

JUNI 2024  
RINGERIKE KOMMUNE

# TEMARAPPORT FLOM

VEDLEGG TIL DETALJREGULERINGSPLAN FOR VESTERTUNET



*Norge i bilder - Flommen «HANS» (11.08.2023)*

JUNI 2024  
RINGERIKE KOMMUNE

# TEMARAPPORT FLOM

VEDLEGG TIL DETALJREGULERINGSPLAN FOR VESTERNTUNET

ADRESSE COWI AS  
Hvervenmoveien 45  
3511 Hønefoss  
TLF +47 02694  
WWW cowi.no

OPPDAGSNR.

A253626

DOKUMENTNR.

RAP-HYD-001

VERSJON

01

UTGIVELSESDATO

05.06.2024

BESKRIVELSE

Flomberegning

UTARBEIDET

Vilde Hvidsten

KONTROLLERT

Stefan Perzyna

GODKJENT

Ståle Hansteen

# INNHOOLD

1	Innledning	4
2	Feltbeskrivelse	5
3	Krav til flomberegninger	7
3.1	Krav til dimensjonerende flom	7
4	Flomberegninger	9
4.1	Metode	9
4.2	Datagrunnlag for flomberegninger og frekvensanalyse	9
4.3	Observerte flommer	11
4.4	Flomfrekvensanalyse	13
4.5	Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer	18
4.6	Dimensjonerende flom	18
5	Hydraulisk modellering	20
5.1	Modellverktøy	20
5.2	Kalibrering av modellen mot flommen Hans 11.08.2023.	22
5.3	Usikkerhet ved beregninger	25
6	Resultater	27
6.1	Hastigheter	30
7	Konklusjon	32
8	Kilder	33

# 1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med reguleringsplan for Vesterntunet. Planområdet ligger på Vesterntangen i Hønefoss. Hovedhensikten med planarbeidet er å legge til rette for etablering av Vesterntunet, et nytt og moderne omsorgssenter med 88 sykehjemsplasser, serviceområde, storstue, nabolagskafé og aktivitetsrom. Dette innebærer riving av eksisterende bygg, Hønefoss sykehjem, som opprinnelig ble bygget i 1921 og ombygd og utvidet i 1991. Sykehjemmet var i bruk frem til 2021 men har siden stått tomt.

Planområdet omfatter eiendommene gnr./bnr. 316/40 og 316/38, Vesterngata 18, som byggeområde for nytt omsorgssenter. I tillegg omfatter planen Elvegata fra Vesterngata og frem til omsorgssenteret. Elvegata skal brukes som adkomst for varer og renovasjon til Vesterntunet. Deler av to eiendommer mellom omsorgssenteret og Vestvangveien inngår også i planområdet, for å legge til rette for å bygge en ny gangvei.

I denne rapporten er flomfare utredet. Arbeidet er basert på flomberegninger og hydrauliske beregninger av en 1000-årsflom med 10% sikkerhetspåslag i Randselva og Storelva. Rapporten redegjør for kunnskapsgrunnlag og gir en flomvannstand som brukes videre i arbeidet med plassering av Vesterntunet.

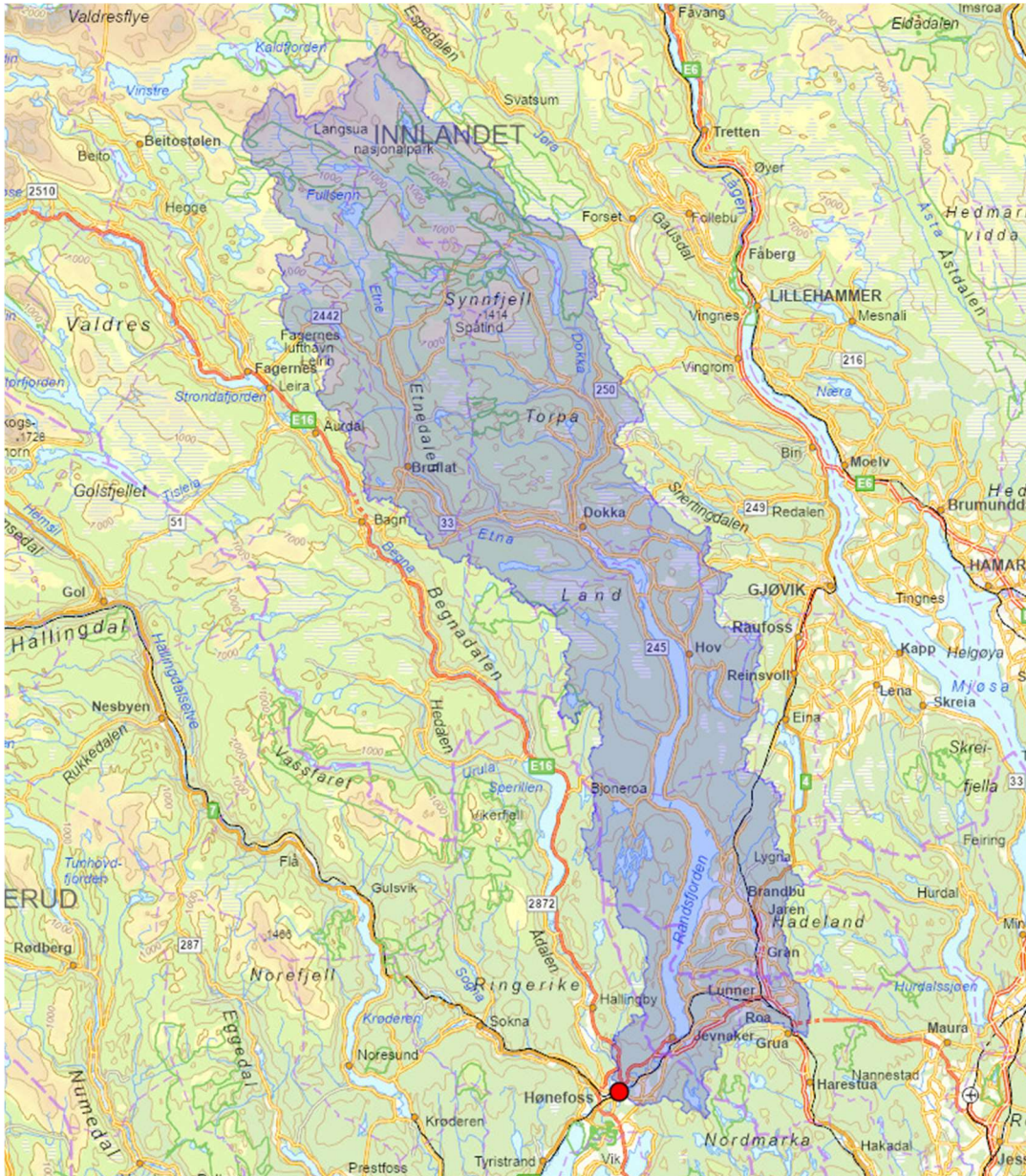
Ringerike kommune er forslagsstiller for reguleringsplanen. COWI, i samarbeid med Arkitema, er fagkyndig plankonsulent.

Rapporten er utarbeidet av COWI AS ved hydrolog Vilde Hvidsten.



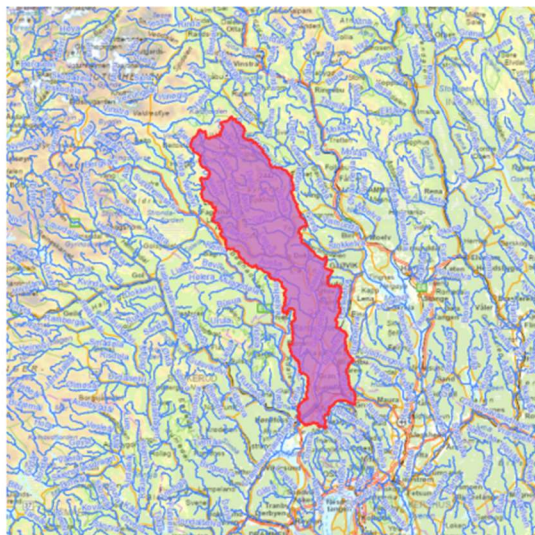
## 2 Feltbeskrivelse

Vesterntunet ligger nært Randselva, som renner videre ut i Storelva. Nedbørsfeltet til elva ved Vesterntunet er vist i Figur 2-1, merket i blått. Nedbørsfeltets avgrensning er utarbeidet ved hjelp av NVE-verktøyet NEVINA. Nedbørsfeltets størrelse er ca. 3769 km<sup>2</sup>. Området er ikke befart og alle vurderinger er basert på kartanalyser og oppmålinger.



Figur 2-1: Nedbørsfeltet til Randselva ved Vesterntunet, hentet fra NEVINA.

Feltparametere for nedbørsfeltet er vist i **Error! Reference source not found.** og er generert fra NEVINA. Nedbørsfeltet består hovedsakelig av skog (64,5%), og av en andel dyrket mark (5,4%), myr (9,4%), sjø (7,4%), og snaufjell (6,8%). Effektiv innsjøprosent er på 3,7%. Nedbørsfeltet har en høydeforskjell på 1613 meter (1681-68 moh.) og en feltlengde på 142 km, noe som gir en gjennomsnittlig helning på 1%. Normalavrenning fra 1961-1990 er hentet fra NEVINA, og er på 15,5 l/s/km<sup>2</sup>.



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N  
Beregn.punkt: 237615 E  
6679878 N

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

#### Feltparametere

Areal (A)	3769	km <sup>2</sup>
Effektiv sjo ( $A_{SE}$ )	3.69	%
Elveleengde uten sjo ( $E_{TL,net}$ )	4619.7	km
Elvegradient ( $E_G$ )	5.4	m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> ( $E_{G,1085}$ )	4.8	m/km
Helning	7.3	°
Dreneringstetthet ( $D_T$ )	1.5	km <sup>-1</sup>
Feltlengde ( $F_L$ )	141.8	km

#### Arealklasse

Bre ( $A_{BRE}$ )	0	%
Dyrket mark ( $A_{JORD}$ )	5.4	%
Myr ( $A_{MYR}$ )	9.4	%
Leire ( $A_{LEIRE}$ )	0.3	%
Skog ( $A_{SKOG}$ )	64.5	%
Sjo ( $A_{SJO}$ )	7.4	%
Snauffjell ( $A_{SF}$ )	6.8	%
Urban ( $A_U$ )	0.4	%
Uklassifisert areal ( $A_{REST}$ )	6.0	%

#### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	68	m
Høyde <sub>10</sub>	240	m
Høyde <sub>25</sub>	420	m
Høyde <sub>50</sub>	622	m
Høyde <sub>75</sub>	890	m
Høyde <sub>MAX</sub>	1681	m

#### Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 ( $Q_N$ )	15.5	l/s*km <sup>2</sup>
Nedbør juni	74	mm
Nedbør juli	84	mm
Regn og snøsmelting mai	219	mm
Regn og snøsmelting juni	87	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	84	mm
Regn og snøsmelting november	21	mm
Temperatur februar	-8.8	°C
Temperatur mars	-5.5	°C

Figur 2 2: Feltparametere fra NEVINA

## 3 Krav til flomberegninger

Flomberegninger og hydrauliske beregninger er utført for å finne dimensjonerende flomvannstander.

