

Øvre Eiker kommune

# ► Flom- og vannlinjeberegning for Vestfossen og Vestfosselva

Oppdragsnr.: 52301727 Dokumentnr.: - Versjon: D01 Dato: 2023-04-24



**Oppdragsgiver:** Øvre Eiker kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Bernt-Egil Tafjord  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Gunnar Fiskum  
**Fagansvarlig:** Jon Olav Stranden  
**Andre nøkkelpersoner:**

J02	2023-07-04	For bruk etter kontroll hos Øvre Eiker kommune	Gunnar Fiskum	Jon Olav Stranden	Gunnar Fiskum
D01	2023-04-24	For kontroll hos Øvre Eiker kommune	Gunnar Fiskum	Jon Olav Stranden	Gunnar Fiskum
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

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

## ► Sammendrag

Norconsult er engasjert av Øvre Eiker kommune for å utføre en flom- og overvannskartlegging for Vestfosselva og Vestfossen. Arbeidet gjøres i forbindelse med regulering av sentrumsområdet Vestfossen og andre utviklingsområder langs Vestfosselva.

For å vurdere flomforhold i vassdraget er det laget en flomberegning som dekker både Fiskumvannet/Eikeren og Vestfosselva. Beregningen er basert på vannføringsmålinger fra vassdraget hvor data fra stasjonene Sundbyfoss og Fiskum er vektlagt. Begge målestasjonene ligger i vassdraget. Fordi magasinet er stort sammenlignet med nedbørfeltet, blir flomforløpet langt og ti døgn er benyttet.

Vannstanden i Fiskumvannet styres av dam Vestfossen som er en lukedam med inntak til kraftverk. Flomnivået ved dammen med tilhørende avløpsflom er funnet ved å rute flomforløpet gjennom magasinet. Videre flomkartlegging i vassdraget, på både opp- og nedstrøms side av dam Vestfossen, er gjort ved bruk av en vannlinjemodell i dataprogrammet HEC-RAS. Modellen er basert på terrengdata og hydrologisk input. Resultater fra beregningene er presentert på flomkart som ligger vedlagt denne rapporten.

Utført kartlegging gir en flomvannstand på ca. 21 moh. (NN2000) i Fiskumvannet ved 200-årsflom inkl. klimapåslag. Det er litt høyere enn ved dam Vestfossen og skyldes et falltap inn mot konstruksjonen. Hvis sikkerhetspåslag inkluderes i beregningene, blir sikker byggehøyde langs Fiskumvannet og ved dam Vestfossen ca. 21,24 moh. Flomnivået ved 200-årsflom inkl. klimapåslag gjør at enkelte bygninger langs magasinet blir berørt og at deler av elvebredden i Vestfossen står under vann.

Største flomnivå i Vestfosselva vil forekomme ved kulminasjonsflom i Drammenselva. Det betyr at nedstrøms vannstand styrer dimensjonerende flomnivå tilbake i Vestfosselva og at vannstandsforskjellen mellom Vestfossen og Drammenselva er liten. Ved 200-årsflom inkl. klimapåslag er det forventet at vannstanden vil variere fra 5,55-5,85 moh. Utført vurdering av usikkerhet tilsier at sikker byggehøyde bør settes 0,15 meter over dette nivået. Ved flom i Vestfosselva vil jordbruksbygninger tett på vassdraget bli berørt i tillegg til lavtliggende bygninger i Hokksund.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon og beskrivelse av oppdraget</b>	<b>5</b>
1.1	Beskrivelse av oppdraget	5
1.2	Beskrivelse av Vestfossen og Vestfosselva	5
1.3	Eksisterende flomvurderinger	6
1.4	Kart- og datagrunnlag	8
<b>2</b>	<b>Flomberegning</b>	<b>9</b>
2.1	Beregningsmetodikk	9
2.2	Beskrivelse av nedbørfelt	9
2.3	Målestasjoner for vannføring	11
2.4	Frekvensanalyse	12
2.5	Vurdering av kulminasjonsfaktor	12
2.6	Vurdering av klimapåslag	12
2.7	Valg av flomtilsig og flomforløp til Eikeren/Fiskumvannet	13
<b>3</b>	<b>Dam Vestfossen</b>	<b>14</b>
3.1	Beskrivelse av dam Vestfossen	14
3.2	Avløpskapasitet ved dam Vestfossen	15
<b>4</b>	<b>Hydraulisk vannlinjemodell</b>	<b>17</b>
4.1	Beregningsmodell og datakvalitet	17
4.2	Grensebetingelser og friksjonsforhold	18
4.3	Infrastruktur, bebyggelse og andre forhold langs vassdraget	19
<b>5</b>	<b>Resultater</b>	<b>20</b>
5.1	Flomberegning for Fiskumvannet / Eikeren	20
5.2	Flomberegning for Vestfosselva	21
5.3	Flomkartlegging for Vestfossen og Vestfosselva	21
<b>6</b>	<b>Konklusjon og vurdering av resultat</b>	<b>23</b>
6.1	Vurdering av sikker byggehøyde	23
6.2	Vurdering av kvalitet	23
<b>7</b>	<b>Bilag og referanser</b>	<b>25</b>
7.1	Bilag	25
7.2	Referanser	25



# 1 Introduksjon og beskrivelse av oppdraget

## 1.1 Beskrivelse av oppdraget

Norconsult er engasjert av Øvre Eiker kommune for å utføre en flom- og overvannskartlegging for Vestfossen og Vestfosselva. Arbeidet gjøres i forbindelse med regulering av sentrumsområdet Vestfossen og andre utviklingsområder langs Vestfosselva. Denne rapporten består av følgende utredninger som skal fungere som grunnlag for fremtidig reguleringsarbeid:

- 1) Flomberegning for Fiskumvannet / Eikeren
- 2) Flomkartlegging mellom Vestfossen og Drammenselva
- 3) Avklaring av aktsomhetssoner i Vestfossen

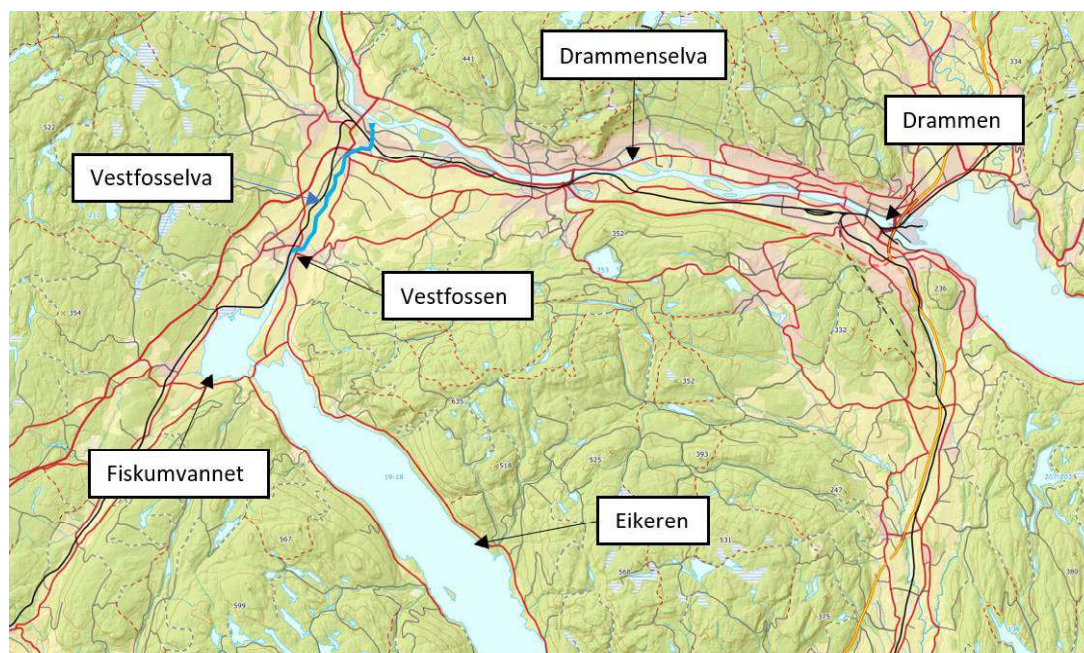
## 1.2 Beskrivelse av Vestfossen og Vestfosselva

Vestfossen er et tettsted i Øvre Eiker kommune og Viken fylke. Gjennom tettstedet renner Vestfosselva som kommer fra magasinet Fiskumvannet/Eikeren. Magasinet reguleres av Vestfossen kraftverk som ligger i sentrum av tettstedet. Nedstrøms Vestfossen renner Vestfosselva til Hokksund før den blir en del av Drammenselva. Et oversiktskart over området er vist i Figur 1.

TEK17 sier at byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentaksintervall. Gjentaksintervall avgjøres av konsekvensene som skade på bygget vil medføre. En oversikt over sikkerhetsklassene med tilhørende krav til gjentaksintervall er vist i punktlisten under.

- F1 – Liten konsekvens (Garasjer, lager, boder) – 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (Bolighus, fritidsboliger, skoler, kontorbygg) – 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (Sykehjem, brann-/politistasjoner, avfallsdeponier) – 1000-årsflom

For Vestfossen og langs Vestfosselva er det vurdert at de fleste bygninger, både eksisterende og nye, faller inn under sikkerhetsklasse F2. Disse skal sikres mot 200-årsflom. Denne kartleggingen vurderer 200-årsflom med og uten klimapåslag. Klimapåslag er anbefalt av NVE ved tiltak i tilknytning til vassdrag.



Figur 1 Oversiktskart med markering av Vestfossen.

### 1.3 Eksisterende flomvurderinger

#### Flomberegning dam Vestfossen

Norconsult utarbeidet en flomberegning for dam Vestfossen i 2013 som ble godkjent av NVE i vedtak datert 13.03.2013. Beregningen fastsatte flomverdier for 500- og 1000-årsflom og ble basert på frekvensanalyse fra nærliggende målestasjoner. Flomverdier fra beregningen er oppsummert i Tabell 1.

