



Kunde: Enebakk kommune

Prosjekt: Vestby Dam Vågvann

Prosjektnummer: D0162305 (AFRY)

Flomberegning og hydraulikkvurdering, Vestby bru dam: Vågvann



AFRY

ÅF PÖYRY

1

RAP-VAO-001-00
Side 1/39

Rapport

Vår referanse
Trine Røer
Telefon

Mobil
+4745485517
E-post
Trine.roer@afry.com

Dato
16/05/2025
Prosjekt ID
D0227081 (AFRY)

Rapport ID
RAP-VAO-001-02

Kunde
Enebakk Kommune

Sammendrag

Denne rapporten inneholder flomberegninger og hydraulikksimuleringer knyttet til Vestby bru dam, som demmer opp Vågvann i Enebakk kommune.

I del I presenteres bakgrunnen for prosjektet, nedbørsfeltegenskaper samt klimaanalyse for både det lokale og regionale området. Ulike flomberegningsmetoder er benyttet for å sikre dimensjonerende flomverdier i denne delen. To ulike flomfrekvensanalyser er gjennomført for det lokale og regionale området, basert på historiske vær- og klimadata. I tillegg er flomberegninger utført ved hjelp av en nedbør-avløpsmodell (PQRUT).

Hydrologiske forhold i nedbørsfeltet over ett år er gjennomført ved bruk av en hydrologisk modell. Den hydrologiske modellen gir mer detaljert informasjon om temperatur, snø, fordampning og infiltrasjon i nedbørsfeltet. I denne rapporten er en "drop in-drop out" HBV-hydrologisk modell benyttet. Flomberegningsmetodene og den hydrologiske modellen er validert ved bruk av observasjoner fra nærliggende områder. Observasjonsdata inkluderer historiske målinger av temperatur, nedbør og avrenning.

I del II er det utført hydrauliske beregninger for både dagens situasjon og en før-tiltak-situasjon. Ved de hydrauliske beregningene er empiriske metoder for lukekapasitet og vannføring over terskler benyttet, i henhold til Vassdragshåndboka [1] og Hydraulic in Open Channel Flow av Ven Te Chow [2].

Revisjonsoversikt	Versjon	Kontroll	Sign	Godkjenning	Sign
Flomberegning og hydraulikkvurdering UTKAST	00	04/04/2025	TRØ	04/04/2025	MM
Flomberegning og hydraulikkvurdering, første oversendelse	01	13/05/2025	TRØ	14/05/2025	MM
Justert etter gjennomgang med Enebakk kommune	02	26/05/2025	SDE	27/05/2025	MM

Innhold

Sammendrag	2
1 Bakgrunn og formål	5
1.1 Grunnlag	6
1.2 Feltbeskrivelse.....	6
1.3 Klima og regional-væranalyse	7
1.4 Hydrologiske forhold i nedbørsfeltet	8
2 Flomberegningsmetoder	9
2.1 Statistiske metoder (flomfrekvensanalyser)	10
2.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse	10
2.1.2 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS)	10
2.2 Nedbør-avløpsanalyser	10
2.2.1 PQRUT	11
3 Valg av klimafaktor og kvalitetsklasse.....	11
4 Beregningsresultater	12
4.1 Statistiske beregningsmetoder	12
4.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse	12
4.1.2 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS RFFA-2018)	13
4.1.3 Regional flomfrekvensanalyse	13
4.2 Nedbør-avløpsanalyser	14
4.2.1 PQRUT	14
5 Oppsummering av flomberegninger	14
6 Hydrauliske beregninger	16
6.1 Damkrone og lukekapasitet	18
6.2 Flomsimulering - før-tiltakssituasjon	19
6.3 Flomsimulering - etter-tiltakssituasjon	20
6.4 Forskjeller mellom før-tiltakssituasjon og etter-tiltakssituasjon	21
7 Oppsummering fra flomsimulering og flomkart.....	22
8 Beregning av minstevannføring.....	23
9 Før, eksisterende og tilbakeføringsplan	24
9.1 Vågvann	26
9.2 Tangenelva	27
9.3 Tilbakeføring	29
10 Referanser.....	32
Vedlegg	33

Figurerer og tabeller

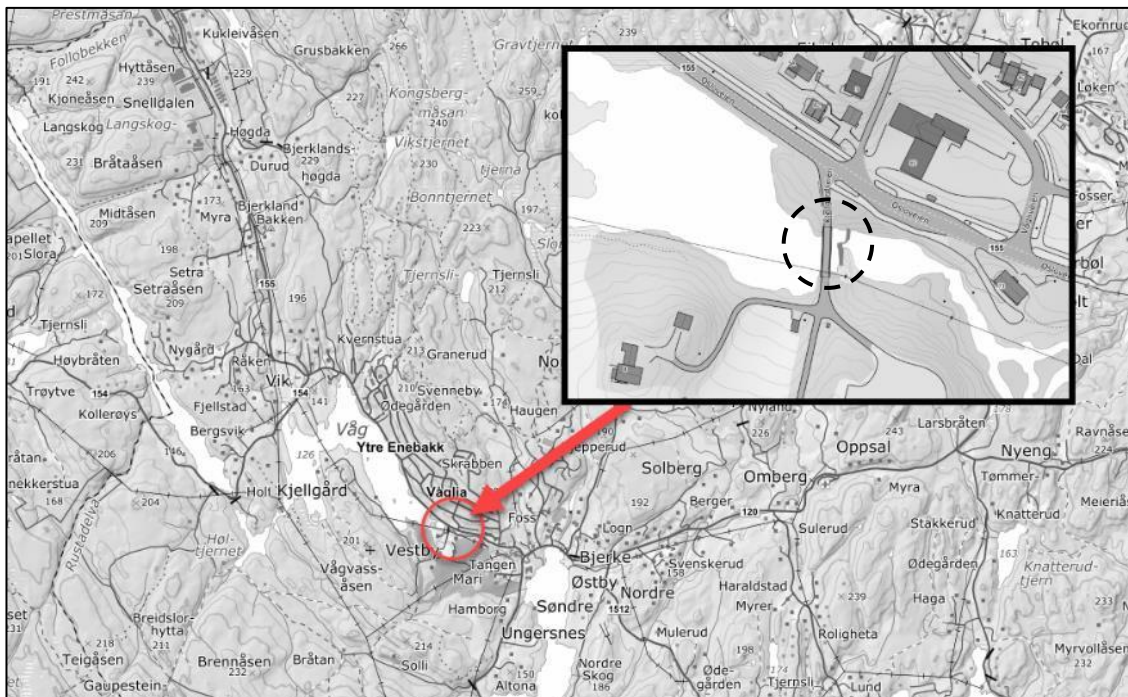
Figur 1-1 - Vågvann og Vestby bru dam (Norgeskart).....	5
Figur 1-2 - Nedbørsfelt og feltegenskaper (Utklipp fra SCALGO) [2].....	6
Figur 1-3 - Historisk nedbørskart (gjennomsnitt årlig nedbør 1991-2020) – Regionalt og lokalt område. Utklipp fra senorge.no [6].....	7
Figur 1-4 - Prognosert avrenningskart for 2031-2060	8
Figur 1-5 - Simulert vannføring [m^3/s] i Vågvann (2005-2023).....	9
Figur 1-6 - Variasjon av vannføring, snø og regn i løpet av ett år. Denne grafen er utarbeidet etter HBV hydrologiske modellering for 2005-2023. Svarte linjer: Vannføring (simulert), blå linje: Snødybde (simulert), oransje linje: Regn.....	9
Figur 3-1 - Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologiske data grunnlag [9].....	11
Figur 4-1 - Flomberegninger vha. lokal flomfrekvensanalyse.....	12
Figur 6-1 - innløp, utløp og Hydrauliske betingelser benyttet i HEC-RAS	17
Figur 6-2 - Flomsonekart for 200 års flom før-tiltakssituasjon. Det blå arealet viser flomsonen. .	19
Figur 6-3 - Flomsonekart for 200 års flom, etter-tiltakssituasjon. Blå arealet viser flomsonen.	20
Figur 6-4 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom.....	21
Figur 6-5 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom.....	22
Figur 6-6 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom.....	22
Figur 8-1 - Utarbeidet varighetskurve ved terskel.	23
Figur 9-1 - Terskelsituasjon i 2018 (før kappestøp ble utført)	24
Figur 9-2 - Terskelsituasjon for før-tiltakssituasjon, etter 2018 (bilde fra oppstrøms)	25
Figur 9-3 - Terskelsituasjon etter reparasjon og ombygning av ny kappestøp med glideluke (2021) – Eksisterende situasjon (bilde tatt i 2025).....	25
Figur 9-4 - Oversiktstegning for situasjonen av før og etter tiltaket ble utført.....	26
Figur 9-5 - Vannsone for en middelvannføring (normalt år) ved Tangenelva (før situasjon)	28
Figur 9-6 - 200 års flom ved Tangenelva (før situasjon).....	28
Figur 9-7 - Terskel og vannbasseng, etter-tiltakssituasjon. Vannbassenget er fylt igjen med sprengstein.	30
Figur 9-8 - Luke ved terskel.....	30
Figur 9-9 - Planlagt tilbakeføring	31
 Tabell 1-1 - Grunnlagsdata som er benyttet i flomberegninger og hydrauliske analyser	6
Tabell 4-1 - Beregnede flommengder for ulike gjentakintervall vha. NEVINA.....	13
Tabell 4-2 - Beregnede flommengder for ulike gjentakintervall vha. NIFS-metoden	13
Tabell 4-3 - Feltparametre brukt i PQRUT-metoden for Vågvann	14
Tabell 4-4 - Tilleggsparametre, starttilstand og konsentrasjonstid brukt i PQRUT-metoden for Vågvann	14
Tabell 4-5 - Flommengdeverdier fra PQRUT-metode for forskjellige gjentakintervall.....	14
Tabell 5-1 - Beregnede flommengder vha. forskjellige metoder og for forskjellige gjentakintervall	15
Tabell 6-1 - Beregningskonfigurasjon benyttet i HEC-RAS 6.6	17
Tabell 6-2 - Vannstand beregnet for ulike gjentakintervall. Benyttet i utarbeidelse av flomkart. 19	
Tabell 6-3 - Vannstand beregnet for ulike gjentakintervall. Benyttet i utarbeidelse av flomkart. 20	
Tabell 8-1 - Middelvannføring og minstevannføring for 90-persentil i Vågvann.....	23
Tabell 9-1 - Sammenligning av før, etter og tilbakeføring ved Vågvann	27
Tabell 9-2 - Sammenligning av før, etter og tilbakeføring ved Tangenelva	27