### 3.1 Krav til dimensjonerende flom

Valg av dimensjonerende flom, sikkerhetsfaktor og klimafaktor er gitt i klimaprofil fra norsk klimaservicesenter og TEK 17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017)

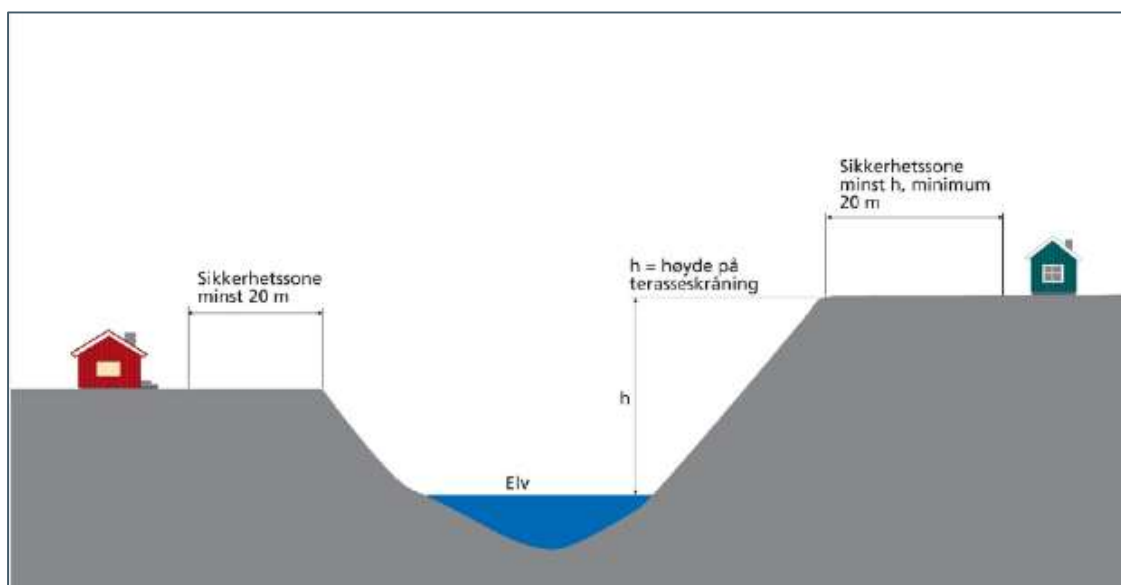
#### 3.1.1 Sikkerhetsklasse for byggverk

Etter krav i Tek 17 skal returperiode for flomhendelser bestemmes ut fra konsekvenser ved oversvømmelse. Sikkerhetsklasse F3 omfatter blant annet byggverk for særlige sårbare grupper av befolkningen, som for eksempel Vesterntunet. Dermed må området sikres mot en 1000-årsflom.

Tabell 3-1: Sikkerhetsklasser for bebyggelse påvirket av flom (Tek 17).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

I paragrafens fjerde ledd er det angitt premisser for sikker plassering av bygg mot erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon, kan avstanden være mindre. Illustrasjon av dette er vist i Figur 3-3-1.



Figur 3-3-1. Sikkerhetssone mot erosjon (TEK-17)



### 3.1.2 Klimafaktor

Ifølge Tek 17 skal den dimensjonerende vannføringen ta høyde for klimaendringer. I NVEs rapport 81-2016 "Klimaendring og framtidige flommer i Norge" (NVE, 2016) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Klimafaktoren  $F_k$  er basert på klimaprofilene for norske fylker, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter, (2015 - 2017). For Buskerud er klimafaktoren 0 (0% påslag).



## 4 Flomberegninger

Flomberegninger for området er tidligere utført i forbindelse med en reguleringsplan COWI utfører for Schjongslunden for Ringerike kommune. Kapittelet for flomberegninger er derfor delvis hentet fra den upubliserte rapporten «Flomanalyse – Reguleringsplan Schjongslunden», som blir utgitt ila. 2024.

NVE har utarbeidet et flomsonekart for Hønefoss i 2003 (NVE, 2003). I den forbindelse ble det utført flomberegning for Storelva. Som utgangspunkt i denne rapporten er det derfor brukt tidligere flomberegninger som har blitt oppdatert med nyere flommålinger, med størst fokus på flommen Hans i 2023. Videre har det blitt utarbeidet en hydraulisk modell for beregning av flomvannstander og vannhastighet for nedre deler av Randselva og Ådalselva, og øverste del av samløpet Storelva. Beregningen baserer seg på en terrengmodell etablert ved hjelp av laserscannede data (LIDAR) og bunnmålinger utført med ekolodd.

Flomberegningene ble utført ved bruk av lokal flomfrekvensanalyse på observerte flomdata (FFA) ved bruk av måldata fra perioden 1880-2023. De hydrauliske beregningene er utført ved bruk av programvaren HEC-RAS i 1D og 2D. Modellen er kalibrert mot flyfoto tatt den 11.08.2023 ved flommen Hans, som ble estimert til en 50- til 100-årsflom.

### 4.1 Metode

For Storelva benyttes det frekvensanalyser fra vannføringsstasjoner i vassdraget.

#### 4.1.1 Frekvensanalyse fra vannføringsstasjoner

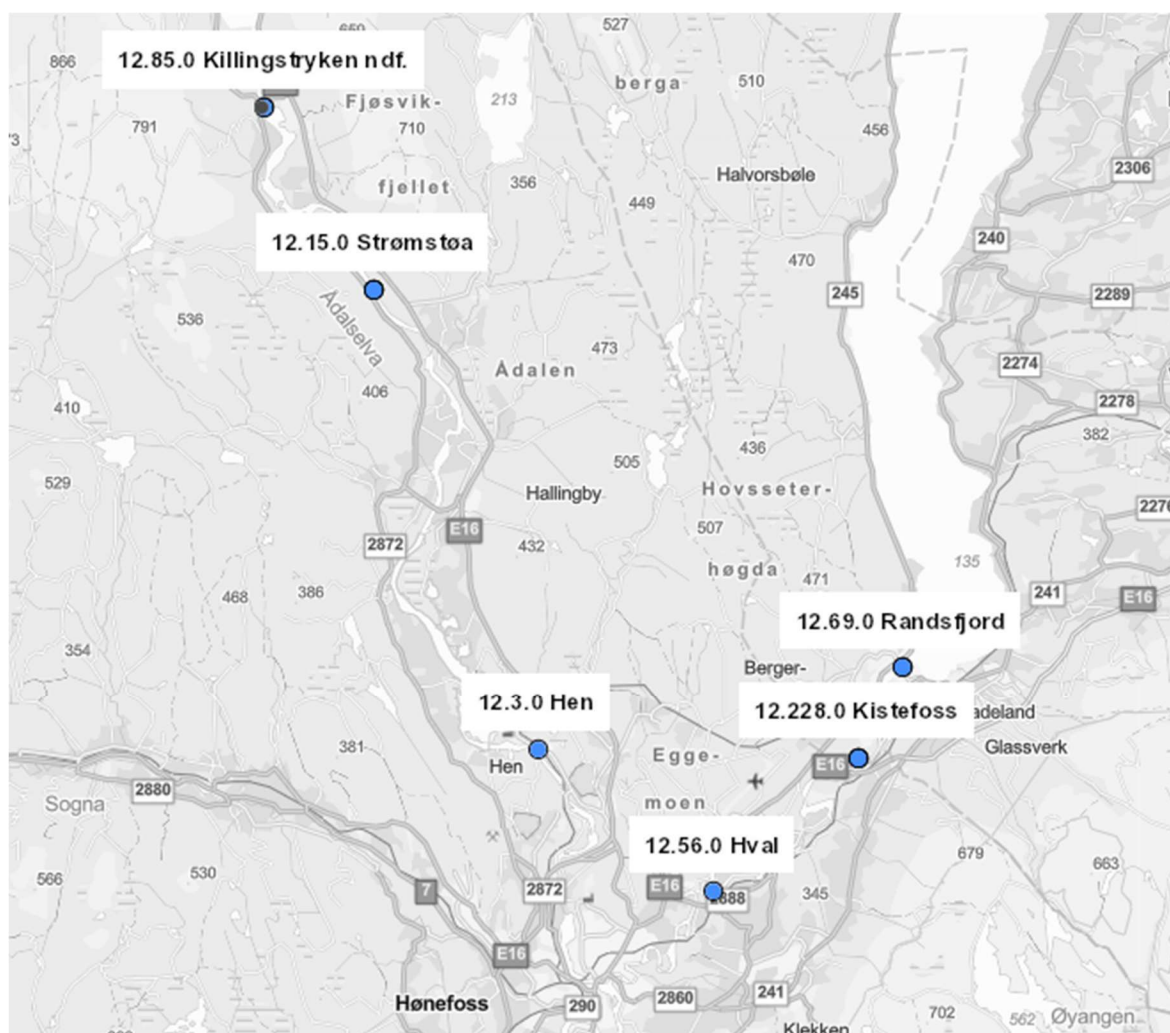
For de lokale frekvensanalysene er alle brukte tidsserier med mer enn 50 år med data. Det er derfor benyttet en GEV (I-moment) fordeling. Dette er i tråd med gjeldende anbefalinger (NVE, 2022).

I tidligere beregninger ble det brukt log-normal 3-fordeling. Denne er ikke brukt lengre. For sammenligning av endringer i resultatene fra FFA på data målt til 2002 mot data målt til 2023 er det brukt GEV (I-moment) fordeling i alle tilfeller.

### 4.2 Datagrunnlag for flomberegninger og frekvensanalyse

#### 4.2.1 Utvalgte målestasjoner

En oversikt over karakteristika til nedbørfeltene til de aktuelle stasjonene i området er gitt i Tabell 4-1. Beliggenhet og feltgrenser er vist i **Error! Reference source not found..**



Figur 4-1 – Beliggenhet aktuelle stasjoner

Tabell 4-1 Feltkarakteristikker for representative nedbørfelt

Nr	Navn	Vassdrag	Start	Areal
12.85	Kyllingstryken	Ådalselva	1905-1983	4620
RS12.15	Strømstoa	Ådalselva	1964-dd	4649
12.3	Hen	Ådalselva	1864-1905	4855
12.228	Kistefoss	Randselva	1916-dd	3702
12.69	Randsfjord	Randselva	1869-1915	3670

#### 4.2.2 Målestasjoner i Ådalselva

**12.3 Hen** lå i Ådalselva noen kilometer oppstrøms samløpet med Randselva. Bortsett fra vintermånedene og årene 1867-68 og 1886-87, er det registrert vannføring her fra 1864 til 1905. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 650 m<sup>3</sup>/s. Flomverdiene virker sannsynlige.

**12.85 Killingstryken** ligger i Ådalselva nedstrøms Sperillen. Stasjonen har vært i drift fra 1905. Elveprofilen ved stasjonen har vært ustabil, men dette har først og fremst påvirket lavvannføringer. Data fra Killingstryken er benyttet for perioden 1905 – 1983 og for 1989. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 666 m<sup>3</sup>/s. Målingen ble gjort i september 1934.