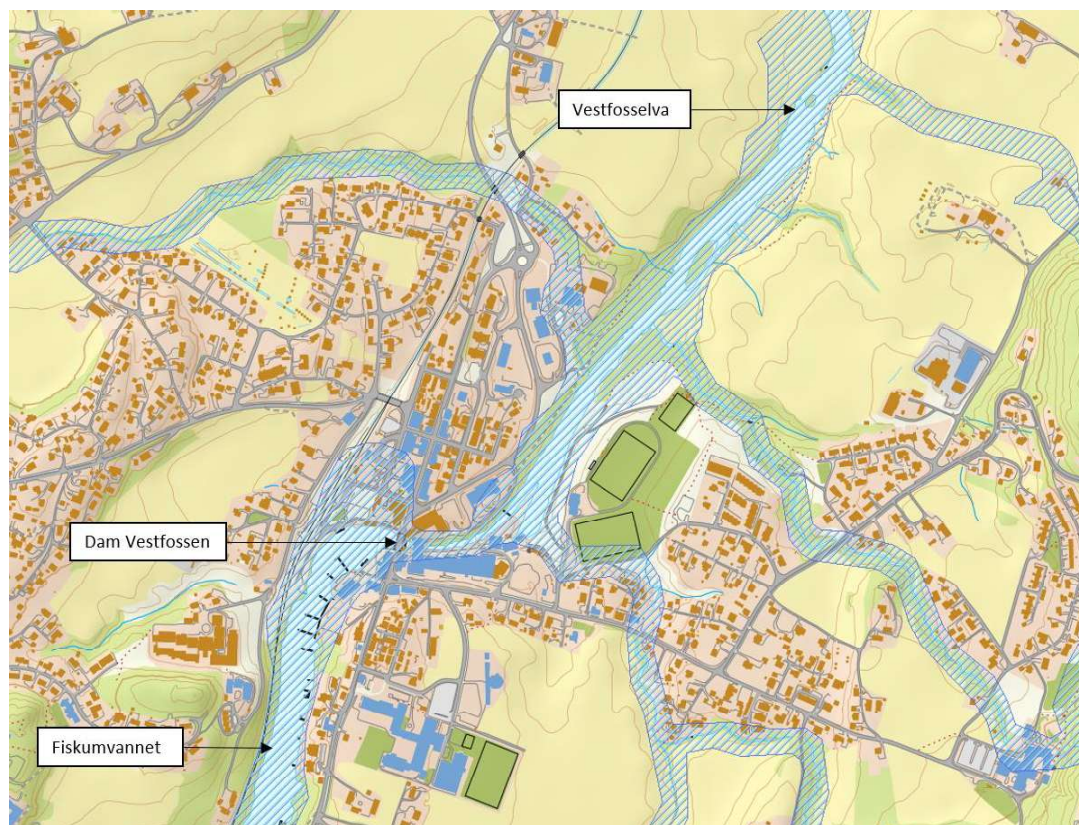
Tabell 1 Resultater fra eksisterende flomberegning (2013). Høydesystem er ukjent, men forholder seg til HRV=19,0 moh.

Gjentaksintervall	Tilsg (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (moh.)	Vannstand over HRV (m)	Vannstand over dam (m)
500 år	423	104	20,48	1,48	-0,22
1000 år	457	112	20,62	1,62	-0,08

#### NVEs aktsomhetssone for flom

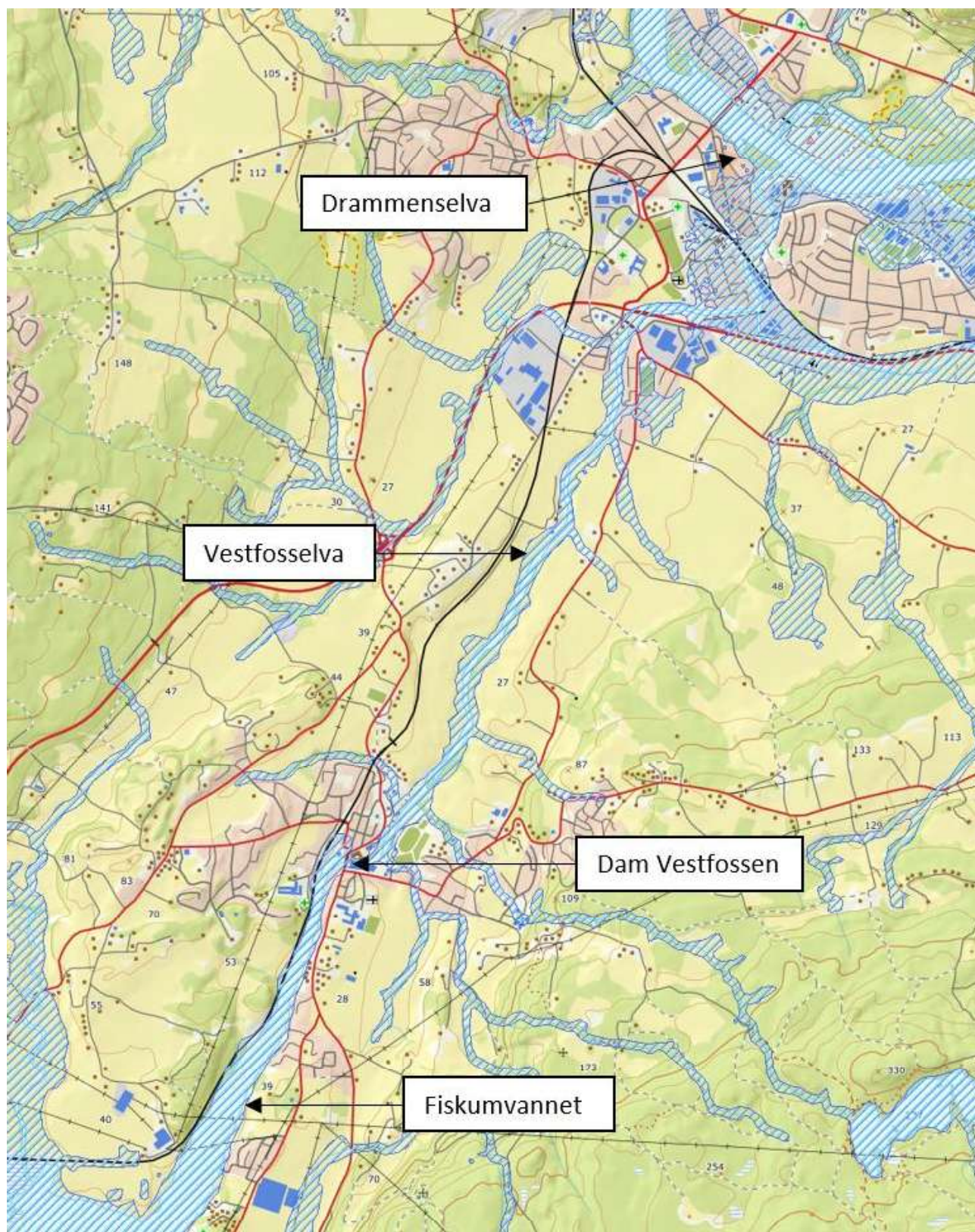
NVEs aktsomhetssonekart for flom viser hvilke arealer som er flomutsatt på et oversiktsnivå. Kartet er basert på en landsdekkende høydemodell med 10x10 meter oppløsning. Detaljeringsgraden til kartet er grov og fungerer best i tidligfase for å vurdere hvilke områder som potensielt kan bli berørt av flom. Fordi metodikken er forenklet bør ikke kartet brukes ukritisk for å vurdere flomfare. Erfaring tilsier at kartet ofte markerer et større område enn hva som er flomutsatt.

Kart som viser NVEs aktsomhetssone for flom, er vist i Figur 2 og Figur 3. Kartene indikerer at områdene som ligger tettest på vassdraget kan være flomutsatt og hvis områdene innenfor sonen skal utnyttes til byggeformål eller endret bruk, er det nødvendig å avklare flomfaren ytterligere. Det gjøres som en del av dette arbeidet.



Figur 2 NVEs aktsomhetssone ved Vestfossen.





Figur 3 NVEs aktsomhetssone fra Vestfossen til Drammenselva.

## 1.4 Kart- og datagrunnlag

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000 hvis ikke annet er spesifisert. Utgangspunktet for vannlinjemodellen er laserdata over området lastet ned fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.

Eksisterende tegninger, vannstandsmålinger og reguleringsgrenser er oppgitt i høydesystemet NGO. For å kontrollere avviket mellom NGO og NN2000 er det blitt utført kontrollmålinger med GPS ved dam Vestfossen og av vannstanden i magasinet. Utførte oppmålinger tilsier at det er et avvik på ca. 12 cm mellom høydesystemene. NN2000 ligger høyest. Basert på fastmerker fra området ligger NN2000 11 cm høyere enn NN1954. Det betyr at avviket mellom NGO og NN1954 er på 1 cm.



## 2 Flomberegning

### 2.1 Beregningsmetodikk

For å fastsette flomvannføring og flomvannstand ved Vestfossen og i Vestfosselva er det gjennomført en flomberegning. Denne flomberegningen er delt opp i følgende steg, hvor endelig flomverdi og valg av flomforløp er gjort med utgangspunkt i vannføringsmålinger fra utvalgte målestasjoner:

- 1) Fastsettelse av flomtilsig og flomforløp til Fiskumvannet / Eikeren
- 2) Flomruting gjennom Fiskumvannet / Eikeren for fastsettelse av flomvannstand og avløpsflom
- 3) Fastsettelse av flomvannføring i Vestfosselva
- 4) Fastsettelse av flomvannføring i utvalgte sidebekker (se Bilag 3)

### 2.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Denne flomberegningen fastsetter flomtilsig, vannstand og flomavløp ved dam Vestfossen samt flomvannføring for elvestrekningen mellom Vestfossen og Drammenselva.

Nedbørfeltet til dam Vestfossen har en størrelse på 526 km<sup>2</sup> og dette feltet øker til 562 km<sup>2</sup> ved utløpet i Drammenselva. Feltstørrelsene er fastsatt ved bruk av web-applikasjonen Scalgo Live og nedbørfeltene er vist på kart i Figur 4.

Fiskumvannet og Eikeren er to sammenhengende magasin i nedbørfeltet og har felles vannspeil. Samlet har magasinene et areal på 31,28 km<sup>2</sup> og utgjør en betydelig del av nedbørfeltstørrelsen til Vestfossen. I tillegg til Fiskumvannet/Eikeren er magasinene Bergsvatn, Øksnevatn og Hajern regulerte. Disse magasinene har et samlet areal på 7,69 km<sup>2</sup> og drenerer til Eikeren. Hvis Fiskumvannet og Eikeren ekskluderes fra nedbørfeltet til dam Vestfossen, endres den effektive sjøprosenten til 0,41. Nøkkeldata for nedbørfelt og magasiner er presentert i hhv. Tabell 2 og Tabell 3.