Del I - Hydrologi

1 Bakgrunn og formål

Enebakk kommune har gjennomført utbedringer på dam Vestby bru som demmer opp innsjøen Våg. Disse utbedringene ble gjennomført i 2018 og 2021. I 2018 ble det støpt på 18 cm betong på damkrona, samt at deler av damkonstruksjonen ble fylt igjen med sprengstein. I 2021 ble det gamle bjelkestengselet fjernet og erstattet med en glideluke med lysåpning 2x2 meter. Det har ikke blitt søkt konsesjon ved noen av arbeidene på Vestby bru dam. NVE har sendt varsel om retting av tiltakene i og ved Vestby bru dam. Enebakk kommune skal ifm. retting tilbakeføre Vestby bru dam til før-tilstand etter godkjent plan. NVE anbefaler i en e-post datert 18.02.25 Enebakk kommune å utføre flomberegninger for før- og ettersituasjon ifm. innsending av plan for retting. AFRY bistår Enebakk kommune med flomberegninger og hydraulisk simulering av flom.

Denne analysen har til formål å beregne flomvannføring, samt kartlegge forskjellene på flomnivået før og etter arbeidene (tiltaket) som er utført på Vestby bru dam. I denne delen av rapporten vurderes nedbørsfeltet med hensyn til areal, arealtype og infiltrasjon basert på ulike kart, analyseverktøy og gjeldende reguleringsplan. Flomberegningene er gjennomført i samsvar med formelverk og normer utarbeidet av NVE. I beregningene er det benyttet NVE nye veileder for flomberegning [3]. Se vedlagte kart over Vestby dam bru og Vågvannet i Figur 1-1 og Figur 1-2.



Figur 1-1 - Vågvann og Vestby bru dam (Norgeskart)

1.1 Grunnlag

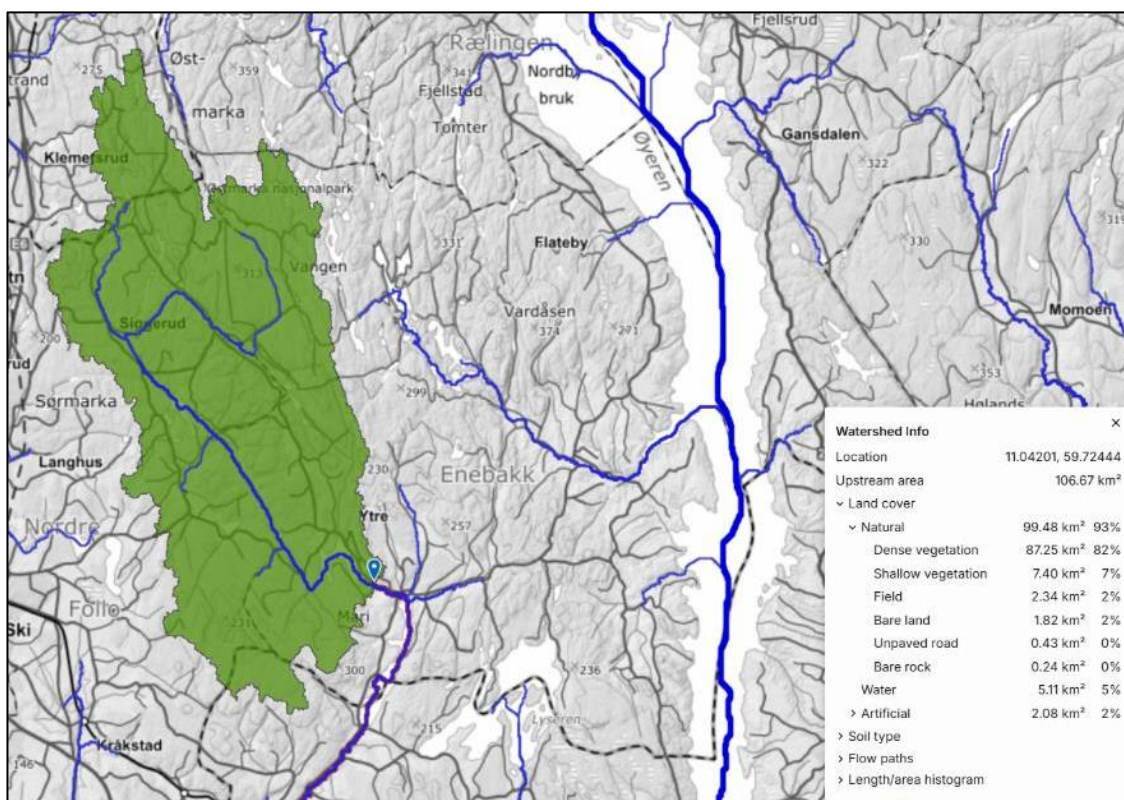
Ulike kilder er benyttet i flomberegninger og hydrauliske analyser. Grunnlaget som er benyttet i denne rapporten er oppgitt i Tabell 1-1. Den nyeste oppdateringen av dataene er hentet inn på tidspunktet da denne rapporten ble utført.

Grunnlag	Kilde
Terrengmodell og avrenningslinjer	SCALGO [4]
Dataserier til vannføring	NVE.sildre.no [5]
Dataserier til temperatur og nedbør	Seklima.met.no [5]
Automatisk flomanalyse	NVE.nevina.no [6]
IVF-kurver	Seklima.met.no [5]

Tabell 1-1 - Grunnlagsdata som er benyttet i flomberegninger og hydrauliske analyser

1.2 Feltbeskrivelse

Analyseverktøyet SCALGO er benyttet for å beregne nedbørsfeltareal og feltegenskaper. Nedbørsfeltet dekker et område på 106,7 km² og utløpspunkt ligger ved koordinatene 11.04201, 59.72444 (Vestby dam) jf. Figur 1-2. Arealbruken består hovedsakelig av naturlig dekke (99,5%), hvorav 87,25 km² er tett vegetasjon, 7,40 km² grunt vegetasjonsdekke, og 5,11 km² er vann. Det finnes også mindre områder med åpenmark, uasfalterte veier, og jordbruksarealer. Kunstig dekke (tette flater) utgjør kun 2% av området, fordelt på asfalterte veier, annen asfalt, og bygninger. Når det gjelder jordtype, dominerer leire med 89,2 km² (84%), mens mindre arealer består av grov leire med sand, gyttje/torv, vann, fjellgrunn og finsand [4]. Dette nedbørsfeltet er benyttet for å estimere gjennomsnitt avrenning i planområdet ved hjelp av klimavurdering og hydrologiske modellering.