**12.15 Strømsstøa** ligger nedstrøms Killingstryken, men et stykke oppstrøms der stasjonen 12.3 Hen lå. Stasjonen ble opprettet i 1968, men har flere lange observasjonsbrudd fram til 1983. Også i 1989 er det observasjonsbrudd. Data fra denne stasjonen er benyttet for periodene 1984 – 88 og 1990-dd. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 451 m<sup>3</sup>/s. Målingen ble gjort i juni 1995.

Det er relativt liten forskjell mellom arealet til nedbørfeltene til Hen, Killingstryken og Strømsstøa. Ved flom i Ådalselva betyr tilsiget fra lokalfeltet til Ådalselva relativt lite i forhold til avløpet fra Sperillen. Disse tre seriene er derfor satt sammen til en lang Ådalselv-serie uten noen skalering av vannføringene.

#### 4.2.3 Målestasjoner i Randselva.

**12.69 Randsfjord** lå i utløpet av Randsfjorden og ble opprettet i 1869. Bortsett fra for vintermånedene fins det data ved denne stasjonen fram til Randsfjorden ble regulert i 1916. I 1895 ble det under flom gjort vannføringsmåling på nesten 400 m<sup>3</sup>/s. De eldste flomverdiene er imidlertid svært lave. Det kan skyldes usikkerhet vedrørende nullpunkt for vannføringskurven. I 1880 gikk man over fra å registrere vannstanden i fot til meter. De eldste flomdataene fra Randselva og Ådalselva er sammenlignet. En finner da en bedre samvariasjon etter 1880 enn før. For Randselva er derfor ikke data før 1880 benyttet som grunnlag i flomanalysene.

**12.228 Kistefoss** ligger i Randselva. Stasjonen ble opprettet i 1916 og har komplette data til og med 1999. Det er antatt at kvaliteten på data fra denne stasjonen er brukbar, og at flomverdiene er relativt pålitelige. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 291 m<sup>3</sup>/s. Målingen ble gjort i oktober 2000.

#### 4.2.4 Arbeidsserier

Det er laget flere arbeidsserier for analyse av flomforholdene i de aktuelle områdene. Følgende er benyttet:

1. Ådalselva (1864-2023) = 12.3 (1864-1905) og 12.85 (1905-1999) og 12.15 (2000-2023)
2. Randselva (1869- 2023) = 12.69.(1869-1915) og 12.228 (1916-2023)
3. "Storelva" = Avløp Randsfjorden og Sperillen (1869- 2023) = Ådalselva (1869-2023) + Randselva (1869- 2023)

Når notasjonen "Storelva" benyttes i teksten videre, menes sum avløp fra Sperillen og Randsfjorden. Tilsig fra lokalfeltene nedstrøms innsjøene er da ikke medregnet.

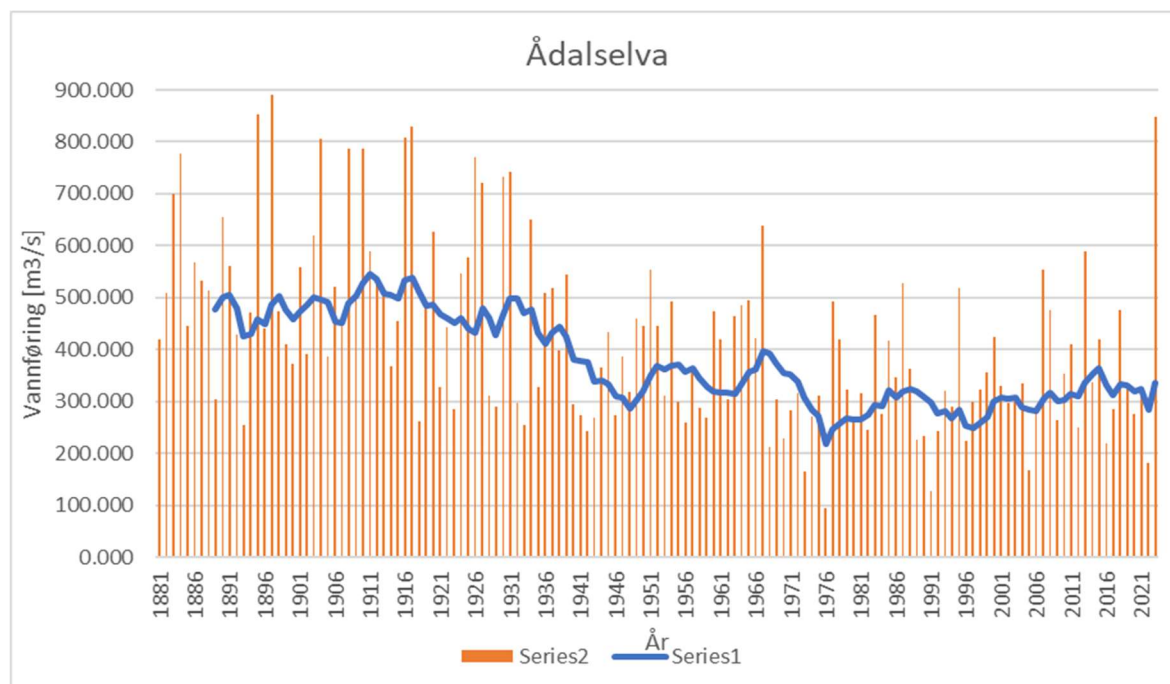
### 4.3 Observerte flommer

Som regel er det snøsmelting og regn i mai og juni som har gitt de største flommene i Randselva, Ådalselva og Storelva. Men store flommer forekommer også senere på sommeren og om høsten. Reguleringene i vassdraget har medført en merkbar reduksjon av flomvannføringene i Ådalselva. I Randselva er endringene mindre.

I tabellen under er det gitt oversikt over fem største registrerte flommer i Ådalselva i periodene 1864-1946 og 1947-2023 som er perioden før og etter den store utbyggingen av magasinene i vassdraget.

Tabell 4-2- Observerte flommer i Ådalselva.

Perioden 1864-1946	Observert flom [m <sup>3</sup> /s]	Perioden 1947-2023	Observert flom [m <sup>3</sup> /s]
31.05.1879	925	11.08.2023	847
02.06.1897	890	04.06.1967	639
18.05.1895	852	25.05.2013	590
01.06.1917	823	29.05.1951	554
17.09.1866	805	12.07.2007	554



Figur 4-2-Observerte flommer i Ådalselva med 10 års middel.

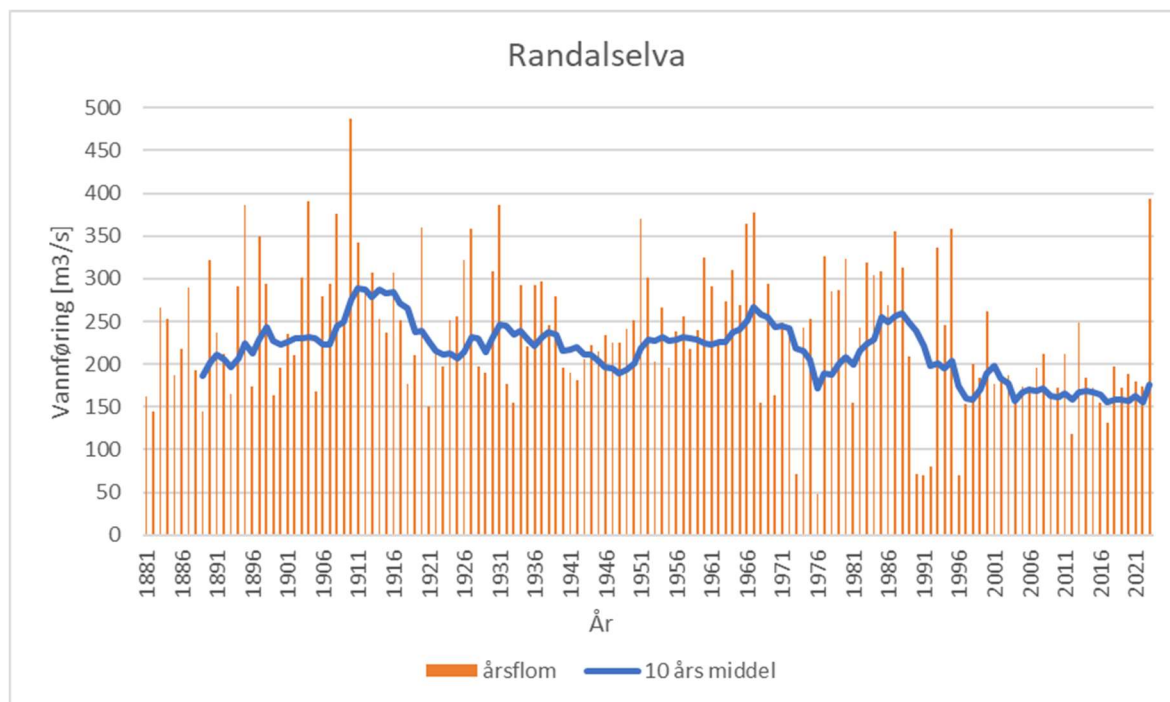
Figur 4-2 viser tydelig endring i observerte flommene etter utbyggingene som skjedde på 40 og 70 tallet. Flommen Hans (2023) er en av de største flommene, og på størrelse med flommene som ble observert før utbyggingen.

I tabellen under er det gitt en oversikt over de ti største registrerte flommene i Randselva.

Tabell 4-3- Observerte flommer i Randselva (m<sup>3</sup>/s)

25.05.1910	488	05.06.1967	378
11.08.2023	395	02.06.1908	376
07.06.1904	390	03.06.1951	370
19.05.1895	386	25.05.1966	364
28.05.1931	386	29.05.1920	361





Figur 4-3- Observerte flommer i Randalselva med 10 års middel.

## 4.4 Flomfrekvensanalyse

For bestemmelse av flommer med gjentakintervall opp til 1000 år er det utført analyser av de lange seriene en har for både Randalselva, Ådalselva og Storelva. Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart for flommer med gjentakintervall opp til 50 år er det vurdert som mest korrekt å benytte data fra perioden 1947 – 2023 for Ådalselva og Storelva. For flommer opp til 1000 års gjentakintervall benyttes alle tilgjengelige data.

For Randalselva benyttes som tidligere nevnt data for hele perioden 1880 – 2023 for å fastsette ulike flomstørrelser.

For å unngå at år uten eller med svært liten flom skulle "forstyrre" tilpasningen av de ulike frekvenskurvene er slike år utelatt fra analysene. For Ådalselva gjelder det 1875, 1973, 1976 og 1991, for Randalselva 1880, 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 og for "Storelva" 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996.

### 4.4.1 Ådalselva

Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (I-moment). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-4. For Ådalselva er det brukt data fra perioden 1946-2023 for flommer opp til 50 år gjentakintervall, dette tilsvarer årene etter den store magasinutbyggingen. For større flommer er hele perioden 1864-2023 brukt. Det er også gjort en lik analyse for kortere perioder opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE.

For Ådalselva er årene 1875, 1973, 1976 og 1991 uttatt fra analysen.

