintertemperatur	-6.9 °C

1) Verdien er editert

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no

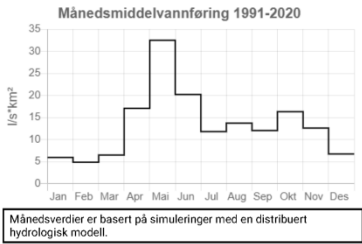


Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 204649 E
6754642 N

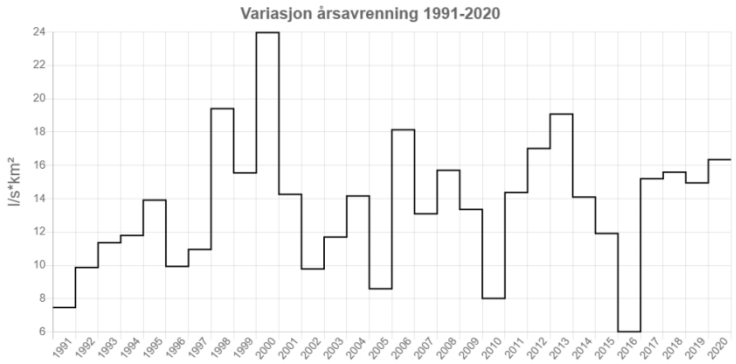
Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

I denne rapporten sammenlikner vi årlig middelavrenning for perioden 1991-2020 med årlig middelavrenning for 1961-1990. Det nye avrenningskartet er imidlertid beregnet med en annen metode enn avrenningskartet for 1961-1990, og dette gjør at de to kartene ikke er direkte sammenliknbare. Vi har derfor laget en alternativ versjon av avrenningskartet for 1961-1990, beregnet med samme metode som den vi brukte for å beregne avrenningskartet for 1991-2020. Denne versjonen kaller vi «1961-1990 v2022». Når vi sammenlikner årlig middelavrenning for 1991-2020 med årlig middelavrenning for 1961-1990 beregnet vha. kartet 1961-1990 v2022, kan vi regne med at forskjellen mellom dem hovedsakelig skyldes at de to tallene representerer to ulike tidsperioder.

Data fra avrenningskartet

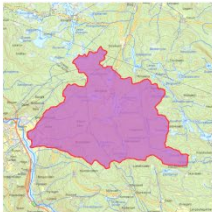


Klima- /hydrologiske parametere	
Årlig middelavrenning 1991-2020 (Q _N)	13.6 l/s*km²
Årlig middelavrenning 1961-1990 (v2022) (Q _N)	13.5 l/s*km²
% endring fra 1961-90 til 1991-2020	0.3 %
Gjennomsnittlig usikkerhet i avrenning 1991-2020	21.1 %
Usikkerhetsintervall 1991-2020	10.7 - 16.4 l/s*km²
Årlig middelavrenning 1991-2020 (Q _N)	428 mm
Nedbør (korrigert)	771 mm
Fordampning	340 mm



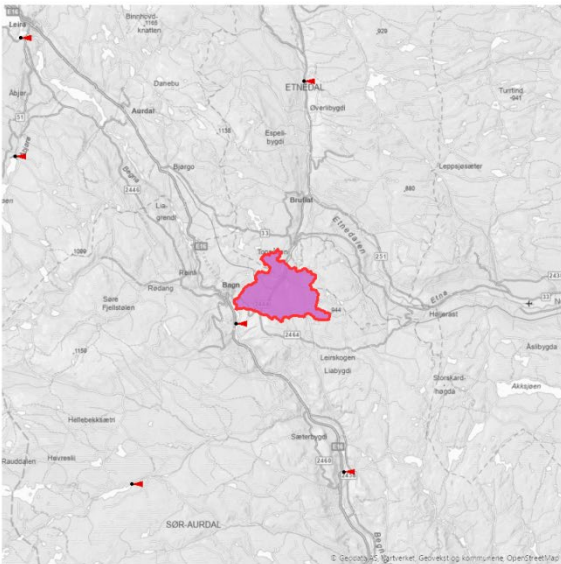
Beregningen av variasjon i årsavrenning er basert på vannføringsstasjoner med reguleringsgrad (volum) < 40 % og brendel < 20 %.

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no



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

Vassdragsnr.: 012.J1
Kommune.: Sør-Aurdal
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Knednaelva
Nedbørfeltareal: 15.1 km²



For flere detaljer, se: <https://seriekart.nve.no/> med nedlastbar tabell med årsdata som er benyttet til avrenningskartet.
Beregningen av variasjon i årsavrenning er basert på vannføringsstasjoner med reguleringsgrad (volum) <40% og brendel <20%. Månedsmidler er basert på simuleringer med en distribuert hydrologisk modell.

Variasjon årsavrenning 1991-2020		
	l/s*km²	Avvik fra årsnormalen i %
1991	7.5	-45.0
1992	9.9	-27.4
1993	11.4	-16.5
1994	11.8	-13.3
1995	13.9	2.3
1996	9.9	-27.0
1997	10.9	-19.5
1998	19.4	42.6
1999	15.5	14.3
2000	24.0	76.2
2001	14.3	4.8
2002	9.8	-28.0
2003	11.7	-14.0
2004	14.2	4.1
2005	8.6	-36.9
2006	18.1	33.3
2007	13.1	-3.7
2008	15.7	15.4
2009	13.4	-1.8
2010	8.0	-41.1
2011	14.4	5.6
2012	17.0	25.1
2013	19.1	40.2
2014	14.1	3.6
2015	11.9	-12.4
2016	6.0	-55.7
2017	15.2	11.8
2018	15.6	14.7
2019	14.9	9.9
2020	16.3	20.2
1991-2020	13.6	

Månedsmiddelvannføring 1991-2020 (l/s*km²)												
Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
6.0	4.9	6.5	17.1	32.5	20.2	11.8	13.7	12.0	16.3	12.6	6.7	13.6

GUID: 89efa5ef-c620-4858-9409-3f3a897f706c Rapportdato: 05/11/2024 © nevina.nve.no