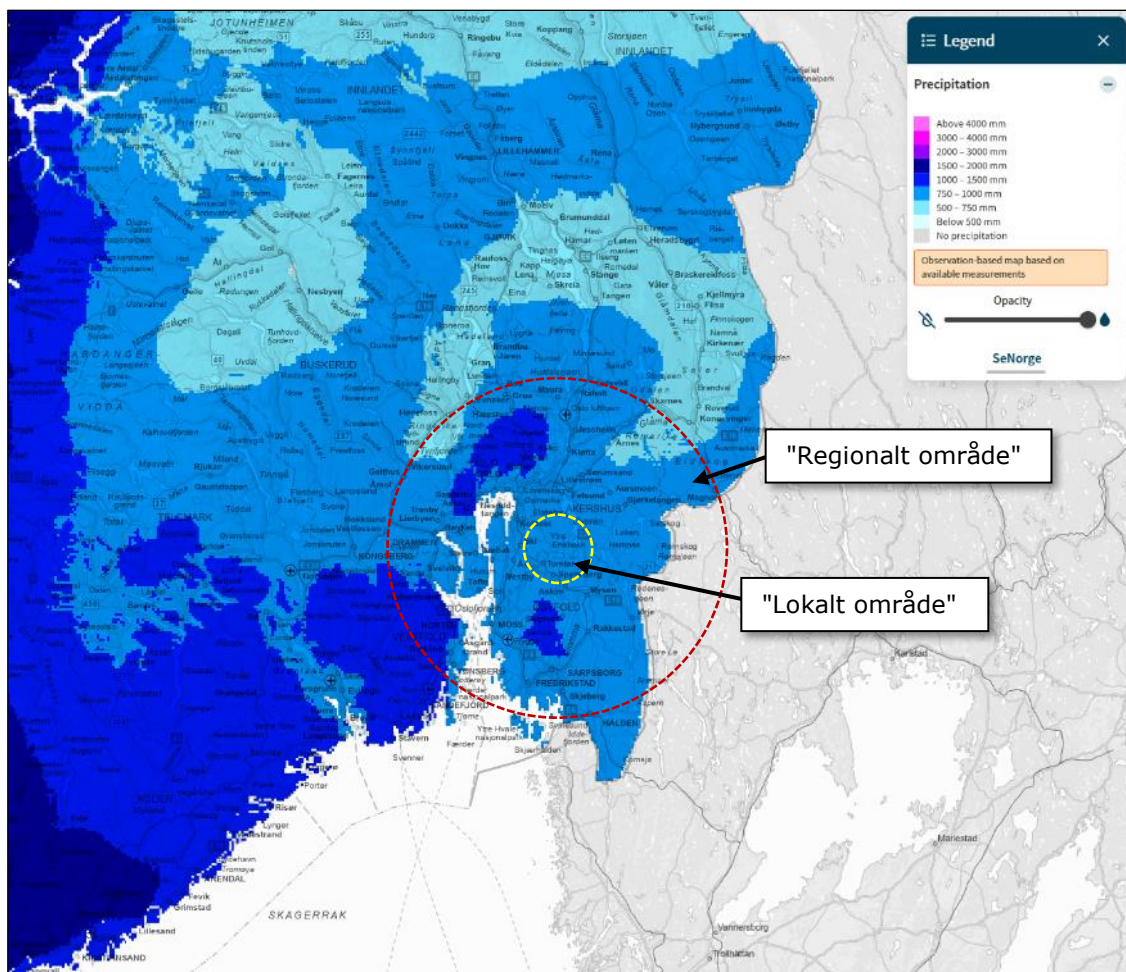


Figur 1-2 - Nedbørsfelt og feltegenskaper (Utklipp fra SCALGO) [2]

1.3 Klima og regional-væranalyse

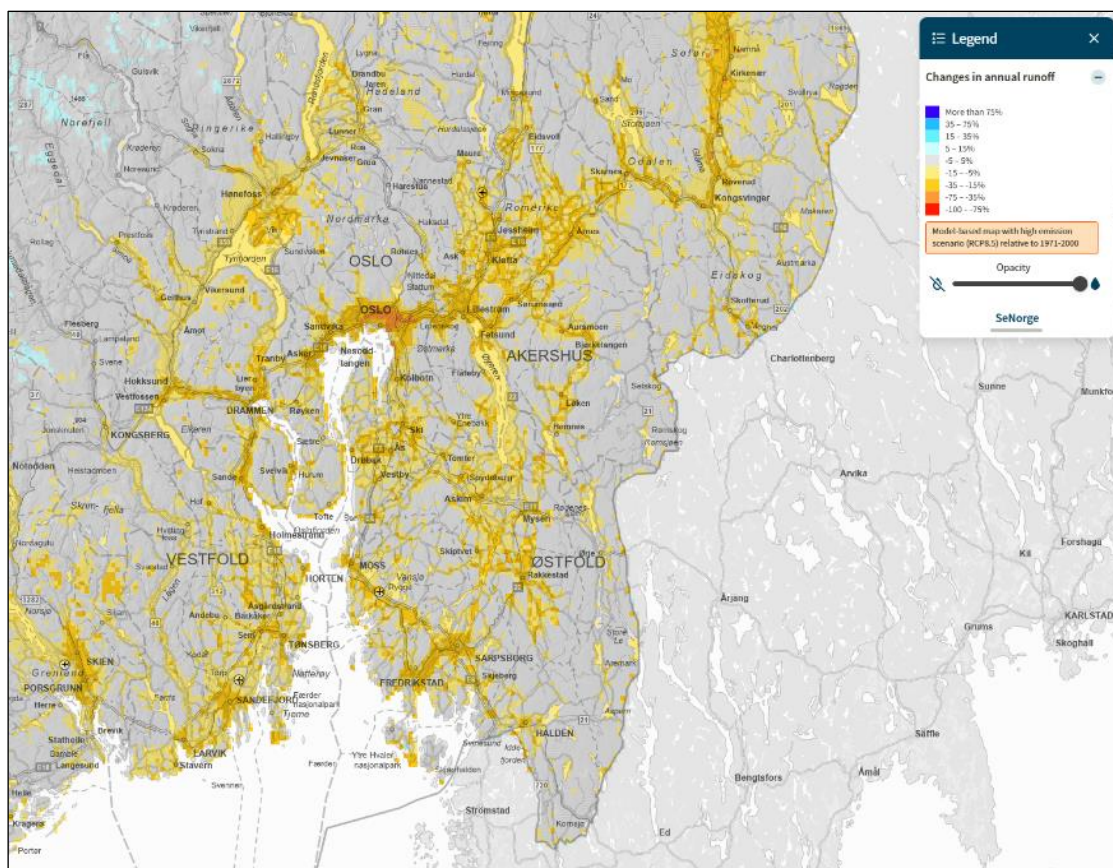
Det er gjennomført en nedbørsanalyse i området med hensyn til nærmeste målestasjoner. Beregninger viser gjennomsnittlig nedbørsmengde på 2,48 mm/dag i nedbørsfeltet knyttet til Vågvann. Nedbørsmengde varierer mellom sommer 2,50 mm/dag og vinter 2,16 mm/dag.

Informasjon om nedbørsmengde er videre benyttet i hydrologisk modell (HBV) og flomberegninger knyttet til nedbør-avløp metoder.



Figur 1-3 - Historisk nedbørskart (gjennomsnitt årlig nedbør 1991-2020) – Regionalt og lokalt område. Utklipp fra senorge.no [7]

På grunn av temperaturstigning og klimaendringer, særlig i regionene sør og øst i Norge, forventes det ifølge NVE mindre nedbør og avrenning i perioden 2031–2060. Likevel er fremtidige klimaendringer bare vurdert med klimafaktor i flomberegningen. Se avrenningskart for 2031-2060 i Figur 1-4.



Figur 1-4 - Prognosert avrenningskart for 2031-2060

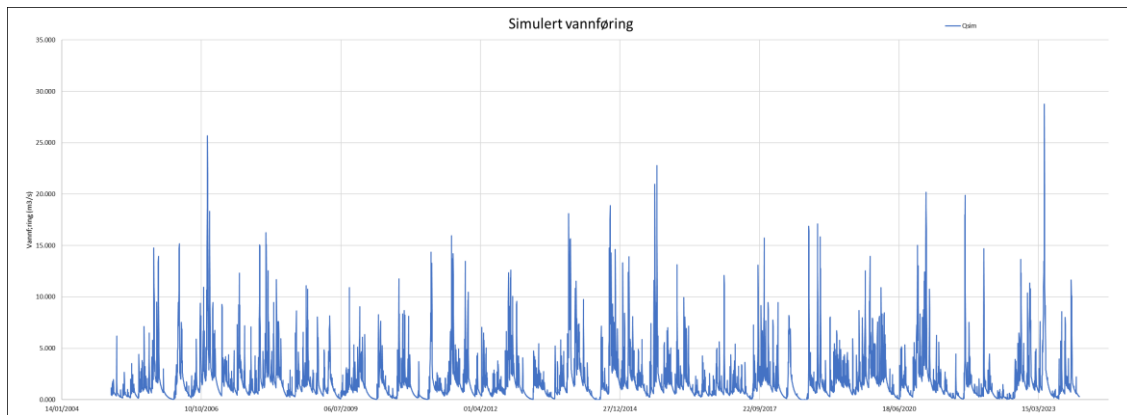
På grunn av manglende vannmålestasjon i eller i nærheten av prosjektområdet er en lokal avrennings- og feltvurdering gjennomført for å estimere gjennomsnittlig vannmengde/avrenning i prosjektområdet. Med hensyn til historisk nedbørsvurdering er det antatt at målestasjonene og vassdragene i nærheten av Vågvann (med lokalt nedbørsfelt) har samme hydrologiske forhold. Felt- og avrenningsfaktorer er hentet fra målestasjoner som ligger innenfor en radius på 100 km fra Vågvann. Dette utgjør totalt 42 målestasjoner. Målestasjonene som ligger nærmere Vågvann er mer vektlagt enn de som ligger lenger unna.