Tabell 4-4-Flomfrekvensanalyse for Ådalselva, døgnverdier, periode 1846-2023.

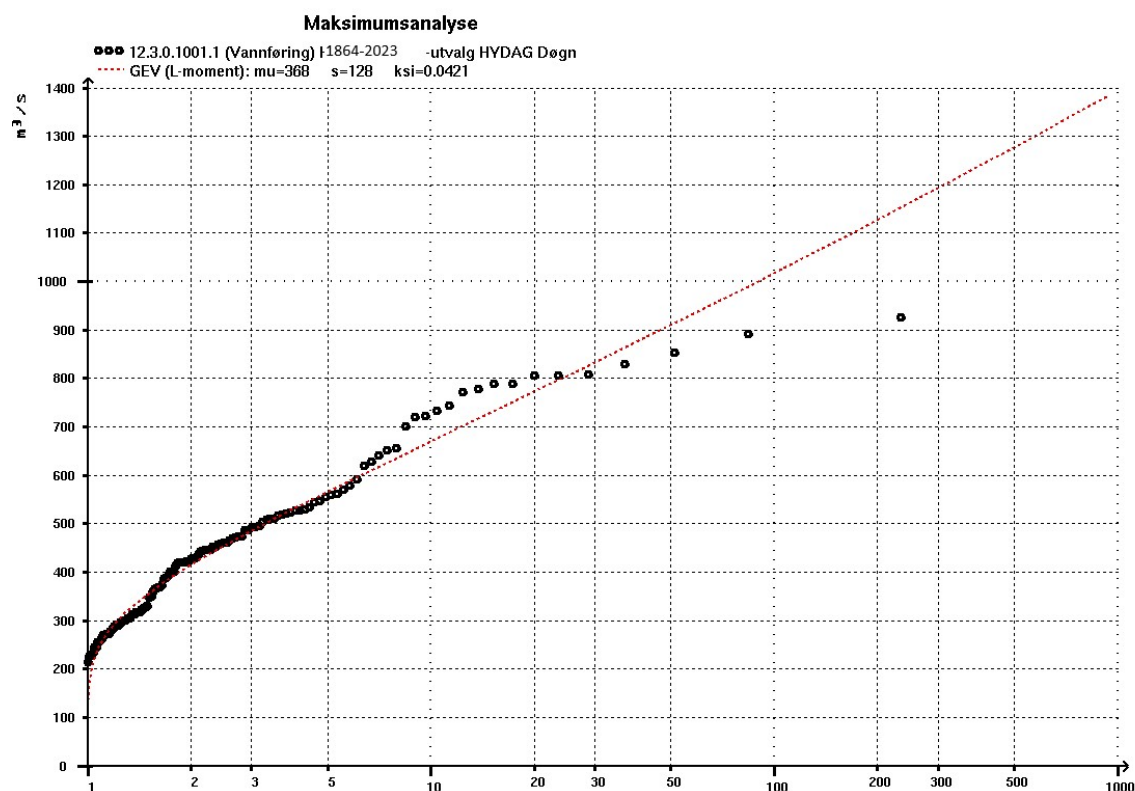
Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1946-2023	360	<b>441</b>	<b>512</b>	<b>582</b>	<b>675</b>					GEV (I-mom)
1864-2023						<b>1013</b>	<b>1128</b>	<b>1288</b>	<b>1415</b>	GEV (I-mom)

Tabell 4-5-Flomfrekvensanalyse for Ådalselva, døgnverdier, periode 1846-2001.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1946-2001	<b>360</b>	<b>438</b>	<b>500</b>	<b>556</b>	<b>627</b>					GEV (I-mom)
1864-2001						<b>1018</b>	<b>1127</b>	<b>1277</b>	<b>1394</b>	GEV (I-mom)
NVE 2001	<b>343</b>	<b>436</b>	<b>489</b>	<b>536</b>	<b>593</b>	<b>944</b>	<b>1025</b>	<b>1149</b>	-	log-normal 3-

Sammenligning av resultater fra Tabell 4-4 og Tabell 4-5 gir en indikasjon på kilden til endringer i beregnede flomstørrelser. Det er en liten forskjell mellom resultatene fra perioden opp til 2001 og 2023, det er en del økning i beregnet flomstørrelser opp til 50 års gjentaksintervall for flomfrekvensanalyse i perioden 1946-2023. Dette skyldes trolig den store flommen som opptrådte i 2023. For større flommer, er endringen betydelig mindre.

Ved å sammenligne de nye resultatene både opp til 2001 og 2023 med tidligere resultater fra NVE ser vi en betydelig endring for de store flommene over 100 års gjentaksintervall, som øker med større gjentaksintervall. Dette skyldes forskjellig fordeling brukt for beregning av flomstørrelser. Bruk av GEV fordeling er i tråd med gjeldene retningslinjer og derfor vurdert som mer riktig. Dette vil også gjelde for flomfrekvensanalyse utført for Randselva og «Storelva».



Figur 4-4- Flomfrekvensanalyse- konstruert serie for Ådalselva 1864- 2023, GEV (l-moment).

#### 4.4.2 Randselva

Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (l-moment). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-6. For Randselva er det brukt data fra perioden 1880-2023 for flommer med returperiode opptil 1000 år. Det er også gjort en lik analyse for kortere perioder opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE.

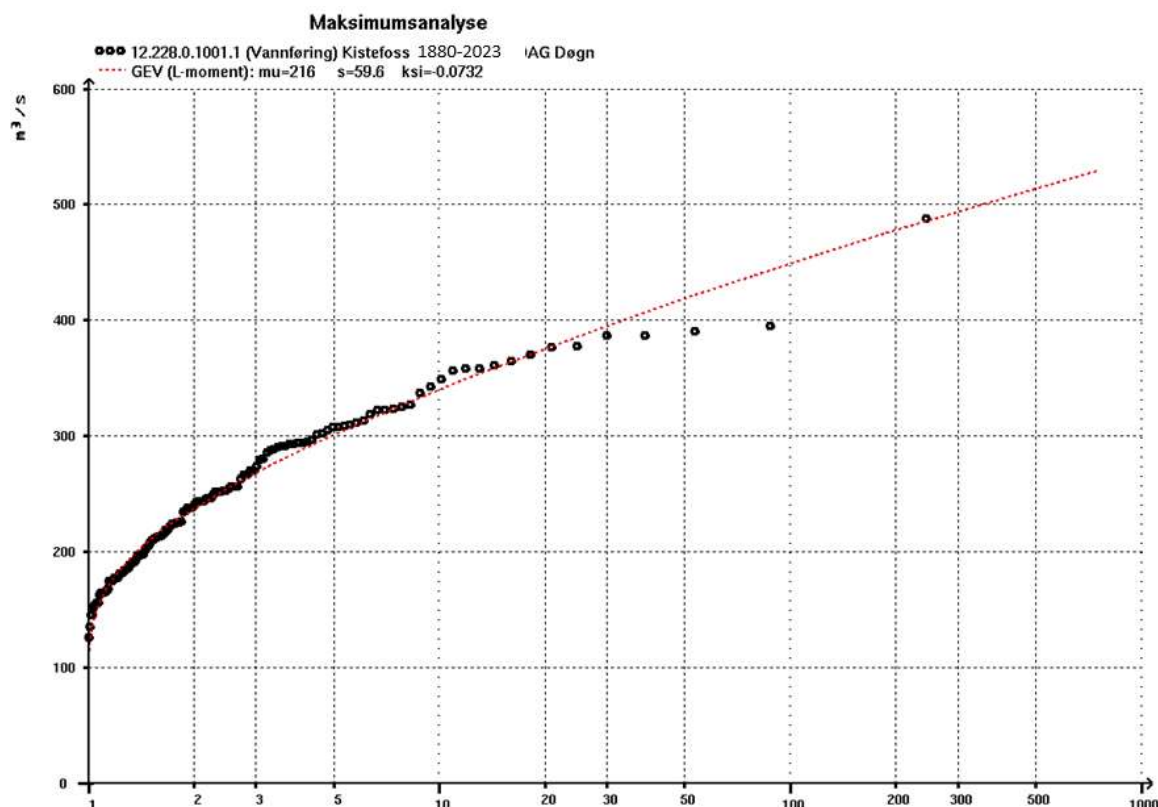
For Randselva er årene 1880, 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 uttatt fra analysen.

Tabell 4-6-Flomfrekvensanalyse for Randselva, døgnverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1880-2023	<b>247</b>	<b>301</b>	<b>340</b>	<b>375</b>	<b>419</b>	<b>449</b>	<b>478</b>	<b>514</b>	<b>540</b>	GEV (l-mom)
1880-2001	<b>256</b>	<b>311</b>	<b>347</b>	<b>377</b>	<b>412</b>	<b>435</b>	<b>455</b>	<b>480</b>	<b>497</b>	GEV (l-mom)
NVE 2001	248	315	354	389	432	463	493	531	-	log-pearson 3-

Resultatene gitt i tabell 4-6 gir en indikasjon på kilden til endringer i beregnede flomstørrelser. Det er en liten forskjell mellom resultatene fra periode opp til 2001 og 2023. For flommer større enn Q100 ser vi en del økning i flomstørrelser for perioden 1880-2023.

Bruk av GEV fordeling på data fra perioden 1880-2001 gir lavere resultater enn flomstørrelser beregnet av NVE med log-pearson 3 fordeling. Flomfrekvensanalyse med GEV fordeling beregnet for data fra perioden 1880-2023 gir en del økning av flommstørrelser sammenlignet med 1880-2001 perioden. Endelige resultatene for Randselva (GEV 1880- 2023) er tilnærmet like de beregnet av NVE i 2001.



Figur 4-5-Flomfrekvensanalyse- konstruert serie Randselva 1880- 2023, GEV (l-moment).

#### 4.4.3 «Storelva» - samlet vannføring og fra Ådalselva og Randselva ved samløpet.

For "Storelva" er vannføringen fra Randselva og Ådalselva summert. Dette er mulig siden begge vassdrag kulminerer omtrent samtidig. Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (full lokal + regional). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-7. For flommer opp til 50 års gjentaktsintervall er det brukt data fra perioden 1946-2023, dette tilsvarer årene etter den store magasinutbyggingen og forutsetter dempning av flommene i vassdraget. For større flommer er hele perioden 1881-2023 brukt, som tar med de store flommene før reguleringen. Det er også gjort en lik analyse for kortere perioder opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE. For «Storelva» er årene 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 uttatt fra analysen.