Tabell 2 Feltparametere for nedbørfelt i Vestfossenvassdraget.

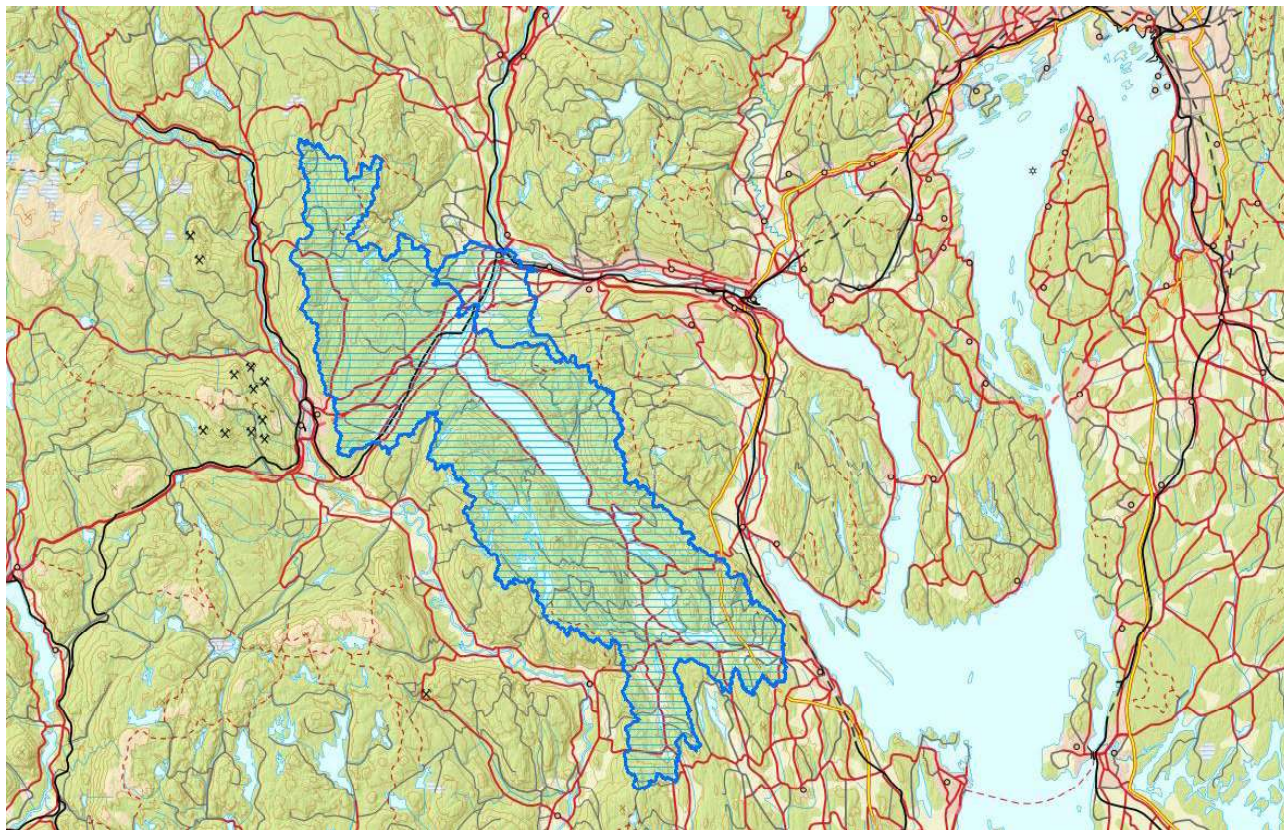
Nedbørfelt	Areal (km <sup>2</sup> )	Eff. sjø % (%)	Medianhøyde (moh.)	Qn <sup>1</sup> (l/s/km <sup>2</sup> )	Qn <sup>2</sup> (l/s/km <sup>2</sup> )
Dam Vestfossen	526	4,86	221	19,0	19,45
Vestfosselva ved Drammenselva	562	4,35	214	18,7	18,83

Tabell 3 Oversikt over magasin størrelser.

Magasin	Magasinareal (km <sup>2</sup> )	Nedbørfelt lokalt (km <sup>2</sup> )	Nedbørfelt tot. (km <sup>2</sup> )	Qn 91-20 (l/s/km <sup>2</sup> )
Fiskumvannet	3,57	161,2	524	16,80
Eikeren	27,71	331,3	359	20,64
Sum / Gjennomsnitt	31,28	494,7	524	18,72

<sup>1</sup> Spesifikk middelvannføring (61-90) beregnet med NVEs webapplikasjon Nevina.

<sup>2</sup> Spesifikk middelvannføring (91-20) beregnet med verdier fra NVE Atlas.



Figur 4 Kart med markering av nedbørfelt.



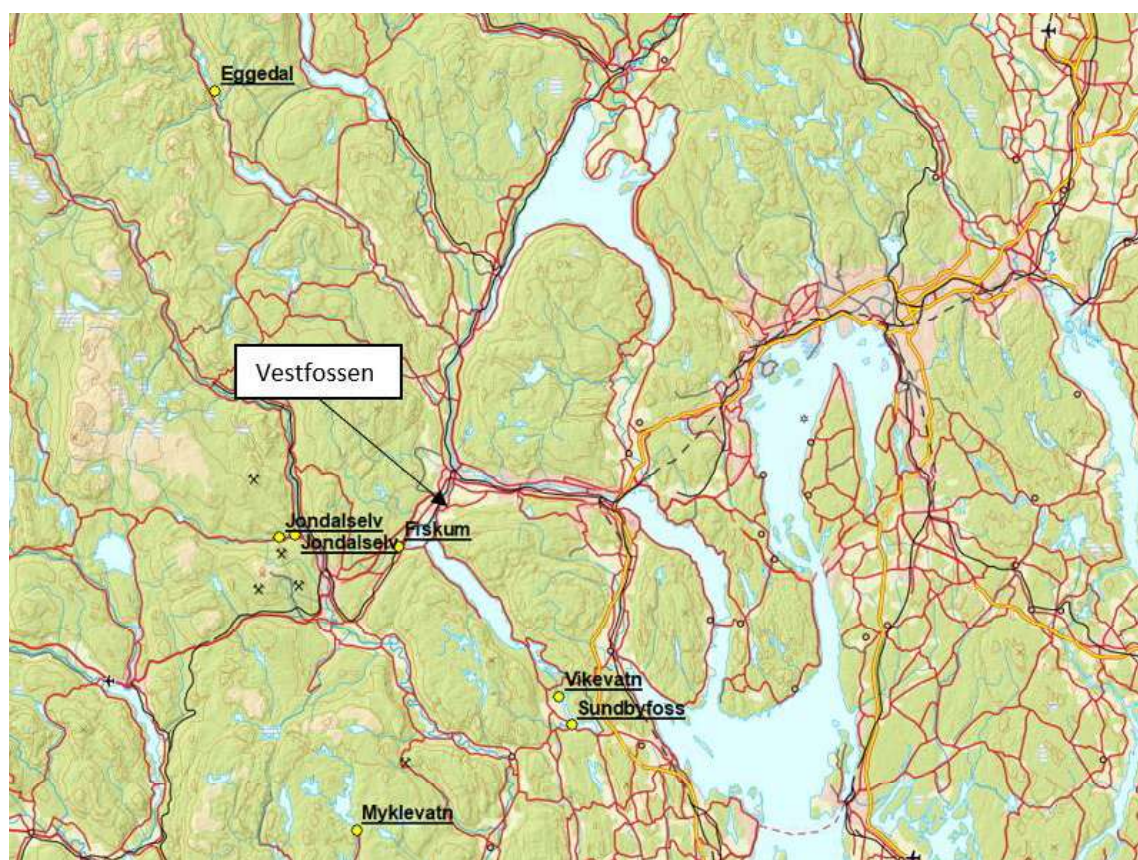
## 2.3 Målestasjoner for vannføring

Utvalgte målestasjoner for vannføring er benyttet for å fastsette flomvannføring ved Vestfossen og i Vestfosselva. Stasjonene betraktes som representative og er valgt på bakgrunn av geografisk plassering og feltparametere. Relevante feltparametere for målestasjonene er presentert i Tabell 4, mens et oversiktskart som viser plassering er vist i Figur 5. Målestasjonene har mindre nedbørfeltareal enn dam Vestfossen, noe som ofte tilsier at den spesifikke flomvannføringen er større.

Vannmerkene «12.193 Fiskum» og «12.192 Sundbyfoss» ligger i nedbørfeltet til Vestfossen og registrerte vannføringer ved disse to stasjonene betraktes som spesielt representative. Kvaliteten på måleseriene er av NVE betraktet som «meget bra» og «bra».

Tabell 4 Representative målestasjoner med nedbørfeltparametere.

Nr.	Navn	Periode	År	Areal (km <sup>2</sup> )	Medianhøyde (moh.)	Eff. sjø-% (%)	Årsavløp (l/s/km <sup>2</sup> )
12.193	Fiskum	1977-2022	46	52	277	0.11	16
12.192	Sundbyfoss	1977-2022	46	75	194	0.42	22
12.106	Vikevatn	1919-1974	27	133	574	0.25	24
15.20	Jondalselv	1920-1993	74	155	555	0.17	22
15.21	Jondalselv	1994-2022	29	127	574	0.25	25
15.41	Myklevatn	1943-2002	60	85	540	7.62	28
12.178	Eggedal	1972-2022	51	311	847	0.59	22
<b>Dam Vestfossen</b>				<b>562</b>	<b>214</b>	<b>4.86</b>	<b>19</b>



Figur 5 Kart med markering av målestasjoner benyttet i flomberegningen.



## 2.4 Frekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerkene listet opp i Tabell 4. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremveridianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbelfordeling og GEV-fordeling. Tabell 5 viser spesifikk døgnvannføring for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 500-årsflom. Tabell 6 viser forholdstall mellom de ulike gjentakintervallene med utgangspunkt i 200-årsflom.

Tabell 5 Frekvensanalyse utført på døgnvannføring.