Vektlagt gjennomsnittlig avrenning fra nærliggende vassdrag er beregnet til $19,65 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Denne avrenningen blir brukt for å beregne flomavrenning for prosjektområdet.

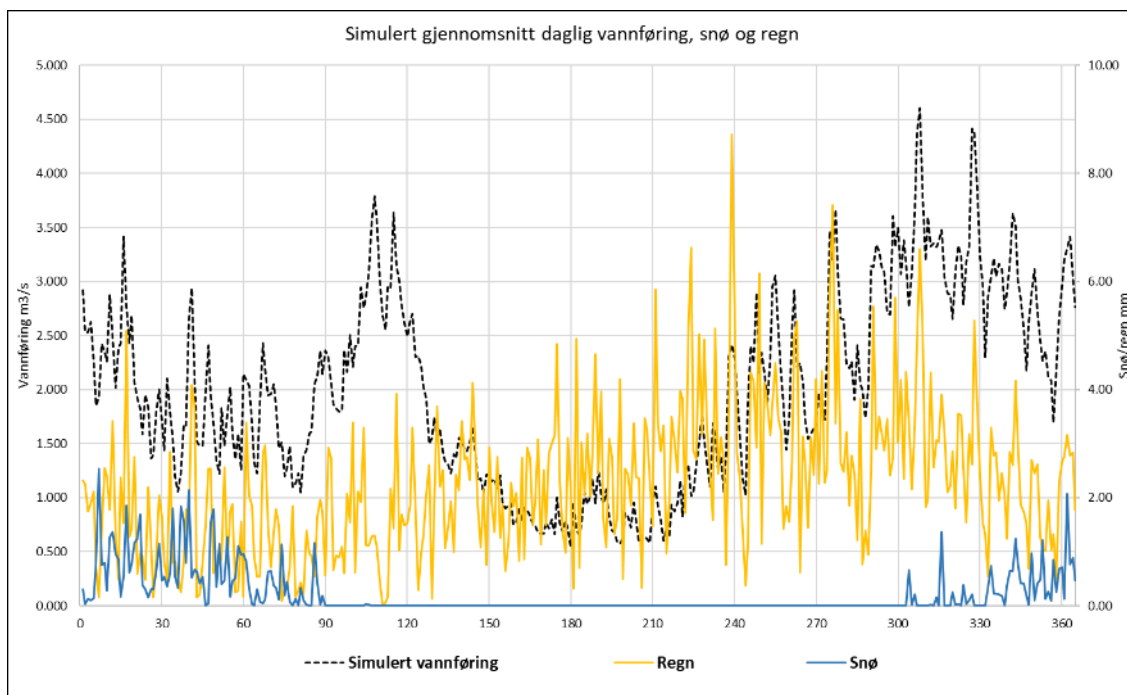
1.4 Hydrologiske forhold i nedbørsfeltet

En hydrologisk modellering er gjennomført og presentert i denne rapporten. Den hydrologiske modellen som oftest benyttes for simuleringer og prognoser for vannføring i Norge er en tilpasset versjon av den svenske HBV-modellen, utviklet ved *Svenska Meteorologiska och Hydrologiska Institutet (Bergström, 1976)*. Denne modellen gir en oversikt over hydrologiske forhold innenfor nedbørsfeltet med hensyn til snø og høydefordelinger. Modellen er kalibrert ved hjelp av nærliggende vannføringsmålestasjoner (Høgfoss) og andre klimadata, basert på over 20 års data fra et nedbørsfelt på 300 km^2 . Simulert vannføring i perioden mellom 2005 og 2023 er gitt i Figur

1-5. Figur 1-6 også viser et årlig gjennomsnitt vannføring, regn og snø-mengde i nedbørsfeltet tilknyttet prosjektområdet. Plot for simulert vs. observert vannføring er oppgitt i vedlegg 5.



Figur 1-5 - Simulert vannføring [m^3/s] i Vågvann (2005-2023)



Figur 1-6 - Variasjon av vannføring, snø og regn i løpet av ett år. Denne grafen er utarbeidet etter HBV hydrologiske modellering for 2005-2023. Svarte linjer: Vannføring (simulert), blå linje: Snødybde (simulert), oransje linje: Regn

2 Flomberegningsmetoder

Det finnes ulike metoder som kan benyttes for flomberegninger, men generelt kan metodene inndeles i to hovedgrupper: flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyser. Flomfrekvensanalyser kan utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, beregnede vannføring tidsserier eller eventuelt konstruerte dataserier. Flomfrekvensmetoden kan også benyttes til ulike typer av regionale flomfrekvensanalyser som utføres for et begrenset antall stasjoner i en liten region, eller for et større antall stasjoner for et stort geografisk område.

Nedbør-avløpsmetoden bruker frekvensanalyser av nedbørdata som input. Nedbørverdiene (og eventuelt snøsmelteverdier) overføres så til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller eller formler som for eksempel flommodulen i PQRUT eller den Rasjonelle metoden.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har utarbeidet retningslinjer for hvordan bestemmelser i "Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg" (dam sikkerhetsforskriften) kan oppfylles. Retningslinjene gir en detaljert beskrivelse av anbefalt arbeidsgang ved beregning av vannføring under flommer på forskjellige nedbørsfelt med inntil 1000 års gjentakintervall. Ingen av metodene er feilsikker og resultater bør vurderes kritisk. NVE anbefaler at det brukes flere enn en metode ved beregning av flomvannføringer hvis mulig.

De overnevnte retningslinjene er ment for større felt (>20 km²), men kan brukes med forsiktighet for felt som er mindre. NVE har også utarbeidet en nyere veileder [3] med fokus på flomberegninger i små felt, det er denne veilederen som i hovedsak blir benyttet for Vågvann. Små felt er i veilederen definert opp til 50 km².

2.1 Statistiske metoder (flomfrekvensanalyser)

2.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse

På grunn av relativt stor usikkerhet i flomberegninger ved bruk av NIFS-metoden, er det benyttet en lokal flomfrekvensanalyse. Flere nærliggende vannføringsmålestasjoner er inkludert i analysen. Resultatene fra beregningene er validert og kontrollert ved hjelp av ulike valideringsmetoder (for eksempel resultater fra hydrologiske modell og NVE- vær og avrenningskart) for å sikre en pålitelig dimensjonerende 200-årsflom.

I denne metoden flomverdier er beregnet ved bruk av Gumbel-distribution for å estimere middelflom, 5, 100, 200 års flom og kulminasjonsverdier ift. nedbørsfeltet knyttet til Vågvann.

2.1.2 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS)

Der det ikke foreligger avrenningsmålinger kan flomvannføring også beregnes ved bruk av formelverk utviklet av NVE, «Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt» [3]. Flomformlene uttrykker sammenhengen mellom flomstørrelse og feltparametere som karakteriserer avrenningen fra feltet. Metoden beregner middelflom om ut fra midlere spesifikk avrenning q_n og skalerer opp til q_t ved bruk av vekstkurver. Formelverket er basert på ett sett med ligninger for hele Norge. Dette formelverket er gyldig for vassdrag med nedslagsfelt opp til 53 km².

Det er etablert en regional flomfrekvensanalyse som tar hensyn til alle målestasjoner i fylket. Flomverdiene er deretter justert basert på lokale nedbørsmengder for å estimere realistiske flomverdier for nedbørsfeltet tilknyttet Vågvann.

2.2 Nedbør-avløpsanalyser

Det er to relativt kjente metoder for flomberegning, dette er nedbør-avløpsmetoden, kjent som PQRUT-metoden for større felt (mer enn 2 km²). PQRUT-metoden (Precipitation-Runoff-Urbanized Terrain) er en hydrologisk modell som benyttes til å simulere nedbør- og avløpsprosesser i urbane områder, og spesielt for å beregne flomvannføring i nedslagsfelt. Metoden kombinerer nedbørsdata, landbrukstekniske faktorer, samt urbane forhold for å gjøre realistiske beregninger av flomrisiko.