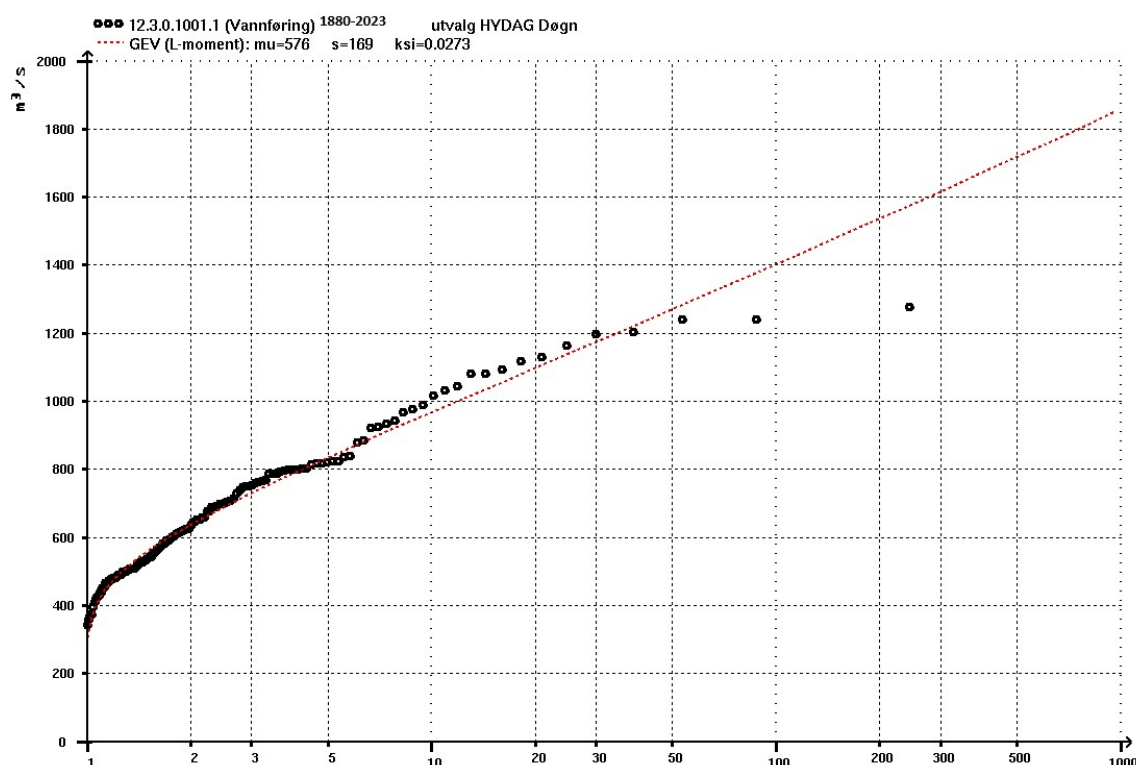
Tabell 4-7-Flomfrekvensanalyse for «Storelva», døgnverdier. Periode 1946-2023 og 1881- 2023.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1946-2023	600	<b>725</b>	<b>823</b>	<b>915</b>	<b>1032</b>					GEV (l-mom)
1881-2023						<b>1402</b>	<b>1537</b>	<b>1718</b>	<b>1858</b>	GEV (l-mom)



Tabell 4-8-Flomfrekvensanalyse for Ådalselva, døgnverdier, Periode 1946-2001 og 1881- 2001.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
1946-2001	<b>624</b>	<b>749</b>	<b>830</b>	<b>901</b>	<b>983</b>					GEV (l-mom)
1881-2001						<b>1397</b>	<b>1520</b>	<b>1682</b>	<b>1805</b>	GEV (l-mom)
NVE 2001	<b>580</b>	<b>748</b>	<b>826</b>	<b>895</b>	<b>976</b>	<b>1308</b>	<b>1401</b>	<b>1584</b>	-	log-normal 3-



Figur 4-6 - Flomfrekvensanalyse for "Storelva", døgnverdier. 1880- 2023, GEV (l-moment).

#### 4.4.4 Tilsig fra lokalfelt nedstrøms fra målestasjoner ned til samtløp

Ved midlere flom er det regnet med et tilsig på 100 l/s km<sup>2</sup> fra lokalfeltene nedstrøms målestasjonene og ned til samtløpet til Ådalselva og Randselva.

For flommer med gjentakintervall opp til 500 år er tilsiget fra dette området beregnet ved en forenklet metode. Basert på frekvensfaktorer bestemt av hele observasjonsseriene fra Randselva og Sperillen er forholdstall bestemt. Dette medfører at tilsiget ved en 100-års flom øker til ca. 200 l/s km<sup>2</sup>. I tabell 12 er resulterende lokaltilsig i m<sup>3</sup>/s for de ulike punktene langs vassdraget gitt. En ser at bidragene fra disse feltene er relativt små sammenlignet med avløpet fra innsjøene oppstrøms. Verdiene er hentet fra tidligere NVE flomberegninger.

Tabell 4-9- Tilsig fra lokalfelt nedstrøms Sperillen og Randsfjorden ved flom i hovedvassdragene.

Vannføring i hovedvassdraget		Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
Tilsig lokal	Km2	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Lokalfelt Ådalselva	<b>254</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>46</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>59</b>	<b>65</b>
Lokalfelt Rnadalselva	<b>69</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>18</b>

Resultatene av flomanalysene for Ådalselva, Randselva og Storelva er sammenfattet i tabell 4-11.

Tabell 4-10- Flomverdier for Ådalselva, Randselva og Storelva, døgnverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Ådalselva samløp Randselva	385	473	549	623	721	1063	1182	1347	1480
Randselva samløp Ådalselva	254	310	350	386	431	463	493	530	558
Storelva samløp Ådalselva Randselva	632	766	870	967	1090	1466	1606	1793	1941

#### 4.4.5 Kulminasjonsflom

I Ådalselva, Randselva og Storelva er det ikke stor forskjell mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring. Det skyldes først og fremst de store innsjøene Sperillen (37 km<sup>2</sup>) og Randsfjorden (140 km<sup>2</sup>) som virker utjevnende på flomforløpet.

Forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom er beregnet ut fra formler, og ved å sammenligne de største flommene registrert som døgn og findata. Verdiene for forholdstall er hentet ut fra tidligere NVE rapport.

For Ådalselva antas et forholdstall på 1,02 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt. For Randselva antas et forholdstall på 1,00 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt. For Storelva antas et forholdstall på 1,01 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt.

Tabell 4-11- Flomverdier i Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Ådalselva samløp Randselva	393	482	560	635	735	1084	1206	1374	1510
Randselva samløp Ådalselva	254	310	350	386	431	463	493	530	558
Storelva samløp Ådalselva Randselva	638	774	879	977	1101	1481	1622	1811	1960

## 4.5 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I NVEs rapport 81-2016 "Klimaendring og framtidige flommer i Norge" (NVE, 2016) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100, ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. Ut ifra anbefaling i klimaprofil Buskerud for området dekket av flomsonekart Hønefoss, velger vi her å bruke 0% klimapåslag.

## 4.6 Dimensjonerende flom

Dimensjonerende flomverdier for Ådalselva, Randselva og Storelva er vist i Tabell 4-12. Verdiene er avrundet til nærmeste 5 m<sup>3</sup>/s. I Tabell 4-13 er det vist flomverdier beregnet av NVE i 2001. Der er en moderat økning av flomverdier opp til 50 års gjentakintervall, dette skyldes trolig den siste flommen som opptrådte i 2023. For større flommer øker forskjellen mer betydelig. Dette skyldes i størst grad bruk av GEV fordeling, som gir høyere flomverdier for større flommer enn tidligere brukt log-normal 3 fordeling.

Tabell 4-12- Flomverdier i Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier. Avrundet til nærmeste 5 m<sup>3</sup>/s.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Ådalselva samløp Randselva	390	480	560	635	735	1085	1205	1375	1510
Randselva samløp Ådalselva	255	310	350	385	430	465	495	530	560
Storelva samløp Ådalselva Randselva	640	775	880	980	1100	1480	1620	1810	1960

Tabell 4-13- Tidligere flomverdier fra NVE (2001) Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Ådalselva samløp Randselva	380	480	540	590	650	1010	1100	1230	-
Randselva samløp Ådalselva	250	320	360	400	440	480	510	550	-
Storelva samløp Ådalselva Randselva	620	800	880	960	1040	1390	1490	1680	-

## 5 Hydraulisk modellering

### 5.1 Modellverktøy

Flomberegninger for området er tidligere utført i forbindelse med en reguleringsplan COWI utfører for Schjongslunden for Ringerike kommune. Kapittelet for flomberegninger er derfor delvis hentet fra den upubliserte rapporten «Flomanalyse – Reguleringsplan Schjongslunden», som blir utgitt ila. 2024.

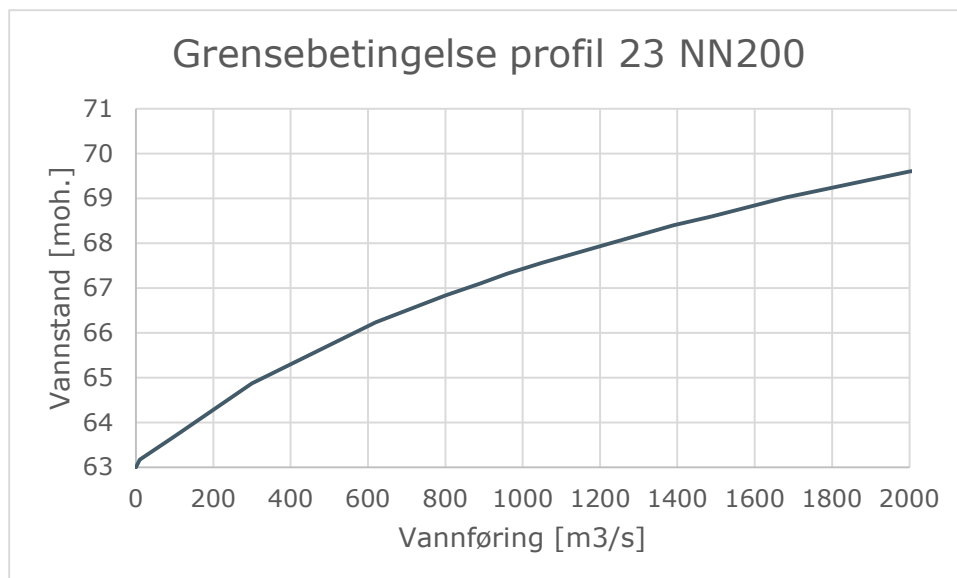
Det er benyttet det hydrauliske dataprogrammet HecRas 6.4 for beregning av vannstander i Randselva. Det er benyttet en todimensjonal metodikk for beregningen. Modellen og alle inputdata er oppgitt i høydedatamet: NN2000, horisontalt datum: EUREF89, og projeksjon: UTM32N. Terrengmodellen er konstruert ved bruk av laserdata lastet ned fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no). Beregningen baserer seg på en terrengmodell etablert ved hjelp av laserscannede data (LIDAR), ekolodd bunnmålinger og tidligere tverrprofilmålinger. Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, der det gjøres beregninger i hver enkelt rute. Terrengmodellen er etablert ved bruk av høydedata og Scalgo. Terrengmodellens oppløsning er på 1\*1. Videre er modellen kalibrert mot flyfoto fra flommen Hans i august 2023.