Nr.	Navn	Antall år	Areal (km <sup>2</sup> )	Q <sub>m</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>20</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>200</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>500</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Fordeling
12.193	Fiskum	46	52	212	399	646	766	GEV/Gumbel
12.192	Sundbyfoss	46	75	259	432	601	667	Gumbel
12.106	Vikevatn	27	133	161	272	379	422	Gumbel
15.20	Jondalselv	74	155	242	410	574	639	Gumbel
15.21	Jondalselv	29	127	286	479	667	741	Gumbel
15.41	Myklevatn	60	85	177	433	682	780	Gumbel
12.178	Eggedal	51	311	266	466	661	738	Gumbel
<b>Gjennomsnitt</b>		<b>48</b>	<b>133</b>	<b>229</b>	<b>413</b>	<b>549</b>	<b>679</b>	-

Tabell 6 Forholdstall mellom ulike gjentakintervall vurdert med frekvensanalyse.

Nr.	Navn	Q <sub>200</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>m</sub> /Q <sub>200</sub>	Q <sub>20</sub> /Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub> /Q <sub>200</sub>
12.193	Fiskum	646	0,33	0,62	1,19
12.192	Sundbyfoss	601	0,43	0,72	1,11
12.106	Vikevatn	379	0,42	0,72	1,11
15.20	Jondalselv	574	0,42	0,71	1,11
15.21	Jondalselv	667	0,43	0,72	1,11
15.41	Myklevatn	682	0,26	0,64	1,14
12.178	Eggedal	661	0,40	0,71	1,12
<b>Gjennomsnitt</b>		<b>549</b>	<b>0,39</b>	<b>0,69</b>	<b>1,13</b>

## 2.5 Vurdering av kulminasjonsfaktor

Flomstørrelsene beregnet i avsnittene over gjelder for gjennomsnittlig vannføring over ett døgn. Maksimal flomstørrelse vil imidlertid alltid være større enn døgnmiddelverdien. Fortrinnsvis fastsettes forholdet mellom maksimal flomstørrelse og døgnmiddelflom ved å analysere de største flomhendelsene som har forekommet i vassdraget. Alternativt kan NVEs formelverk for beregning av kulminasjonsfaktor benyttes. NVEs formelverk skiller mellom høst- og vårflokker. Hvis ligningen tilpasset for høstflokker benyttes på nedbørfeltet som drenerer til Fiskumvannet og Eikeren gir det et forholdstall på 1,33. Beregningene viser imidlertid at på grunn av den store dempingen er beregningene lite sensitive for valgt kulminasjonsfaktor.

## 2.6 Vurdering av klimapåslag

Klimaframskrivinger for Norge tilsier en generell økning i fremtidig temperatur og nedbør, som videre vil føre til større flommer. Det gjelder også for Buskerud hvor det anbefales 20% påslag i vannføring for nedbørfelt hvor regnflommer dominerer. For fastsettelse av flomtilsig til Fiskumvannet og Eikeren er NVEs anbefaling lagt til grunn og flomvannføringen er ilagt et påslag på 20% på hele flomforløpet.

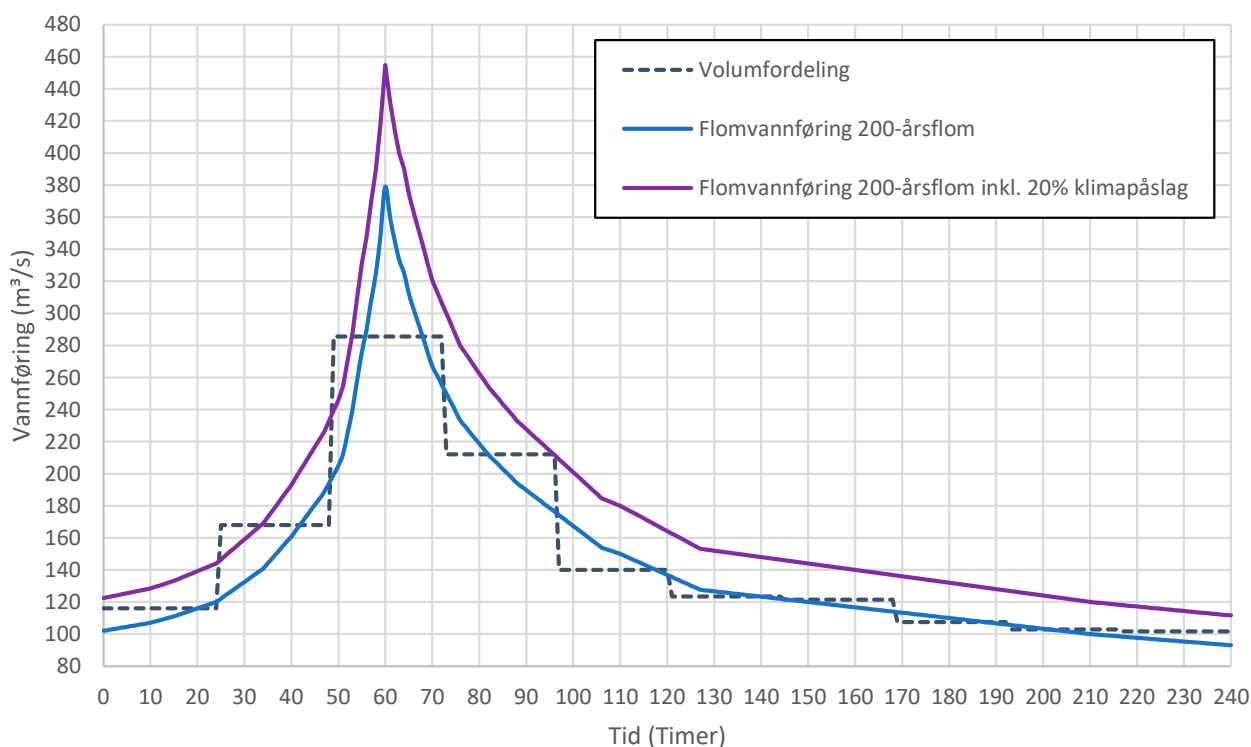
## 2.7 Valg av flomtilsig og flomforløp til Eikeren/Fiskumvannet

Flomtilsig til Eikeren og Fiskumvannet er fastsatt ved å kombinere døgndata fra de lokale målestasjonene «12.193 Fiskum» og «12.192 Sundbyfoss». For å ta hensyn til ulikheter i nedbørfeltet er målestasjonene skalert med hensyn på areal og middeltilsig. Det er valgt en tilnærming hvor målte vannføringer ved Sundbyfoss er vurdert representative for nedbørfeltet til Eikeren, mens målte vannføringer ved Fiskum er vurdert representative for nedbørfeltet til Fiskumvannet. Ut fra dette er de uregulerte vannføringsseriene skalert til en samlet tilsigsserie til Eikeren/ Fiskumvannet.

Lengden på forløpet er satt til 10 døgn, hvor maksimalt tilsig forekommer etter 60 timer. Forløpet er så langt at flomvannstanden i Fiskumvannet/Eikeren kulminerer. Valgt flomtilsig er presentert i Tabell 7, mens flomforløpet er vist grafisk i Figur 6.

Tabell 7 Valgt flomtilsig til Fiskumvannet og Eikeren.

Gjentaksintervall	Døgntilsig (m <sup>3</sup> /s)	Døgntilsig (l/s/km <sup>2</sup> )	Kulminasjonstilsig (m <sup>3</sup> /s)
200-årsflom	285	542	379
200-årsflom inkl. klimapåslag	342	650	455



Figur 6 Flomtilsig til Fiskumvannet/Eikeren ved 200-årsflom.

### 3 Dam Vestfossen

#### 3.1 Beskrivelse av dam Vestfossen

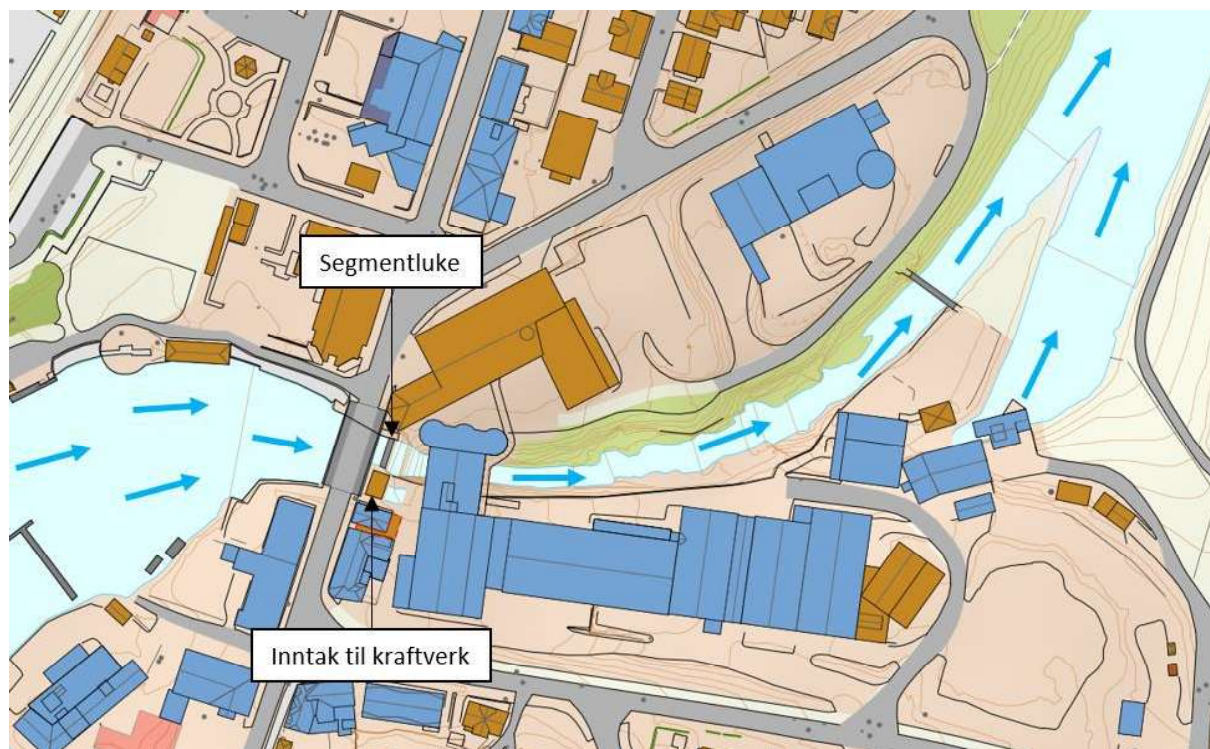
Dam Vestfossen (dam id: 2939) er en betongkonstruksjon bestående av et inntak, en flomluke og ledemurer/vederlag mellom damdelene. Konstruksjonen eies og driftes av Eiker Energi. Flomavledning skjer via en segmentluke med tosidig hydraulisk opptrekk, bredde på 9,3 meter og maksimal lysåpning på 4 meter. I tillegg til segmentluken er det en omløpsluke for slipp av minstevannføring. Kraftverket har en slukeevne på ca. 20 m<sup>3</sup>/s.