Ved bruk av nedbør-avløpsmetoder omregnes nedbør i et gitt nedbørfelt til vannføring ved utløpet av feltet. Alle overflatedata er hentet av SCALGO kan ses i Figur 1-2. Dimensjonerende flom er beregnet ut fra følgende formel:

$$Q_{dim,T} = Q_T * F_k$$

Hvor:

$Q_{dim,T}$: Dimensjonerende flomvannføring for returperiode T (m³/s)

Q_T : Beregnet flomvannføring for returperiode T med dagens klima (m³/s)

F_k : Klimafaktor for flomvannføring for fremtidige klimaendringer

2.2.1 PQRUT

Flomvannføring modelleres ved bruk av nedbørs-avløpsmodell hvor avrenning fra et nedbørsfelt bestemmes ved å løse uttrykket:

$$\frac{dh}{dt} = P - q \quad (1)$$

I uttrykket betegner dh/dt endring i vannmengden som magasineres innenfor nedbørsfeltet pr. tidsenhet, P er input av vann fra nedbør og snø og q betegner avrenning fra feltet.

Nedbørens forløp gjennom hendelsen konstrueres i henhold til anbefaling gitt i [3], dvs. nedbøren fordeles symmetrisk omkring høyeste intensitet slik at akkumulert nedbørsmengde i sammenlignende tidspunkt svarer til aktuelt gjentaksintervall.

Avrenning fra feltet beregnes vha. Uttrykket:

$$q = \begin{cases} k_2 \cdot h & \text{hvis } h \leq T \\ k_1(h - T) + K_2 \cdot T & \text{hvis } h > T \end{cases} \quad (2)$$

Hvor modellparametrene k_1 , k_2 og T bestemmes ved formlene i tabell 5.3 i [3]. Ligningssystemet er her løst ved bruk av NVEs åpne beregningsverktøy [8]. For initialtilstanden til feltet er det antatt en metningsgrad på 100%.

3 Valg av klimafaktor og kvalitetsklasse

Klimafaktor for flomberegninger er hentet fra klimaprofilen for Oslo og Akershus. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20% for Oslo og Akershus, med unntak av hovedløpet i Glomma og Vorms, der klimapåslaget er 0% [9]. **I flomberegningene i denne rapporten er det derfor benyttet en klimafaktor på 1,2.**

Iht. anbefalinger til NVE er også usikkerheten til kvaliteten på det tilgjengelige hydrologiske datagrunnlaget vurdert. Dette gjøres gjennom en klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget, der klasse 1 er best og klasse 5 er dårligst. Flomberegningene i denne rapporten er sikret av HBV hydrologisk modellering. **På grunn av eksisterende vær- og klimamålestasjoner i nærheten av planområdet, er klasse 1 valgt, med et godt hydrologisk datagrunnlag og observasjoner.**

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

Figur 3-1 - Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologiske data grunnlag [10]

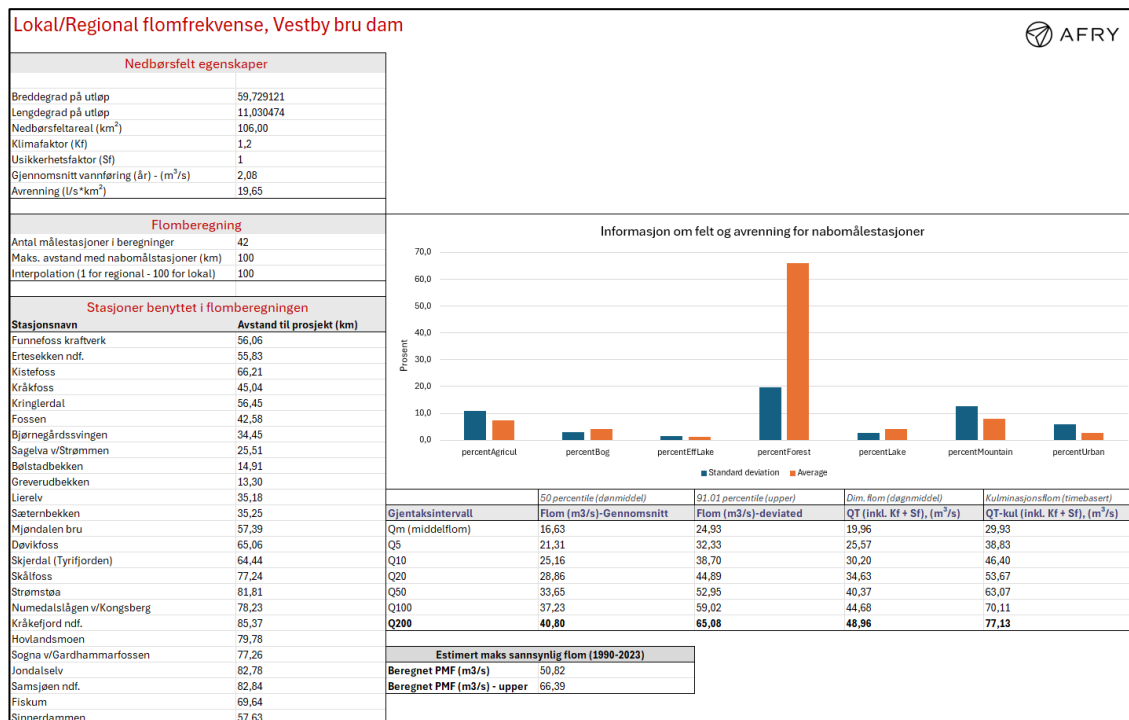
4 Beregningsresultater

4.1 Statistiske beregningsmetoder

4.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse

Vha. lokal flomfrekvensanalyse er det beregnet flomverdier basert på døgnmiddel-verdier, samt en timebasert kulminasjonsverdi for ulike gjentakintervaller, ref. Figur 4-1. Figur 4-1 viser også informasjon om nedbørfelt og avrenning fra målestasjonene som er brukt i flomberegningen. Det er tre ulike flommengder som er beregnet:

- 1) Gjennomsnitt flom: beregnet forventet flom mht. gjennomsnitt av flomverdier i lokalt området. Denne flomverdi er døgnmiddel.
- 2) Flomavvik: beregnet flom med minimum usikkerhet (sikkerhetsmengde er angitt øverst i kolonnen)
- 3) Kulminasjonsverdi: Kulminasjonsverdien er flomverdien knyttet til beregnet maksimal vannføring for et tidsintervall på 1 time.



Figur 4-1 - Flomberegninger vha. lokal flomfrekvensanalyse

4.1.2 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS RFFA-2018)

Det er gjennomført en flomberegning vha. NEVINA (NVE sin flomberegning interaktivt verktøy). Gjennomførte beregninger med denne metoden er vist i Tabell 4-1. Flomberegninger med denne metoden gir døgnmiddelvannføring. NEVINA benytter datagrunnlaget mellom 1961 og 1990. Dette kan føre til usikkerhet i beregninger.

Gjentaksintervall	Flommengde (m ³ /år)
Qm (middelflom)	19,44
Q5	25,68
Q10	30
Q20	34,08
Q50	39,6
Q100	43,68
Q200	47,76

Tabell 4-1 - Beregnede flommengder for ulike gjentaksintervall vha. NEVINA

4.1.3 Regional flomfrekvensanalyse

Flomverdier med tilsvarende gjentaksintervall med denne metoden er gitt i Tabell 4-2. Se detaljerte resultater i vedlegg 6.

Gjentaksintervall	Flommengde (m ³ /år)
Qm (middelflom)	22,60
Q5	28,04
Q10	32,50
Q20	36,78
Q50	42,31
Q100	46,46
Q200	50,60

Tabell 4-2 - Beregnede flommengder for ulike gjentaksintervall vha. NIFS-metoden

4.2 Nedbør-avløpsanalyser

4.2.1 PQRUT

Flomberegning ved bruk av PQRUT-metoden gir en dimensjonerende flom (Q_{200}) på 59,02 inkl. klimafaktor. Felt og tilleggsparmetre brukt i flomberegningen er vist i Tabell 4-3. Flomberegningsresultat ved bruk av PQRUT-metoden er vist i Tabell 4-4.