#### 5.1.1 Grensebetingelser

Det er definert ett innløp i Randselva og ett utløp i Storelva i modellen, der øvre og nedre grensebetingelse er satt så langt unna at de ikke påvirker vannstanden i elva ved Vesterntunet. Der Randselva og Ådalselva samles til Storelva er det lagt inn en grensebetingelse som tilfører vann fra Ådalselva. Det er videre undersøkt hvilken kombinasjon av flomhendelser som fører til høyest vannstand i Randselva. Dette skjer når det er 1000-årsflom i Randselva og Storelva. Ved innløpet til modellen er det derfor benyttet en vannføring for 1000-årsflom for Randselva og den resterende vannføringen som skal til for å lage en 1000-årsflom i Storelva blir tilført via Ådalselva.

Vannstanden i Storelva ned til Tyrifjorden er beregnet med bruk av 1D modell utarbeidet av NVE i 2002. Ut fra resultatene er det konstruert en vannføringskurve som er brukt i 2D modellen som nedstrøms grensebetingelse.





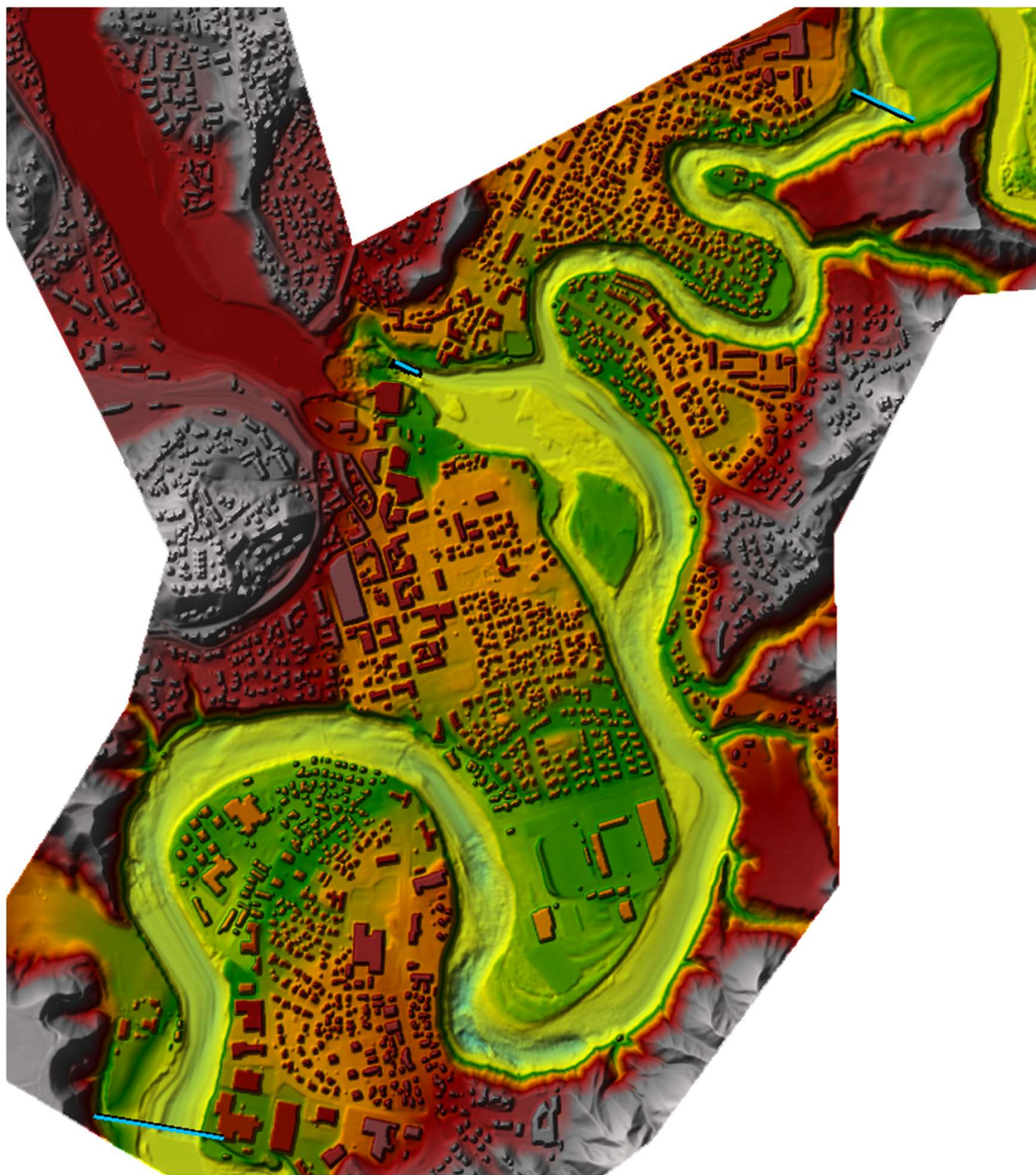
Figur 5-1 - Vannføringskurve hentet ut fra 1D modell

### 5.1.2 Ruhet

Vannstrømningen påvirkes av friksjonsforhold, altså ruheten til overflaten til elvebunnen. Dette varierer etter type underlag og utforming på elveløpet. På hele den modellerte strekningen renner elven gjennom dyrket mark, og det er en del trær og små busker som vokser langs elvesiden. Benyttet ruhet i modellen (Manning's  $n$ ) er derfor på 0,035 i selve elveløpet, og 0,025 på elvesidene.

### 5.1.3 Avgrensning av prosjektet

Flommen i Randselva og Storelva er modellert på en ca. 6 km lang strekning, og vises i figur 5-2.

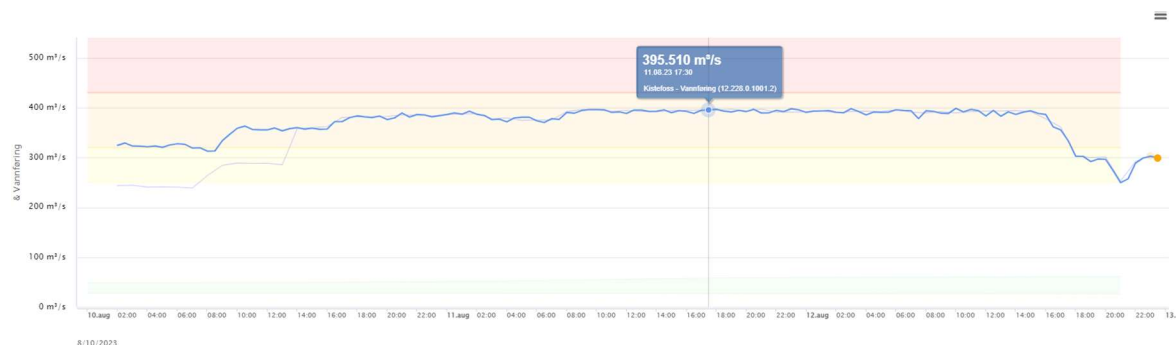


Figur 5-2 – Hecras 2D modell

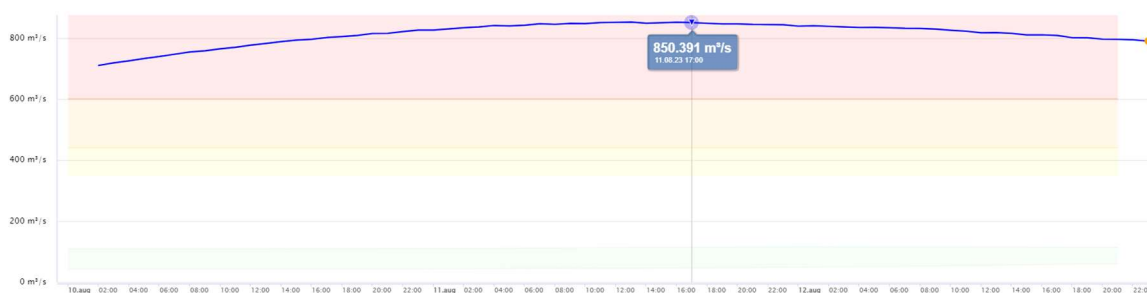
## 5.2 Kalibrering av modellen mot flommen Hans 11.08.2023.

Modellen er kalibrert mot flybilder tatt ved flommen Hans 11.08.2023. Flomverdiene er hentet fra stasjonene Kistefoss (Randselva), og Strømstøa (Ådalselva), og er på henholdsvis 395 m<sup>3</sup>/s og 850 m<sup>3</sup>/s. Det er usikkert når på døgnet bildene er tatt, men det er brukt kulminerende flomverdier fra flommen, som oppsto ca. kl. 17. Flommen tilsvarer en flom med mellom 20- og 50 års

gjentaktsintervall i Randselva, og en flom med mellom 50- og 100 års gjentaktsintervall i Ådalselva. Samlet vannføring fra de to elvene justert med avrenningen fra feltene som ligger nedstrøms gir en samlet vannføring lik ca. 1310 m<sup>3</sup>/s. Dette tilsvarer en flom i «Storelva» mellom 50 -100 års gjentaktsintervall.



Figur 5-3 - Flomverdier fra Sildre, Kistefoss (Randselva)



Figur 5-4 - Flomverdier fra Sildre, Strømstøa (Ådalselva)

Bildene i figur 5-4 og 5-6 viser den modellerte flommen mot flyfoto fra flommen Hans.

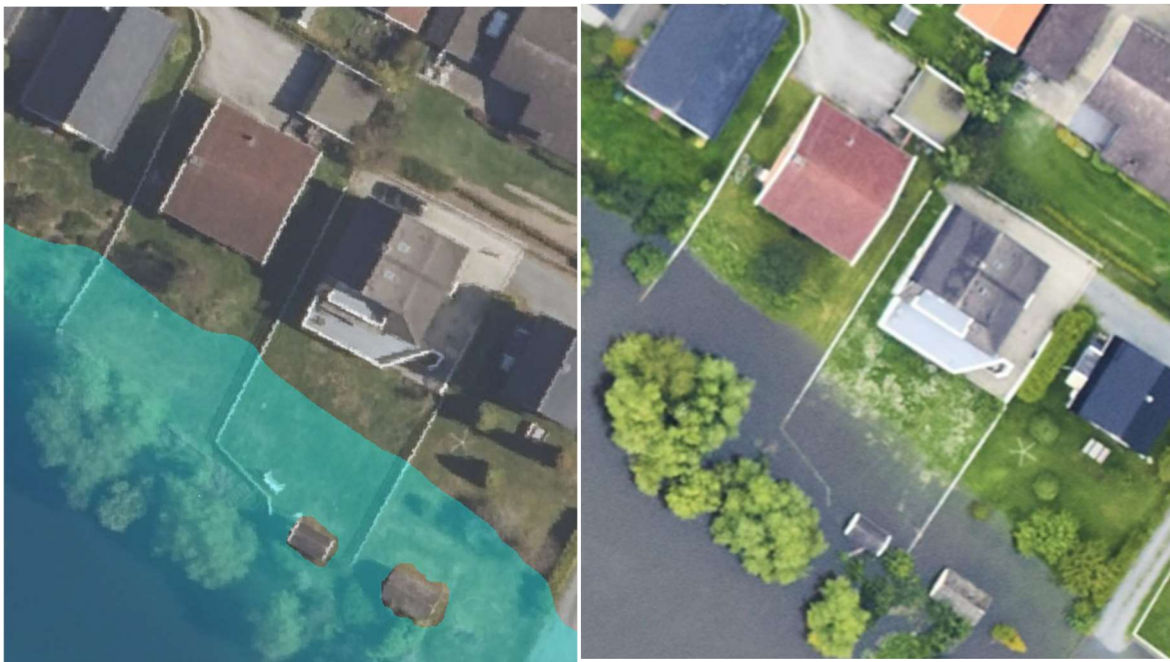


Figur 5-5 - Til venstre: modellert flom i Hecras. Til høyre: flyfoto fra Hans.