Tappestrategien til Eiker Energi tilsier at vannstanden i Fiskumvannet skal stabiliseres 15 cm under HRV i sommerhalvåret. Det gjøres for å bevare 15 cm til flomdemping i magasinet og gir en normalvannstand på 18,97 moh. I vinterhalvåret kan vannstanden senkes ned mot LRV.

Over damkonstruksjonen går brubanen til Storgata, som er en veg med årsdøgntrafikk på 3700. Det betyr at vegen er mye trafikkert. Brua er understøttet av en pilar som ligger oppstrøms flomluka. Kart og bilder av dammen er vist i Figur 7 og Figur 8.

Tabell 8 Reguleringsgrenser ved dam. Nivåene på topp og underkant vegbane betraktes som noe upresise.

Reguleringsgrenser	Nivå (NGO)	Nivå (NN2000)
HRV	19,0 moh.	19,12
LRV	17,5 moh.	17,62
Normalvannstand	18,85 moh.	18,97
Topp vegbane	Ca. 22,0-23,5 moh.	Ca. 22,12-23,62 moh.
Underkant vegbane	Ca. 21,25-22,75 moh.	Ca. 21,37-22,87 moh.



Figur 7 Oversiktskart dam Vestfossen.





Figur 8 Dam Vestfossen sett fra nedstrøms side med lukket segmentluke.

### 3.2 Avløpskapasitet ved dam Vestfossen

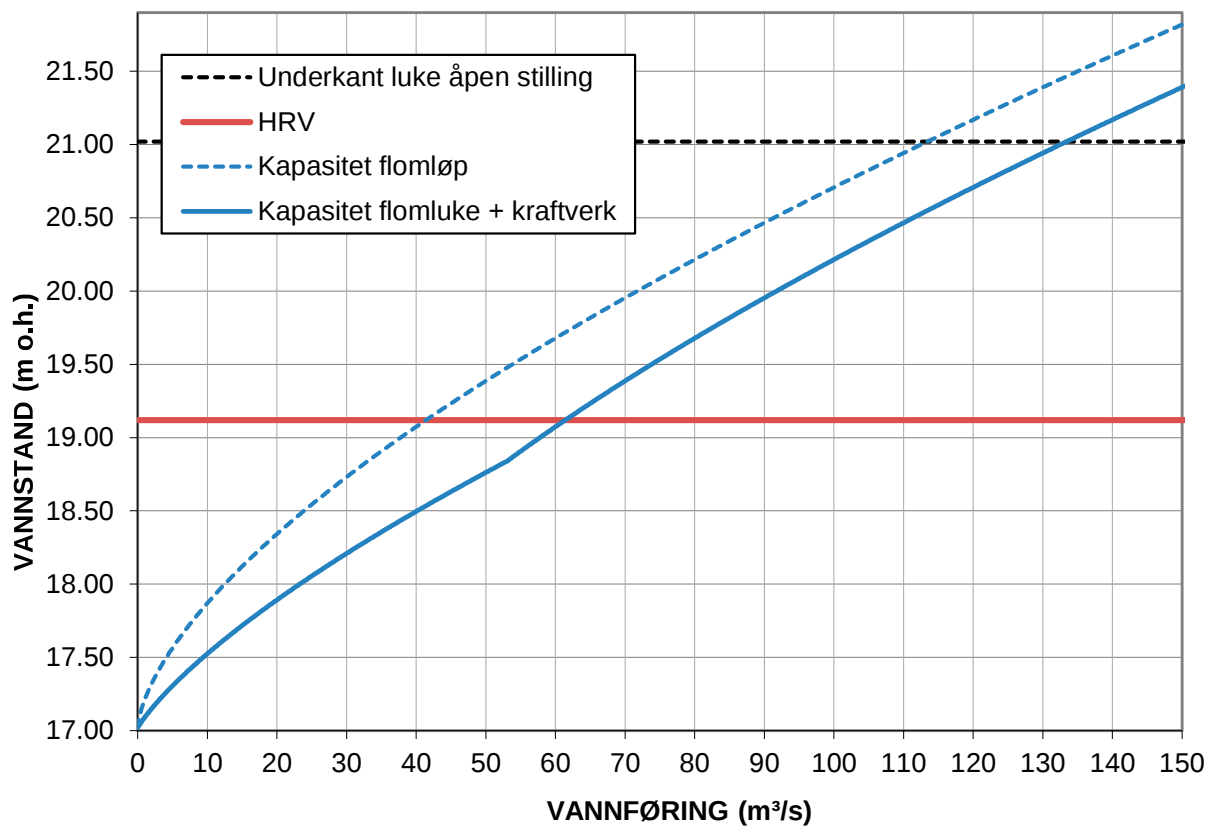
Avløpskapasitet ved dam Vestfossen er fastsatt ved bruk av overløpsligningen til NVE hentet fra retningslinjer for flomløp. Kapasitetskurven til dammen er vist i Figur 9, mens inputverdier er oppsummert i Tabell 9. Beregnede flomvannstander i denne vurderingen kommer ikke på nivå med underkant luke i åpen stilling eller brobaner, og vi har derfor ikke estimert oppstuvingsnivå.

Denne flomvurderingen legger regulerte flommer til grunn og tar derfor utgangspunkt i at kraftverket kjører for full kapasitet (20 m<sup>3</sup>/s) også under en flomhendelse. Metodikken skiller seg fra flomberegninger for damanlegg hvor det er en forutsetning at kraftverk står ved beregning av dimensjonerende flom. Kapasiteten til omløpsluken, som har ukjent tilstand, er ikke medregnet.

Mellom Fiskumvannet og dam Vestfossen er det en kanal som blir smalere inn mot damkonstruksjonen. Det forventes et falltap på strekningen som gjør at vannstanden i Fiskumvannet/Eikeren blir høyere enn hva vannstanden er ved dammen.

Tabell 9 Inputverdier for beregning av flomløpskapasitet fra dam Vestfossen.

Damdel	Dimensjon
Luketerskel	17,02 moh.
Topp luke lukket stilling /HRV	19,12 moh.
Underkant luke åpen stilling	21,02 moh.
Betongdekke over luke	20.75 moh.
Lukebredde	9,3 meter
Lysåpning	4,0 meter
Overgang mellom frispeilstrømning og trykkstrømning	23,02 moh.
Slukeevne kraftverk	20 m <sup>3</sup> /s



Figur 9 Kapasitetskurve for dam Vestfossen. Det er forutsatt at kraftverket bidrar fullt fra normalvannstand og at bidraget er 0 når vannivået er 17,0 moh.

## 4 Hydraulisk vannlinjemodell

### 4.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstand og vannhastighet i Fiskumvannet og i Vestfosselva er beregnet ved bruk av to 2-dimensjonale vannlinjemodeller i dataprogrammet HEC-RAS. Modellene er satt opp for følgende strekninger:

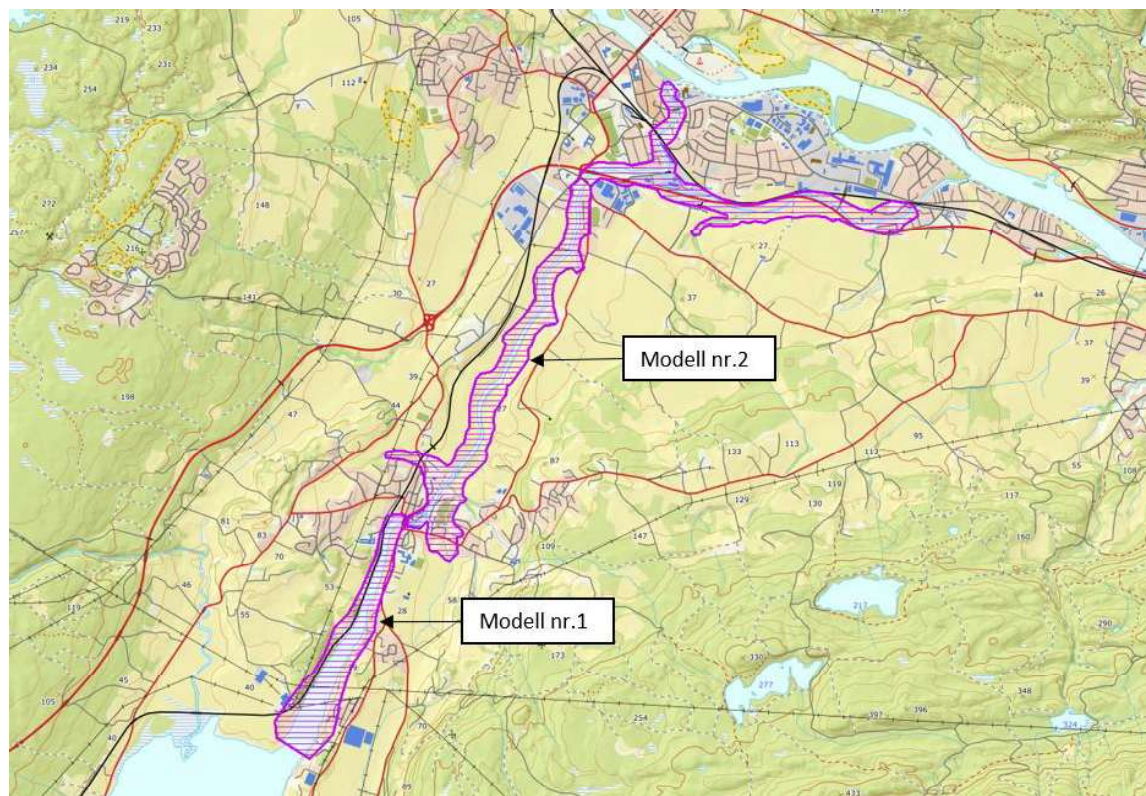
- Modell 1: Utløpet av Fiskumvannet → dam Vestfossen
- Modell 2: Dam Vestfossen → Drammenselva

Grunnlaget for modellene er laserdata over området fra 2022 som har en punkttetthet på 5 pkt. per kvadratmeter. Oppmålingen er tradisjonell lasermåling gjort fra fly og dataene er lastet ned fra «hoydedata.no». Alle høydene refererer til høydedatum NN2000.