Vassdrag	A [km ²]	H25 [m]	H75 [m]	dH [m]	F _L [km]	HL [m/km]	ASE %	qN [l/skm ²]	Askog [%]	P [mm/år]	D _T [km ⁻¹]
Vågvann	106	158	228	70	17,5	4,0	2,3	19,0	0.19	470	2,1

Tabell 4-3 - Feltparametre brukt i PQRUT-metoden for Vågvann

Vassdrag	F _C [mm]	As [%]	E _p [mm/døgn]	S _m [%]	Q _{Start} [m ³ /s]	T _c [time]
Vågvann	150	0	2,0	72	0	1

Tabell 4-4 - Tilleggsparmetre, starttilstand og konsentrasjonstid brukt i PQRUT-metoden for Vågvann

Følgende tilleggsparmetre utover de vist i Tabell 4-3 og Tabell 4-4 beregnes og benyttes videre i flommengdeberegning vha PQRUT:

- Øvre tømmekonstant, K1 (1/time) = 0,049 (2016-verdi)
- Nedre tømmekonstant, K2 (1/time) = 0,0084 (2016-verdi)
- Terskelverdi, T (mm) = 38,66 (2016-verdi)
- Perkolasjon, Perc (mm/time) = 0,0025
- Tømming nedre (mm/time) = 0,00042

Beregninger gjennomført med PQRUT-metoden, for ulike gjentakintervall, er vist i Tabell 4-5 og vedlegg 4. Beregningene er gjort vha. NVEs interaktive hjelpemiddel [11].

Gjentaksintervall	Flommengde (m ³ /s)
Q _m	15,41
Q ₅	26,14
Q ₁₀	30,69
Q ₂₀	39,92
Q ₅₀	44,56
Q ₁₀₀	54,01
Q ₂₀₀	59,02

Tabell 4-5 - Flommengdeverdier fra PQRUT-metode for forskjellige gjentakintervall

5 Oppsummering av flomberegninger

Flomberegninger utarbeidet med nedbør-avløpsmodellen (PQRUT-metoden) har relativt høy usikkerhet. Slike modeller må kalibreres med målte felldata. På grunn av mangel på målte felldata nær Vestby bru dam/Vågvann er resultatene fra denne metoden ikke presise. Derfor er lokal/regional flomanalyser benyttet i beregningen av dimensjonerende flomhendelser.

Vågvann kan ha betydelig effekt på flomvannføringen nedstrøms. Hvis flommen skjer akutt og plutselig, kan magasinet virke som flomdempende magasin. For lengre flomhendelser er flomeffekten fra Vågvann ganske liten. I denne rapporten er effekten av flomdemping derfor ikke vurdert.

Resultater fra flommengdeberegninger er oppsummert i Tabell 5-1.

Gjentaksinterval I	Lokal flomfrekvens (m ³ /s) + Kf	Regional flomfrekvens (m ³ /s) + Kf	NEVINA (m ³ /s) + Kf	PQRUT (m ³ /s)	Kulminasjon + kf (m ³ /s)
Qm	19,96	22,60	19,44	15,41	29,93
Q5	25,57	28,04	25,68	26,14	38,83
Q10	30,20	32,50	30	30,69	46,40
Q20	34,63	36,78	34,08	39,92	53,67
Q50	40,37	42,31	39,6	44,56	63,07
Q100	44,68	46,46	43,68	54,01	70,11
Q200	48,96	50,60	47,76	59,02	77,13

Tabell 5-1 - Beregnede flommengder vha. forskjellige metoder og for forskjellige gjentaksintervall

DEL II – Hydraulikk

I denne delen av rapporten er flomsimuleringer fra før-tiltakssituasjon og etter-tiltakssituasjon presentert. Forutsetninger i simuleringen er presentert i kapittel 6.2 og kapittel 6.3. Ifm. flomsimulering er også påvirkning av damkrone og luke medtatt. Damkrone og lukekapasitet er presentert i kapittel 6.1.

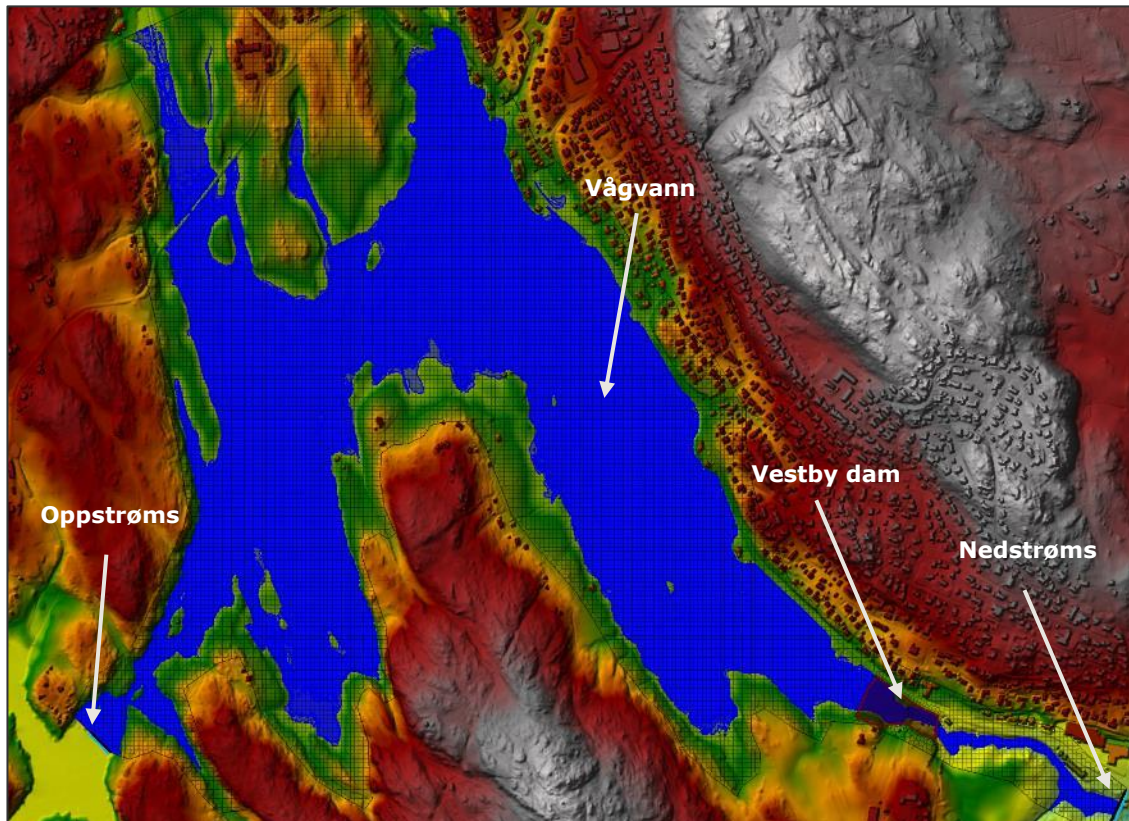
6 Hydrauliske beregninger

2D hydraulisk modellering ved bruk av HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System) er et verktøy som brukes til å simulere og analysere vannstrømmen i elver, bekker og andre hydrauliske systemer. I motsetning til tradisjonelle 1D-modeller som bare tar hensyn til strømmen langs en enkelt linje, tar 2D-modellering hensyn til variasjonen av strømningshastigheter, dybder og andre hydrauliske parametere over hele tverrsnittets areal [12].

HEC-RAS benytter en rutenettbasert tilnærming for å dele studieområdet inn i et nettverk av celler, og skaper en 2D-nettstruktur. Programvaren løser de fulle ligningene for fluiddynamikk for å simulere hydraulikken i systemet. Dette muliggjør en mer nøyaktig fremstilling av strømningsmønstre, vannoverflateprofiler, hastigheter og andre hydrauliske egenskaper [12].

I friskeilstrømning (som er benyttet i 2D hydraulikk modellering) er vannføringen produktet av vannhastighet og strømtverrsnitt, som derfor er innbyrdes avhengige størrelser, men ingen av dem kan velges fritt for en gitt vannføring. Strømningshastigheten, vannhybden og helningen på vannspeilet i strømningsretningen avhenger av bunnens helning, av hvor ru eller glatte bunn og sider er og av om topografien i vannløpet er regelmessig eller har kurver, innsnevring eller utvidelser av tverrsnittet som gir ekstra energitap [1].

I flomsimuleringene er det utført en egen hydraulikkanalyse ved bruk av HEC-RAS 6.6. På grunn av viktigheten av prosjektet er det benyttet en analyse med '2D-Unsteady Flow'-metoden. Denne metoden sikrer at vannstrømmen tar hensyn til både underkritiske og overkritiske strømningstilstander.