Figur 5-6 - Til venstre: modellert flom i Hecras. Til høyre: flyfoto fra Hans.



Figur 5-7 - Til venstre: modellert flom i Hecras. Til høyre: flyfoto fra Hans.



## 5.3 Usikkerhet ved beregninger

Usikkerheten i resultatene er knyttet til følgende parametere:

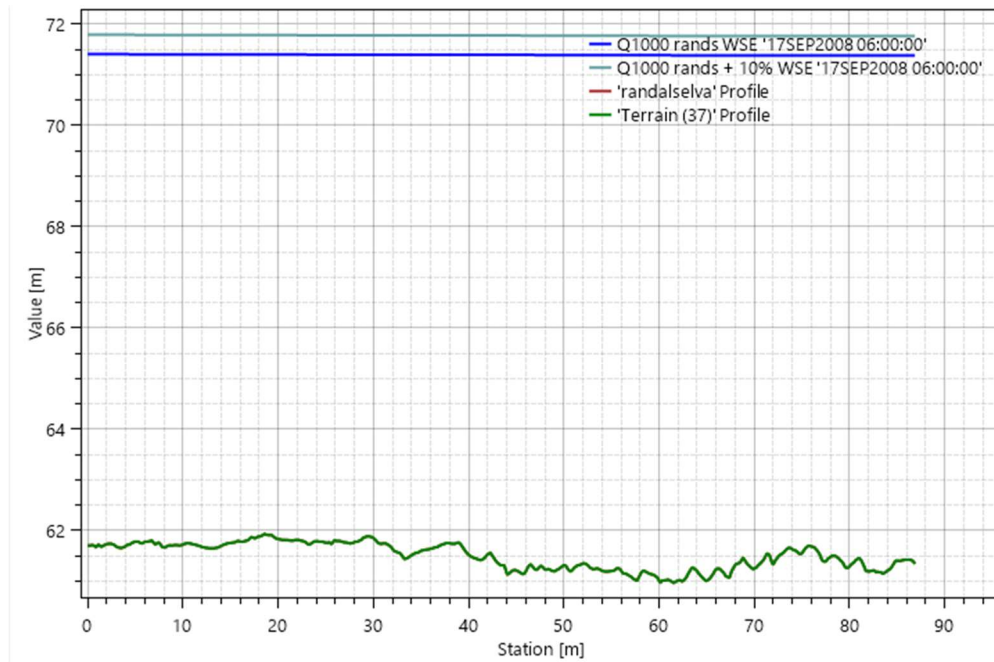
1. Terrengmodell. Høydedata er hentet fra laserskanningen hvor vannoverflate betraktes som fast terreng. Det tas hensyn til vanndybde i elven, elvebatymetrien er gjenskapt over hele den modellerte strekningen ved bruk av måledata.
2. Flomberegninger, flomforløp og kulminasjonsverdi for 1000-årsflom er en usikker størrelse. Det hydrologiske grunnlaget vurderes som svært bra med observasjoner i vassdraget. Flomberegninger er klassifisert som klasse 1.
3. Begrensninger/usikkerhet knyttet til beregningsmetoden i HEC-RAS. Modellen er kalibrert mot en målt vannføring som tilsvarer en ca. 100 års flom. Avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm. Den hydrauliske modellen er klassifisert som klasse B.

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

Tabell 5-1 -Grunnlag for å beregne et sikkerhetspåslag som inkluderes som et prosentvis påslag på flommen, hentet fra NVE [6].

Sikkerhetsmarginen er bestemt i samsvar med kapittel 10 i NVEs veileder for sikkerhet mot flom (NVE, 2023). Modellen er klassifisert som klasse B. Flomberegningene er klassifisert som klasse 1. Basert på

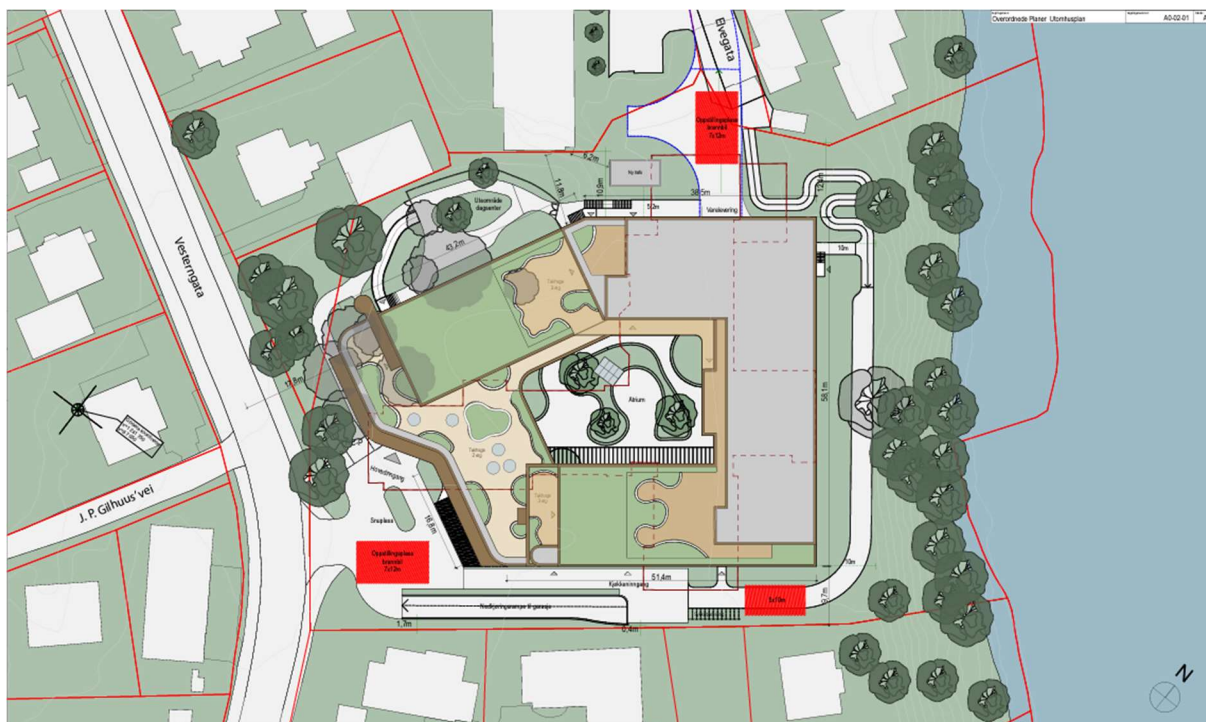
Tabell er det bestemt en 10% økning i vannføringen noe som tilsvarer en økning på ca. 40 centimeter i beregnet vannstand for Randselva langs analyseområdet. Dette er vist i figur 5-8. Det endelige flomkartet vises med inkludert sikkerhetsmargin.



Figur 5-8 - Endring i vannlinje, Q1000 og Q1000\*10%

## 6 Resultater

Alle resultater vises opp mot det eksisterende bygget som står i dag. En plantegning av planlagt omsorgssenter vises i figur 6-1. Den røde stiplede linjen viser det eksisterende bygget. Den nord-østlige vegg av nytt bygg vil stå i samme avstand til elven som en del av det eksisterende bygget. Alle resultater som måles opp mot eksisterende bygg vil altså også være gjeldende for det planlagte bygget.



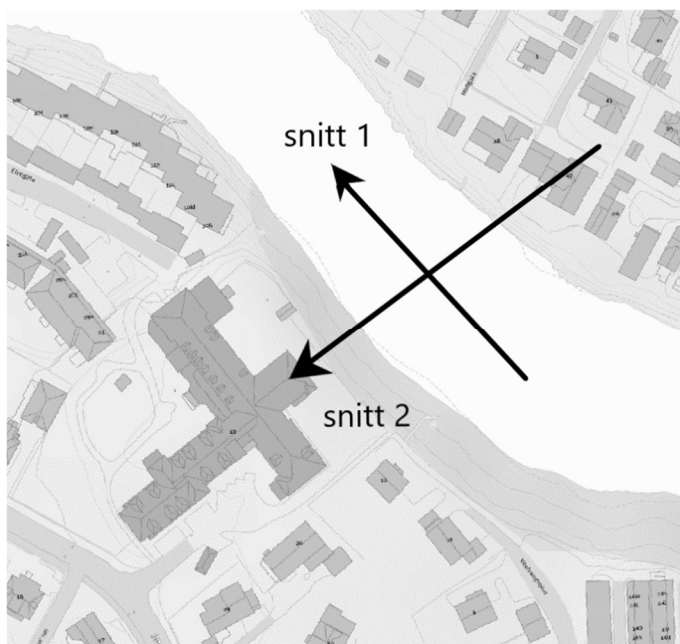
Figur 6-1 - Utomhusplan, Vesterntunet omsorgssenter

Figur 6-2 viser resulterende flomvannstander for flomanalysen, for en 1000-årsflom + 10% sikkerhetspåslag.



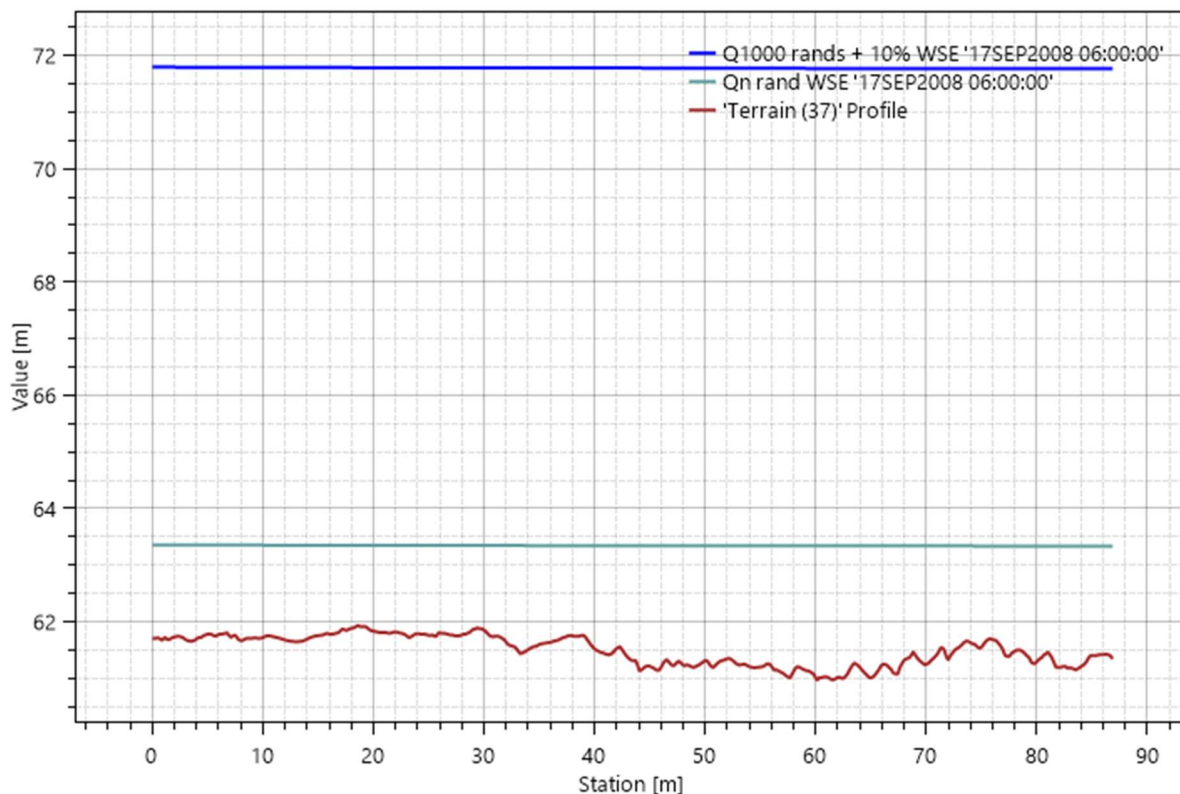
Figur 6-2 – Resulterende vannstander ved Q1000 med 10% sikkerhetsmargin.