Tradisjonell oppmåling fra fly registrerer ikke elvebunnen når vanddybden er stor. For å ta hensyn til dette er elvebunnen i terrenggrunnlaget korrigert. Det eksisterer ikke dybdemålinger og tilpasninger er gjort skjønsmessig basert på tilgjengelig grunnlag. Dette grunnlaget er dam- og brutegninger, i tillegg til observasjoner gjort på befaring. Det gir ikke et komplett bilde av dybdeforholdene, men vurderes å gi et tilstrekkelig grunnlag for å gjengi flomforholdene i vassdraget.

Vannstand og vannføring i HEC-RAS-modellene beregnes mellom celler i et beregningsnett. Cellestørrelsen i modellene varierer, men i elveløpet er den satt til 5x5 meter. Markante formasjoner i terrenget, slik som terrenghøyder og veger er tilpasset gjennom bruk av «break lines». Det samme gjelder i elveløpet. Dette er gjort for å orientere cellene riktig i forhold til vannføringen i elva.

Modellene er satt opp med ligningssettet «SWE-ELM» og krav om at Courant-tallet i beregningene ikke skal overstige 1,0. Oversiktskart med markering av de analyserte områdene er vist i Figur 10.



Figur 10 Markering strekninger som er modellert i HEC-RAS.



## 4.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold

### Grensebetingelser

Vannlinjemodellene skal simulere dimensjonerende flom ved Vestfossen. For dam Vestfossen er det 200-årsflom inkl. klimapåslag. For Vestfosselva er forholdene mer kompliserte siden vannstanden også påvirkes av flom i Drammenselva. Av den grunn er to ulike situasjoner vurdert:

- Situasjon 1: 200-årsflom + klimapåslag i Vestfosselva og middelflomvannstand i Drammenselva
- Situasjon 2: Middelflom + klimapåslag i Vestfosselva og 200-årsvannstand + klimapåslag i Drammenselva.

Begge vannlinjemodellene er satt opp med en øvre og en nedre grensebetingelse, hvor oppstrøms grensebetingelse er beregnet avløpsflom fra flomberegningen (kapittel 2). Flomvannføringen er enten 200-årsflom inkl. klimapåslag eller middelflom inkl. klimapåslag. Flomforløpets varighet er lengre enn transporttiden på elvestrekningen og modellene er kjørt med konstant vannføring.

For modell nr.1 er avløpskurven til dam Vestfossen satt som nedre grensebetingelse, mens modellen som dekker Vestfosselva, har en fast vannstand i Drammenselva som nedre grensebetingelse. Dette vannstands nivået er enten middelflomvannstand eller 200-årsvannstand inkl. klimapåslag. Nivåene er hentet fra NVEs flomsonekart over Drammenselva som senest ble revidert i 2017. Det forventes at Vestfosselva kulminerer før Drammenselva og det er gjort en forutsetning om middelflomvannstand forekommer i Drammenselva samtidig med 200-årsflom i Vestfosselva og omvendt.

Tabell 10 Vannstander der Vestfosselva renner ut i Drammenselva hentet fra flomsonekartlegging fra NVE (Profil 84).

Gjentaksintervall	Vannstand (moh.)
Middelflom	2,92
20 år	4,17
200 år	5,48
200 år + klimapåslag	5,55

### Friksjonsforhold

Friksjonsforholdene i vassdraget er vurdert fra kartdata, flyfoto og på befaring. Elvebredden langs vassdraget er i hovedsak jordbruksområder med en smal stripe av vegetasjon mot elva. Det er også noe bebyggelse i form av bolighus og noen større næringsbygg. Bygninger er inkludert i modellen som terreng slik at vann ikke kan renne gjennom, men blir tvunget rundt.

Friksjonsfaktoren i modellen er basert på Manningstall ( $M=1/n$ ), og varierer fra  $n=0,02$  der det er veger til  $n=0,1$  i skogområdene. Manningstallet i elveløpet er satt til 0,035. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, mens valg av Manningstall er gjort med utgangspunkt i erfaringstall fra vassdragshåndboka til NVE. En oversikt over Manningstall benyttet i modellen er vist i Tabell 11.

Tabell 11 Oversikt over Mannings-tall benyttet i vannlinjemodellene.

Arealtype	Mannings-tall n
Bebyggd	0.035
Infrastruktur	0.020
Fastmark og jordbruksareal	0.060
Ferskvann	0.035
Skog	0.100

### 4.3 Infrastruktur, bebyggelse og andre forhold langs vassdraget

#### Bruer

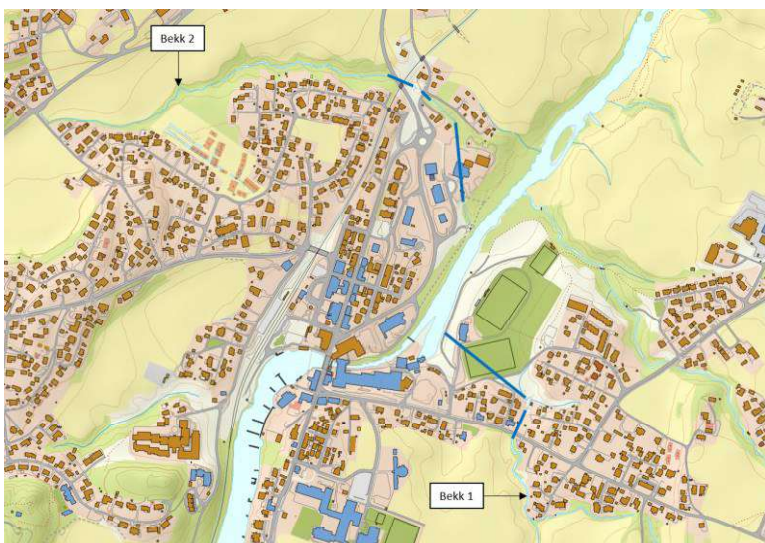
I tillegg til Dam Vestfossen, som er inkludert som en grensebetingelse, er det seks bruer som krysser vassdraget. Bruene er inkludert i modellene med brufundament, men uten toppdekket. Det er en forenkling som skyldes av flomvannstanden ikke kommer i kontakt med underkant brudekke. Valget skal derfor heller ikke påvirke resultatet i beregningen. Et oversiktskart som markerer bruene i vassdraget er vist i Figur 11, mens bilder av alle bruene ligger vedlagt i Bilag 2.



Figur 11 Kart med markering av bruer i vassdraget.

#### Sidebekker

Utført flomkartlegging fokuserer på Vestfosselva og Fiskumvannet. Flomvannføring i sidebekker er ikke vurdert, men det påpekes at skadeflom kan forekomme i disse uten at det kommer frem på vedlagte kart. Unntaket fra dette er to bekker som renner gjennom sentrumsområdet i Vestfossen. De to bekkene er vist i Figur 12 og inkluderer flere strekninger med kulverter. Flomberegning for bekkene samt informasjon om kulvertene er beskrevet i Bilag 3.



Figur 12 Kart som markerer inkluderte sidebekker.

## 5 Resultater

### 5.1 Flomberegning for Fiskumvannet / Eikeren

Det er satt opp en rutingsmodell for Eikeren/Fiskumvannet, hvor vannstand i magasinet avhenger av tilsig, avløp og magasinert vann. Volumkurven til magasinet er en kurve basert på areal ved HRV. Det er forutsatt konstant areal uavhengig av vannstand.

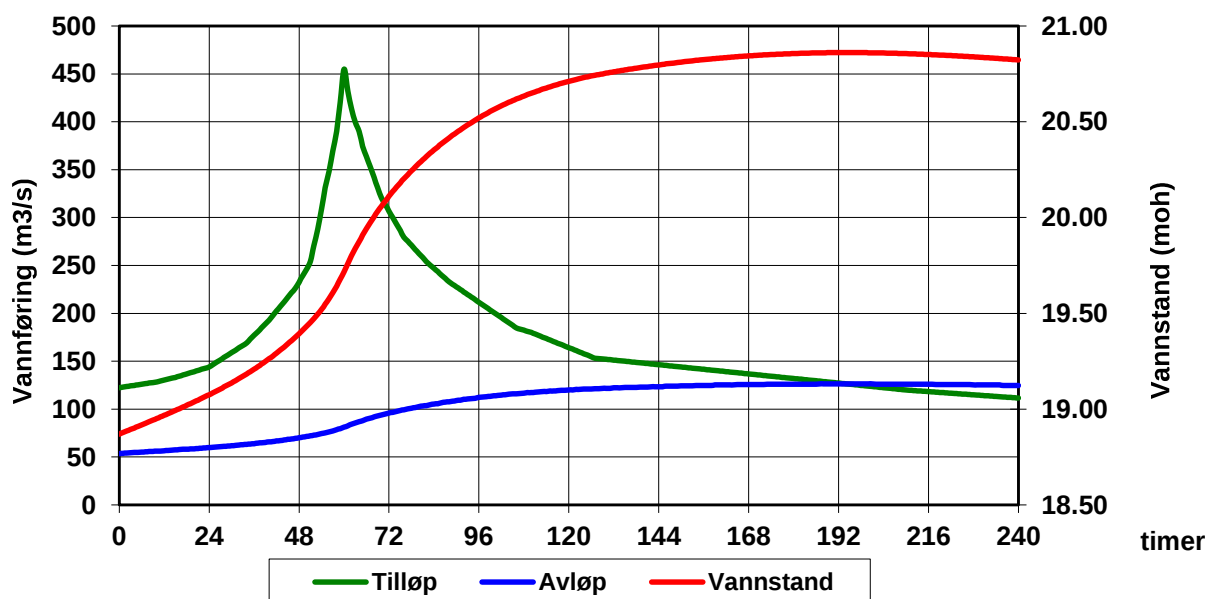
Tilsigsflommene er rutet gjennom magasinene for beregning av avløpsflom, hvor avløpsflommen styres av kapasitetskurven til dammen. Det forutsettes at flomluken avleder ved maksimal kapasitet og at kraftverket går med maksimal slukeevne på 20 m<sup>3</sup>/s under flom. Startvannstanden i beregningen er 18,97 (HRV-15 cm) som tilsvarer normalvannstanden i magasinet. Det forventes at regulanten klarer å opprettholde denne vannstanden i forkant av en flomhendelse. Tilløp, avløp og vannstand ved dam Vestfossen er presentert i Tabell 12, mens flomforløpet ved 200-årsflom inkl. klimapåslag er vist i Figur 13.