Figur 6-1 - innløp, utløp og Hydrauliske betingelser benyttet i HEC-RAS

I dette kapittelet er det utført hydraulikkanalyse med følgende egenskaper:

Parameter	Verdi
Beregningsmetode	Unsteady shallow water equation - SWE-ELM (original faster)
Beregningsperiode	48 timer
Beregningsintervall	1 sekund
Maks. vannføring	77,13 m ³ /s
Ruhetskoeffisient	0,06
Beregningsoppløsning	10*10
Kalibrering	Ikke utført
Geometri	Hentet fra Høydedata.no (1*1)

Tabell 6-1 - Beregningskonfigurasjon benyttet i HEC-RAS 6.6

I flomsimuleringene presentert i kapittel 6.2 og kapittel 6.3:

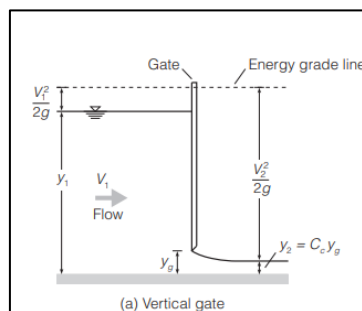
- Før-tiltakssituasjon (kapittel 6.2) omfatter situasjon ved tilbakeføring, altså situasjonen før tiltak ble utført på Vestby bru dam
- Etter-tiltakssituasjon (kapittel 6.3) omfatter situasjon per april 2025, altså situasjonen etter at tiltakene ble utført på Vestby bru dam

Tiltakene som skiller mellom før-tiltakssituasjon og etter-tiltakssituasjon er beskrevet i kapittel 9.

6.1 Damkrone og lukekapasitet

I utarbeidelse av flomkart er vannføring over damkrone, samt lukekapasitet inkludert både for før-tiltakssituasjon og for etter-tiltakssituasjon. Lukekapasiteten er avhengig av vannstand på overløpet. Når vannet går gjennom luken, øker vannhastigheten, og vannlinjen (vannstand over overløp) reduseres betydelig.

Det finnes flere metoder for å beregne lukekapasitet på, og ulike metoder gir forskjellige resultater. Det finnes derfor ikke et konkret svar på lukekapasitet. I dette tilfellet bruker vi en konservativ tilnærming. Vestby bru dam/Vågvann har en svært komplisert hydraulikksituasjon, med både bru oppstrøms, luke og damkrone. Damkronen er bredere enn brupilarene. Under en flomhendelse kan pilarene redusere den frie lenden på damkronen og dermed potensielt senke utløpskapasiteten (overløpskapasiteten). Det ligger noen større steiner nedstrøms for luken, som medfører redusert lukekapasitet. I beregninger for lukekapasitet er ikke disse steinene hensyntatt.



For beregning av lukekapasitet er de empiriske formler iht. Ven Te Chow [2] benyttet:

$$Q = C_d * b * y_g * \sqrt{2gy_1}$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c \frac{y_g}{y_1}}}$$

Hvor:

Q : Luke kapasitet (m^3/s)

C_d : Vannføringskoeffisient

C_c : strømningskontraksjonskoeffisient

b og y_g : Bredde og høyde på luke (m)

y_1 : Vannstand oppstrøms av terskel (m)

For å estimere vannstand over terskel er de empiriske formler iht. Ven Te Chow benyttet:

$$Q = C * L * H^{1.5}$$

Hvor:

L : Bredde på damkrone (m.)

H : Vannstand over terskel (m.)

Q : Vannføring (m^3/s)

C : Vannføringskoeffisient

For beregning av vannføring koeffisient (C) er formelen nedenfor benyttet:

$$C = 3.27 + 0.40 * \frac{H}{h}$$

Hvor:

H : Lengde på terskel (m.)

h : Høyde på terskel

6.2 Flomsimulering - før-tiltakssituasjon

I flomsimuleringen for før-tiltakssituasjon er det antatt at bjelkestengsel er fjernet og at luken er helt åpen. Damkronenivå er satt lik 127,72 moh., og vannstand over damkrone er følgende for ulike gjentakintervall:

Gjentaksintervall	Vannstand over damkrone (moh.)	Lukekapasitet (m ³ /s)
Q _m	127,83	15,03
Q ₅₀	128,09	15,86
Q ₁₀₀	128,13	16,03
Q ₂₀₀	128,17	16,18
Q ₂₀₀ kulminasjon	128,40	16,96

Tabell 6-2 - Vannstand beregnet for ulike gjentakintervall. Benyttet i utarbeidelse av flomkart

Flomsonekartet er utarbeidet av HEC-RAS for ulike gjentakintervall. Figur 6-2 viser en 200 års flomhendelse for før-tiltakssituasjon. De andre flomsonekartene er gitt i vedlegg 7.



Figur 6-2 - Flomsonekart for 200 års flom før-tiltakssituasjon. Det blå arealet viser flomsoneen.

6.3 Flomsimulering - etter-tiltakssituasjon

I flomsimuleringen for etter-tiltakssituasjon er det antatt at glideluke i stål har vært fullstendig åpen. Damkronenivå er satt lik 127,9 moh., og vannstand over damkrone er følgende for ulike gjentaksintervall:

Gjentaksintervall	Vannstand over damkrone (moh.)	Lukekapasitet (m ³ /s)
Q _m	127,98	15,94
Q ₅₀	128,25	16,50
Q ₁₀₀	128,30	16,65
Q ₂₀₀	128,34	16,81
Q ₂₀₀ kulminasjon	128,57	17,84

Tabell 6-3 - Vannstand beregnet for ulike gjentaksintervall. Benyttet i utarbeidelse av flomkart

Flomsonekartet er utarbeidet av HEC-RAS for ulike gjentaksintervall. Figur 6-3 viser en 200 års flomhendelse for etter-tiltakssituasjon. De andre flomsonekartene er gitt i vedlegg 7.



Figur 6-3 - Flomsonekart for 200 års flom, etter-tiltakssituasjon. Blå arealet viser flomsonea.

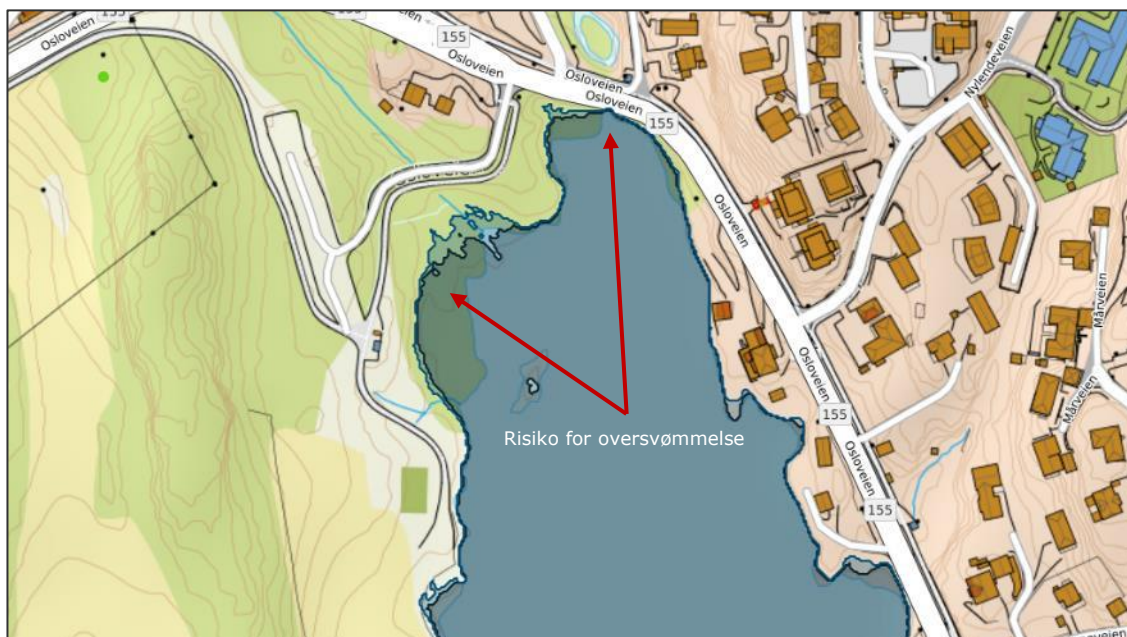
6.4 Forskjeller mellom før-tiltakssituasjon og etter-tiltakssituasjon

På grunn av geometrien i Vågvann og området rundt, viser flomsimuleringene ingen betydelig forskjell mellom flomsonene for før- og etter-tiltakssituasjon. Generelt så vil vannstanden ligge noe høyere oppstrøms i Vågvann for etter-tiltakssituasjon grunnet at damkronen er hevet.