Figur 6-3 viser et oversiktsbilde over snittene som er tatt ut fra modellen, i elveløpet langs Vesterntunet, og i et snitt tvers over elven der nåværende bygg ligger nærmest elven.



Figur 6-3 - Oversikt over snitt hvor vannstandsresultater er hentet

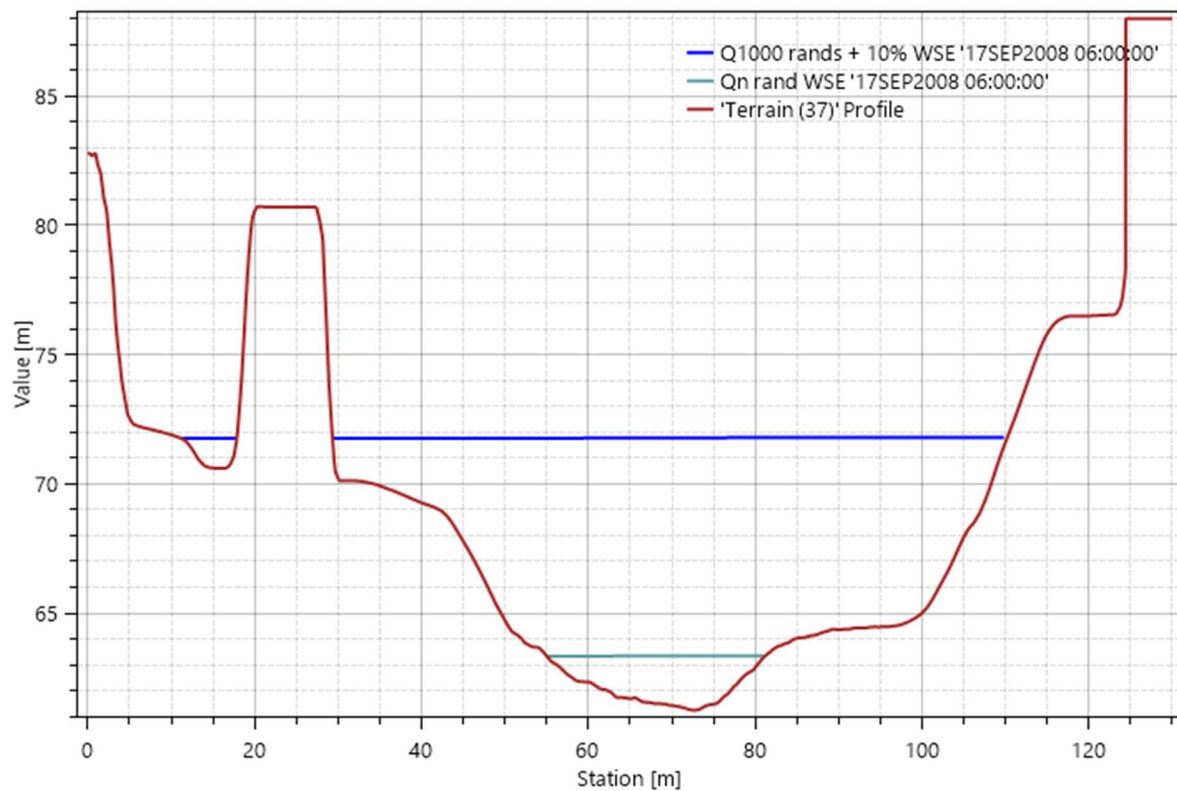
Figur 6-4 til 6-5 viser vannstanden ved disse snittene for 1000-årsflom med 10% sikkerhetspåslag, samt normalvannstand. Snitt 1 viser at vannstanden er relativt flat langs denne strekningen, med en vannstand på ca. 71.8 moh., noe som er ca. 8,5 meter over normalvannstanden.



Figur 6-4 - Vannstand snitt 1

Snitt 2 viser at vannstanden vil ligge ca. 4,8 meter under dagens bygg på ca. 76,6 moh., og ca. 13 meter unna bygget i lengderetning (bygget er plassert til høyre, fra station 123 og videre i grafen). Avstanden er målt fra den delen av bygget som ligger nærmest elven, som er lik plasseringen til hele den nord-østlige veggene av det nye planlagte omsorgssenteret.



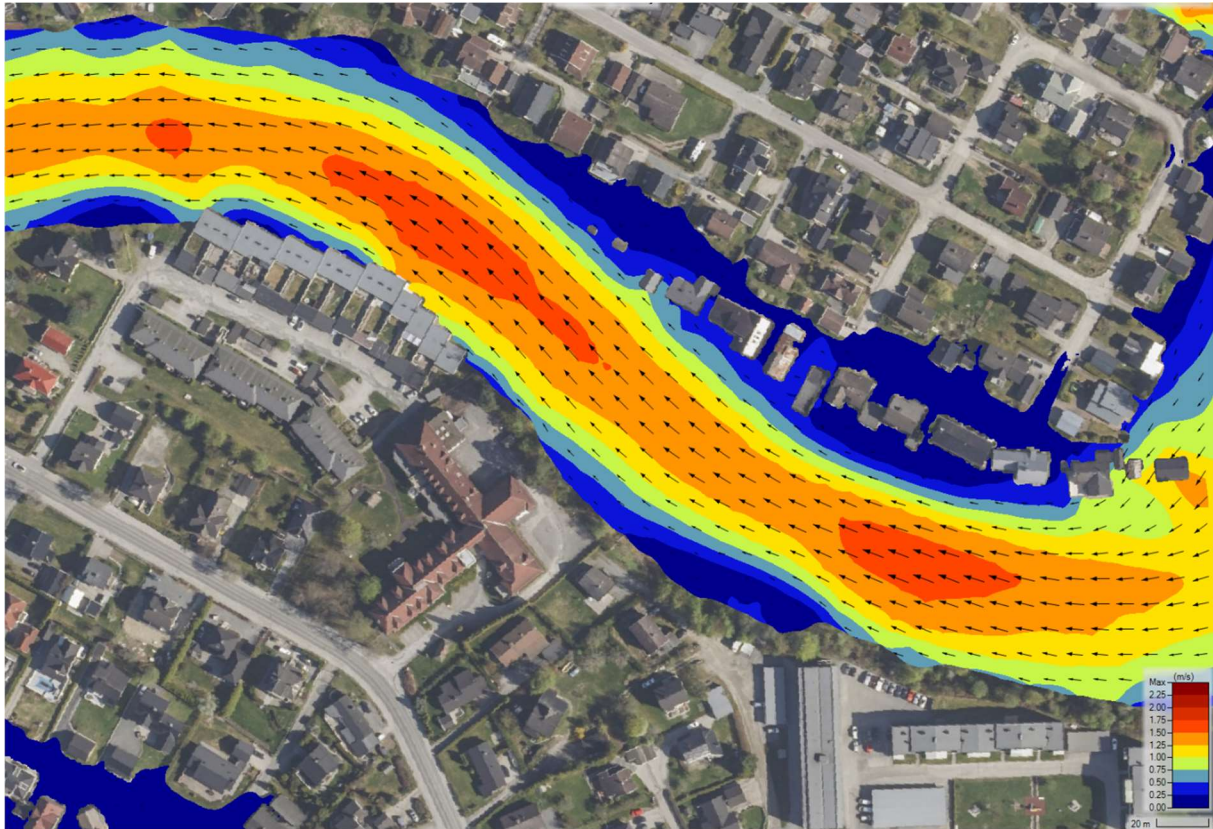


Figur 6-5 - Vannstand snitt 2

## 6.1 Hastigheter

Figur 6-6 viser hastigheter i området langs Vesterntunet ved en 1000-årsflom inkludert 10% sikkerhetsfaktor. De største hastighetene er midt i elveløpet, og er på ca. 2m/s. Vannet som strømmer langs skråningen ved Vesterntunet, innenfor sikkerhetssonen for erosjon beskrevet i kapittel 3.1.1, har en hastighet på under 0,75 m/s.





Figur 6-6 - Hastigheter i Randselva

## 7 Konklusjon

Flomberegningene for Randselva er basert på tidligere flomberegninger for Storelva, utført av NVE i 2003 (NVE, 2003). Disse beregningene er oppdatert med nye data, med størst fokus på flommen Hans i 2023. Resulterende dimensjonerende flomverdier for en 1000-årsflom med 10% sikkerhetsfaktor i Randselva er på 616 m<sup>3</sup>/s. Denne flommen kombinert med en 1000-årsflom med 10% sikkerhetsfaktor i Storelva på 2156 m<sup>3</sup>/s, gir en dimensjonerende vannstand på maksimalt 71,8 moh. i elveløpet som strekker seg langs det eksisterende sykehjemmet som ligger der i dag.

Kravet fra TEK 17 er at avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon, kan avstanden være mindre. Vannstanden ved en 1000-årsflom med 10% sikkerhetspåslag ligger ca. 4,8 meter under dagens eksisterende bygg, og 13 meter unna i lengderetning. Hastighetene innenfor sikkerhetssonen for erosjon er lav, men en nærmere vurdering av de stedlige løsmassene i elveskråningen bør utføres for vurdering av erosjonsfaren og eventuelle behov for sikring.

## 8 Kilder

- NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger*. Oslo: NVE.
- NVE. (2023). *Sikkerhet mot flom*. Oslo: NVE.
- NVE. (2015). *Anbefale metoder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo: NVE.
- Direktoratet for byggkvalitet - byggeteknisk forskrift, TEK17 (2017)
- NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*  
Norsk klimaservicesenter
- NVE. (2003). *Flomsonekart - delprosjekt Hønefoss*. Oslo. Nve.
- NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*.
- S. Perzyna "Flomanalyse - Reguleringsplan Schjongslunden". COWI, 2024.