Vannstands nivået ved 200-årsflom inkl. klimapåslag (20,86 moh.) er lavere enn nivået til underkant luke i åpen stilling (21,02 moh.), og lavere enn underkant brudekke på oppstrøms side av dammen (ca. 21,25 moh.). Vannstanden gjør at de lavestliggende områdene langs Fiskumvannet oversvømmes. Det er et falltap mellom Fiskumvannet og dam Vestfossen slik at vannnivået i Fiskumvannet må forventes å være noe høyere enn ved dammen. Den hydrauliske vannlinjemodellen tilsier at denne differansen er ca. 15 cm ved 200-årsflom inkl. klimapåslag.

Flomhendelsen i november 2000 er den største som er registrert i vassdraget og i andre vassdrag ble hendelsen vurdert å være en 200-årsflom. Under hendelsen ble det målt inn en vannstand på 20,19 moh. ved dam Vestfossen og 20,49 moh. i Fiskumvannet. Vannføringen ved dam Vestfossen ble målt til ca. 90-100 m<sup>3</sup>/s. Det er verdier som virker fornuftige sammenlignet med resultatet i denne beregningen.

Tabell 12 Tilløp, avløp og vannstand ved dam Vestfossen.

Gjentaksintervall	Tilløp (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (moh.)	Vannstand over HRV (m)
200-årsflom	379	108	20,41	1,29
200-årsflom inkl. klimapåslag	455	127	20,86	1,74



Figur 13 Flomforløp ved 200-årsflom inkl. klimapåslag ved dam Vestfossen.



## 5.2 Flomberegning for Vestfosselva

Nedbørfeltet til Vestfosselva ved Drammenselva er 36 km (7%) større enn nedbørfeltet til dam Vestfossen, og det ekstra tilsiget til elva skjer fra flere mindre sidebekker. Fordi delfeltene ikke har noen magasiner er det forventet at flomforløpet skjer hurtigere enn for Fiskumvannet/Eikeren. Når maksimal avløpsflom inntreffer fra Fiskumvannet vil tilsiget til Vestfosselva være synkende og lavere enn maksimalverdiene.

Denne flomvurderingen forutsetter at dimensjonerende flom for Vestfosselva er maksimalt avløp fra Fiskumvannet og døgnmiddeltilsig til Vestfosselva fra det lokale nedbørfeltet til elva. Det spesifikke tilsiget til Vestfosselva er tilsvarende som for Fiskumvannet/Eikeren (650 l/s/km<sup>2</sup>). Totalt sett vurderes dette som konservative tilnærminger. Flomverdier for 200-årsflom inkl. klimapåslag i Vestfosselva er vist i Tabell 13.

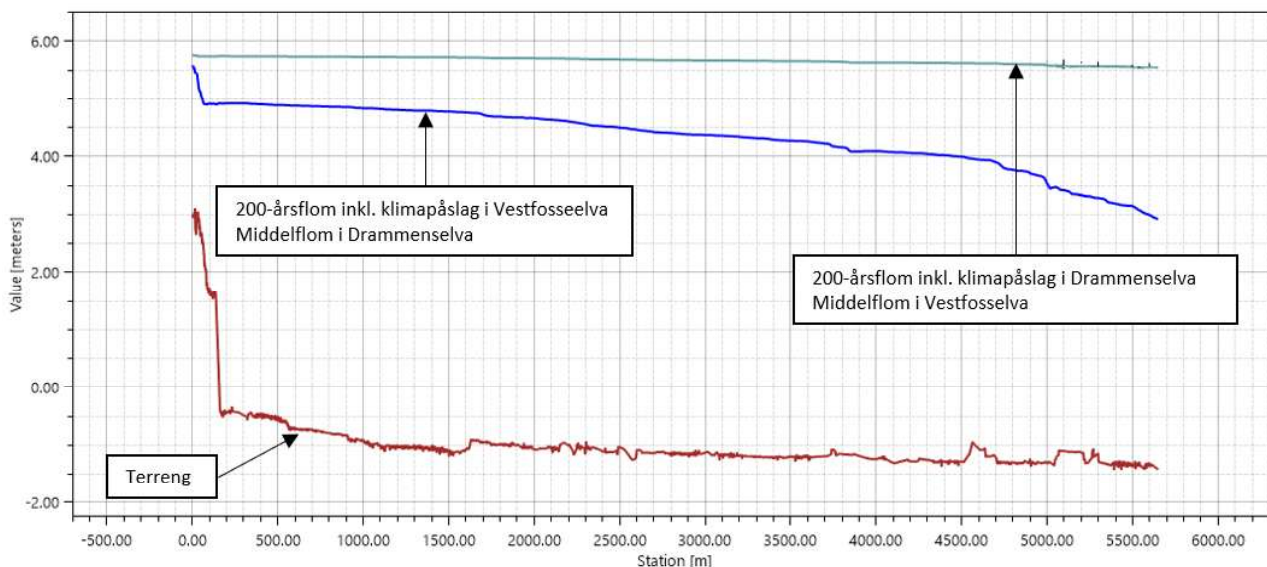
Tabell 13 Flomvannføring i Vestfosselva.

Sted	Gjentaksintervall	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)
Dam Vestfossen	200-årsflom inkl. klimapåslag	127
Vestfosselva ved Drammenselva		150

## 5.3 Flomkartlegging for Vestfossen og Vestfosselva

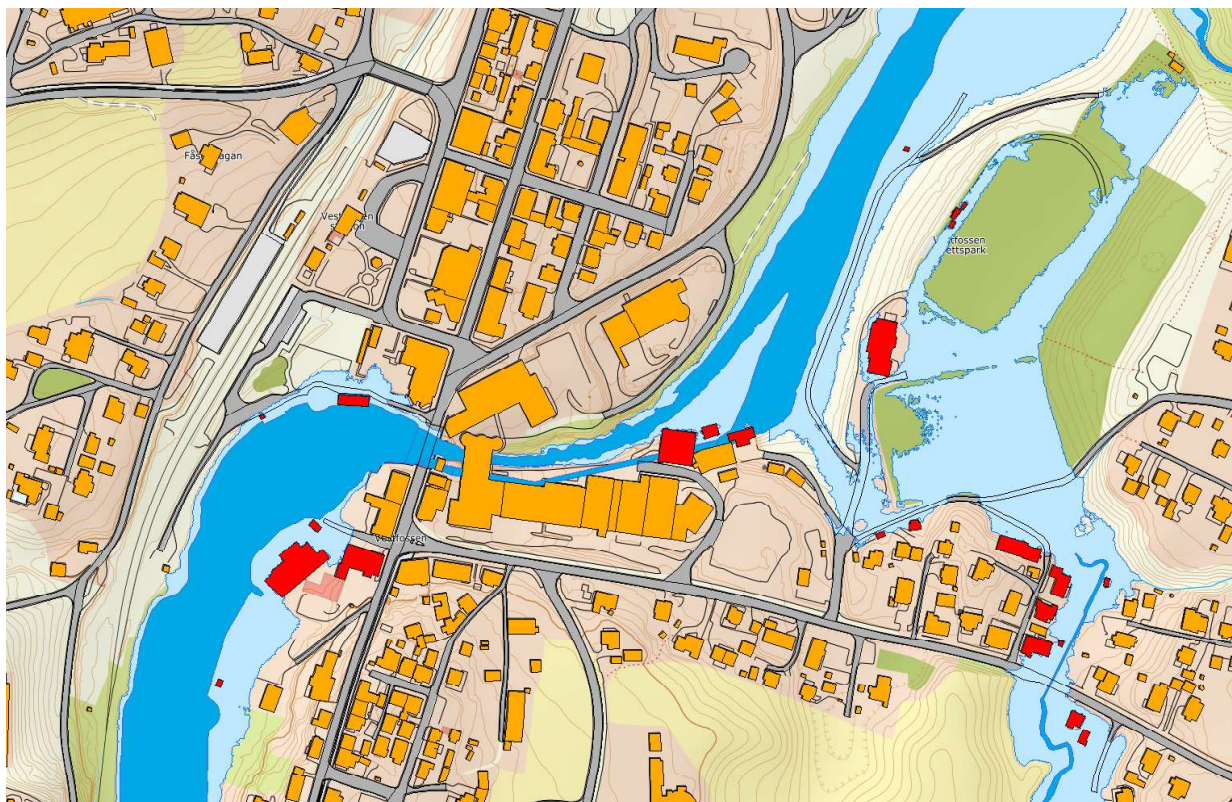
Resultater fra flomkartlegging for Vestfossen og Vestfosselva er presentert på flomkart som ligger vedlagt i Bilag 1. Flomkartene viser flomutbredelse og vannstands nivå for situasjonene som blir dimensjonerende for sikkerhetsklasse F2. Oppstrøms dam Vestfossen er det 200-årsflom i Fiskumvannet/Eikeren (Situasjon 1). Områdene langs Vestfosselva vil oppleve størst vannstand når Drammenselva kulminerer under en 200-årsflom inkl. klimapåslag (Situasjon 2). I en slik situasjon vil det oppstå en vannlinje med svak helning fra Vestfossen og ned til utløpet i Drammenselva. Dette er vist i Figur 14. Vedlagte kart markerer bygninger som blir berørt av flomsonen. Bygninger betraktes som berørte hvis de kommer i kontakt med flomsonen uavhengig av vanndybde.

Oppstrøms dam Vestfossen vil flomvannstanden berøre 3-4 større bygninger og oversvømme lavtliggende arealer tett på elven. De berørte områdene er vist i Figur 15. Langs Vestfosselven vil flomnivået berøre ett antall jordbruksbygninger som ligger tett på elven i tillegg til flere bolighus som ligger i Hokksund. Utsnitt fra flomkartet som viser berørte bygg i Hokksund er vist i Figur 16.

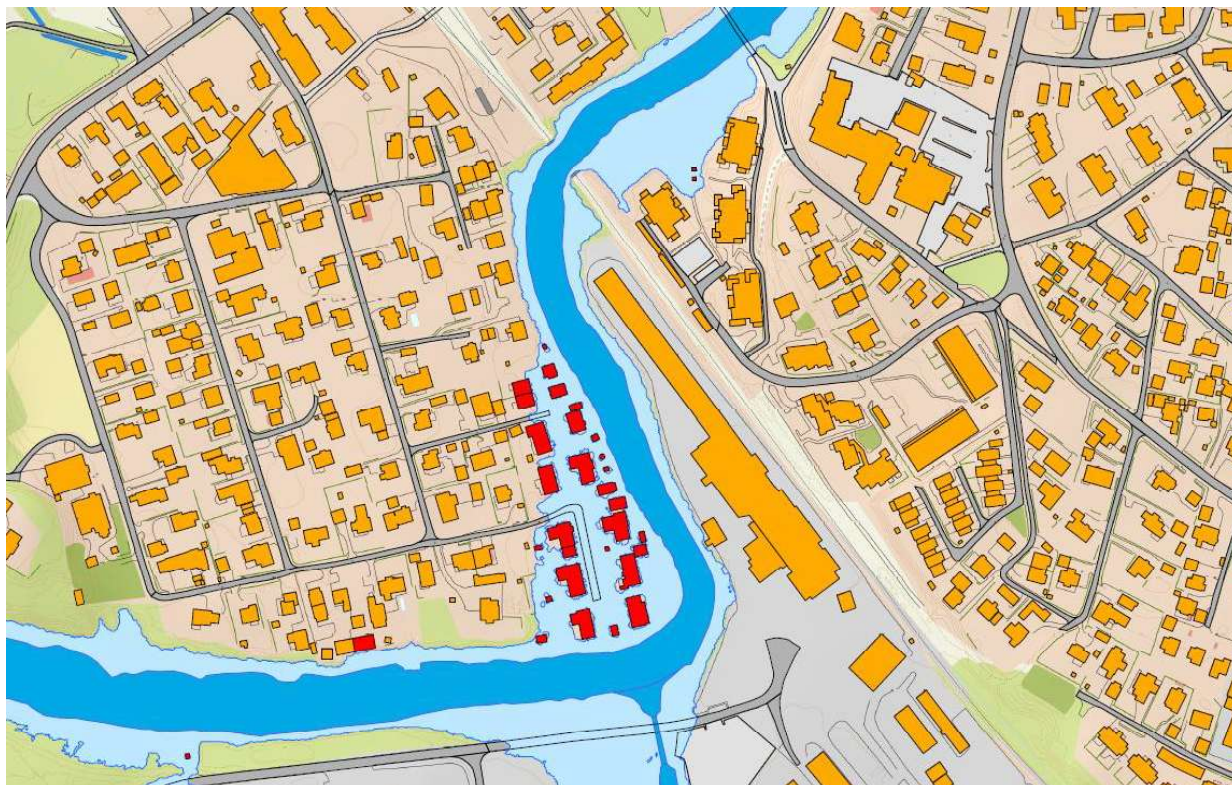


Figur 14 Vannlinje langs Vestfosselva fra dam Vestfossen til utløpet i Drammenselva.





Figur 15 Utsnitt av flomkart ved Vestfossen for sikkerhetsklasse F2.



Figur 16 Utsnitt av berørte boliger ved Hokksund for sikkerhetsklasse F2.



## 6 Konklusjon og vurdering av resultat

### 6.1 Vurdering av sikker byggehøyde

For alle byggesaker skal behovet for et vertikalt sikkerhetspåslag på beregnede flomnivåer vurderes. Det gjøres for å ta hensyn til usikkerheter i beregningene. Størrelsen på sikkerhetspåslaget fastsettes ved å øke vannføringen med prosentvise påslag [2] og avhenger av kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget og hvor bra kalibreringsdataene er. Forhold som styrer det vertikale sikkerhetspåslag ved Vestfossen er oppsummert i Tabell 14 og tilsier at vannføringen bør økes med 10% for å ta hensyn til usikkerheten i modelleringen.

Langs Vestfosselva styres sikkerhetspåslaget av kvaliteten til flomkartleggingen som er gjort i Drammenselva. Den kartleggingen har både bra hydrologisk grunnlag og kalibreringsdata. Det gir 10 % påslag i vannføring og en sikkerhetsmargin på 0,15 meter, se Tabell 15.

Tabell 14 Forhold som styrer sikkerhetspåslag oppstrøms Vestfossen.

Hva	Klasse / faktor / nivå
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse B
Klassifisering av flomberegning	Klasse 1
Prosentvist påslag på flomberegning	10% økt vannføring
Beregnet vertikalt sikkerhetspåslag oppstrøms dam Vestfossen	0,23 meter
<b>Sikker byggehøyde ved Vestfossen for F2</b>	<b>21,24 moh.</b>

Tabell 15 Forhold som styrer sikkerhetspåslag i Vestfosselva.

Hva	Klasse / faktor / nivå
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse B
Klassifisering av flomberegning	Klasse 1
Prosentvist påslag på flomberegning	10% økt vannføring
Beregnet vertikalt sikkerhetspåslag langs Vestfosselva	0,15 meter
<b>Sikker byggehøyde langs Vestfosselva<sup>3</sup> for F2</b>	<b>5,7-6,0 moh.</b>

### 6.2 Vurdering av kvalitet

#### Kvalitet på hydrologisk grunnlag

Det hydrologiske grunnlaget i denne vurderingen er basert på måleserier fra flere vannmerker hvor to måleserier fra nedbørfeltet er vektlagt. Disse to seriene er vurdert å ha «Bra» og «Meget bra» kvalitet. Serielengden er 46 år ved begge målestasjonene og det er registrert store flommer tidligere. Totalt sett betraktes det hydrologiske grunnlaget som bra og det må inntreffe sjeldent store flomhendelser som endrer gjentaksintervallene for å påvirke resultatet i denne vurderingen. Beregningene vil være følsom for feilmålinger ved vektlagte serier, men effektene av feilmålinger reduseres siden volum over flere døgn er avgjørende for endelige flomnivåer.

Sammenlignet med flomberegningen fra 2013 har avløpsflommen fra dam Vestfossen økt. Beregnede gjentaksintervaller er ulike, men 200-årsflom i denne vurderingen er litt større enn 500-årsflom i eksisterende flomberegning. Typisk forskjell mellom 200-årsflom og 500-årsflom er i overkant av 10%. Flomendringen kan skyldes flere forhold hvor lengre måleserier, ulikt flomvolum og forskjellig bidrag fra kraftverket påvirker mest.

<sup>3</sup> Fra utløpet av Vestfossen kraftverk til utløpet i Drammenselva.



### **Kvalitet på kart og terrenggrunnlag**

Terrenggrunnlaget benyttet i modellen er basert på en laserkartlegging fra 2022. Kvaliteten på grunnlaget er bra over vannflaten og der vanndybden var liten på oppmålingstidspunktet. Der vanndybden har vært større er usikkerheten og nøyaktigheten til kartgrunnlaget upresist. Utførte korrigeringer er gjort skjønsmessig og blir bare estimater på de faktiske bunnforholdene. Bedre grunnlag vil kunne påvirke beregningene, men fordi vannstanden i beregningen enten styres av kapasitetskurven til dam Vestfossen og vannstanden i Drammenselva får dette mindre betydning.

Det poengteres at grunnlaget representerer oppmålingstidspunktet og at endringer som påvirker resultatet kan forekomme i fremtiden eller under en flomhendelse. Modelleringen i HEC-RAS klarer ikke å ta hensyn til, eller forespeile terrengendringer som inntreffer som følge av erosjon, tilstopping eller masseforflytning under flom. Norconsult er ikke kjent med endringer i vassdraget siden oppmålingene ble utført.

### **Beregningskvalitet**

Det eksisterer vannstandsmålinger fra Fiskumvannet på stor vannføring som tilsier at beregnede flomnivåer oppstrøms dam Vestfossen virker fornuftige. Nedstrøms dammen eksisterer det ikke kalibreringsdata og kvaliteten til vannlinjemodellen i Vestfosselva er derfor vanskelig å kontrollere. Presenterte resultater på denne strekningen er derfor utelukkende basert utførte simuleringer uten korrigering med erfaringsdata. Alle hydrauliske beregninger som ikke har kalibreringsdata, innehar usikkerhet.

Ved beregning av kapasitetskurven til dam Vestfossen er konvensjonelle beregningsmetoder basert på empirisk formelverk benyttet. Det gir en forenkling av situasjonen som ikke fanger opp alle forhold som kan påvirke avløpskapasiteten. Slike forhold kan være vannhastigheter inn mot flomlukene, skjevstrømning og usikkerhet knyttet til gammelt tegningsgrunnlag. Hvis kapasitetskurven skal beregnes presist i en fremtidig flomberegning bør 3D CFD benyttes.

Flomnivåene oppstrøms dam Vestfossen styres av flomluken til dammen og slukeevnen til kraftverket. Det gjør at en ulykkessituasjon med lukesvikt eller stans på kraftverket vil gi helt andre resultater enn det som er presentert i denne rapporten. Stans på kraftverket er forventet å heve vannstanden med ca. 0,5 meter. Lukesvikt vil føre til helt andre konsekvenser og føre til flom gjennom deler av sentrumsområdet. Den situasjonen er ikke utredet ytterligere i denne vurderingen.

## 7 Bilag og referanser

### 7.1 Bilag

1. Flomsonekart
2. Infrastruktur i vassdraget
3. Flomberegning for utvalgte sidebekker

### 7.2 Referanser

#### Litteratur:

1. NVE (2017). Flomsonekart – Delprosjekt Drammenselva. Rapport nr. 3 2017.
2. NVE (2022). Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. Nr. 3/2002

#### Bilder:

1. Forsidebilde: Eikerposten 2021  
Lastet ned fra: <https://www.eikerposten.no/deler-av-vestfossen-er-klassifisert-med-hoveste-risiko-for-kvikkleireskred/>