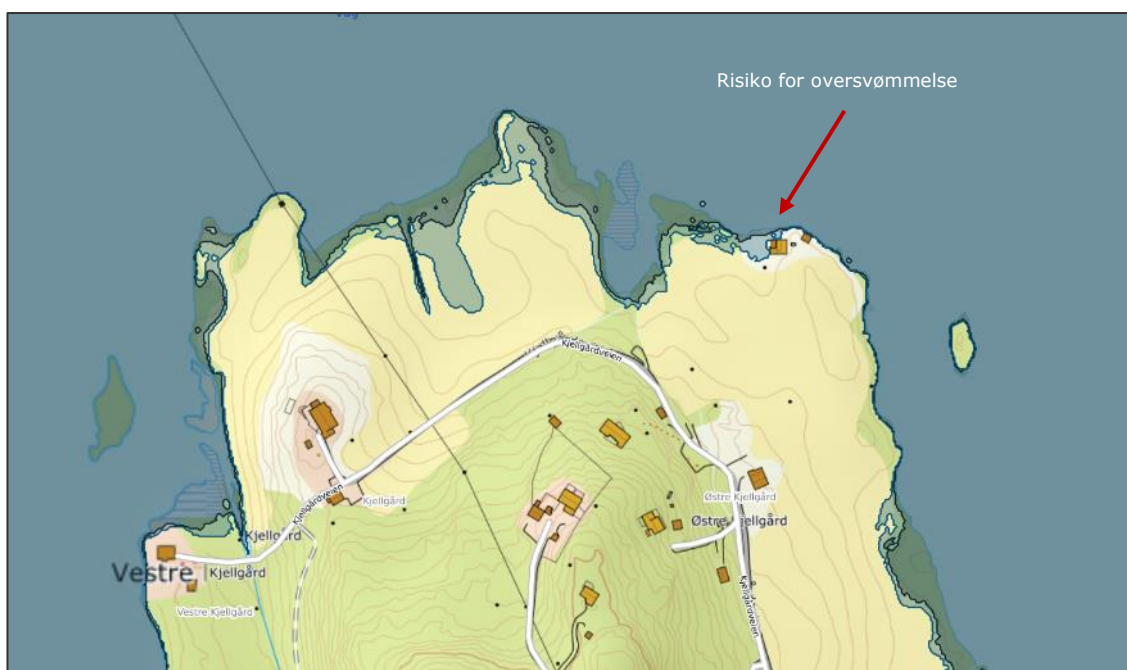
Her er hovedforskjellene tilknyttet en 200 års-flom oppsummert.



Figur 6-4 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom



Figur 6-5 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom



Figur 6-6 - Flomsonekart før (mørk blå) og etter (lys blå) – dimensjonerende 200 års flom

7 Oppsummering fra flomsimulering og flomkart

Denne rapporten sammenligner flomutbredelsen for før-tiltakssituasjonen og etter-tiltakssituasjonen. Resultatene fra de hydrauliske simuleringene viser ingen vesentlig forskjell mellom disse to situasjonene, selv om store flomhendelser kan øke risikoen for bebyggelse sør for Oslovegen.

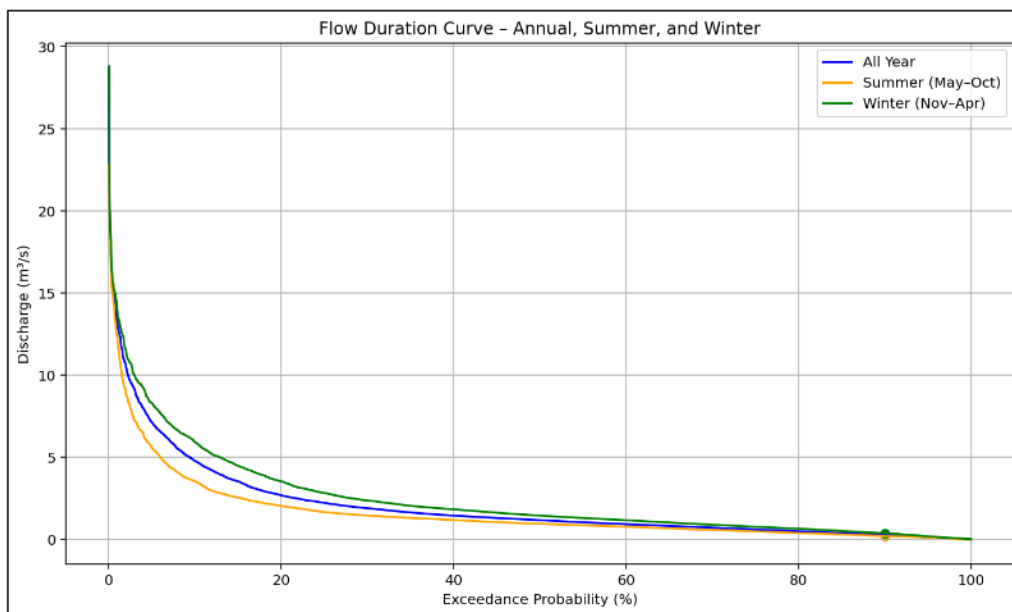
Luken har en dynamisk kapasitet, slik at høyere vannstand gir høyere gjennomstrømming. Etter heving av damkronen med 18 cm viser beregningene av lukekapasiteten øker med mer enn 1 m³/s. Dette er hovedårsaken til den minimale forskjellen mellom flomsonene. Beregning av lukekapasitet er en "iterativ" prosess som krever numerisk modellering, men i denne rapporten er det kun antatt et "worst-case"-scenario i beregningene.

De hydrauliske beregningene viser også at ulike flommengder gir nokså like flomsoner. Flomsonen er noe større for etter-tiltakssituasjon. Dette indikerer at vannstanden i Vågvann hovedsakelig styres av terskelens reguleringshøyde, og i mindre grad av flommengden.

På grunn av den komplekse hydrauliske utformingen av Vestby bru dam og terskel, reflekterer ikke beregningene i denne rapporten fullt ut en realistisk situasjon. For å få til en mer nøyaktig flomsimulering, kan det derfor utføres kartlegging av bunnen i Vågvann samt modellering av den hydrauliske infrastrukturen i en dynamisk hydraulisk modell.

8 Beregning av minstevannføring

Det er laget en varighetskurve der terskelen er etablert, som danner grunnlaget for valg av minstevannføring i Tangelva, ref. Figur 8-1. Varighetskurvene for sommer- og vinterperioder viser at avrenningen fra nedbørsfeltet er høyere om vinteren enn om sommeren. Disse kurvene er utarbeidet ved hjelp av hydrologisk modellering basert på data fra nedbørsfeltet som drenerer til Vågvann.



Figur 8-1 - Utarbeidet varighetskurve ved terskel.

Tabell 8-1 viser minstevannføringen tilsvarende 90-persentilen for sommer, vinter og årsmiddel for vannføringen i Vågvann. Kravet til minstevannføring i Tangelva bør tilpasses ved dammen for å sikre en stabil og tilstrekkelig vannføring. Riktig minstevannføring må avklares i dialog med NVE.

	Middelvannføring (m³/s) - innløp	90 persentil (m³/s)
Årlig	1,99	0,26
Sommer	1,58	0,20
Vinter	2,41	0,37

Tabell 8-1 - Middelvannføring og minstevannføring for 90-persentil i Vågvann

9 Før, eksisterende og tilbakeføringsplan

I 2018 ble det gjennomført betydelige reparasjonsarbeider på dammen. Det ble påført et kappestøp med et betonglag på cirka 18 cm over den eksisterende damkronen. Vannbassenget nord for luken ble fylt igjen med sprengstein, rør i bunn av vannbassenget ble fjernet og deler av dammen rett oppstrøms for damkronen ble fylt igjen med sprengstein. I tillegg ble det i 2021 installert en glideluke med en lysåpning på omtrent 2×2 meter.

I dette kapittelet beskrives situasjonen for Vågvann og Tangenelva både før og etter disse tiltakene, med fokus på hvordan tiltakene har påvirket den overordnede situasjonen. Videre gir kapittelet en oversikt over den planlagte tilbakeføringsprosessen, som har som mål å håndtere fremtidige utfordringer knyttet til minstevannføring, drift av dammen og oppstrøms flomsonene iht. tilbakemeldinger fra NVE.

De beregnede vannførings- og hydrologiske verdiene som presenteres i denne rapporten er basert på et omfattende datasett som dekker de siste 19 årene. Denne dataen danner grunnlaget for analysene, og det er antatt at vannføringen til Vågvann (fra det tilknyttede nedbørsfeltet) har vært konstant over tid. Med andre ord, vannføringen til Vågvann har vært den samme både før og etter at tiltakene ble utført. De samme hydrologiske dataene er også benyttet i utviklingen av den planlagte tilbakeføringsplanen.



Figur 9-1 - Terskelsituasjon i 2018 (før kappestøp ble utført)



Figur 9-2 - Terskelsituasjon for før-tiltakssituasjon, etter 2018 (bilde fra oppstrøms)



Figur 9-3 - Terskelsituasjon etter reparasjon og ombygning av ny kappestøp med glideluke (2021) - Eksisterende situasjon (bilde tatt i 2025)

9.1 Vågvann

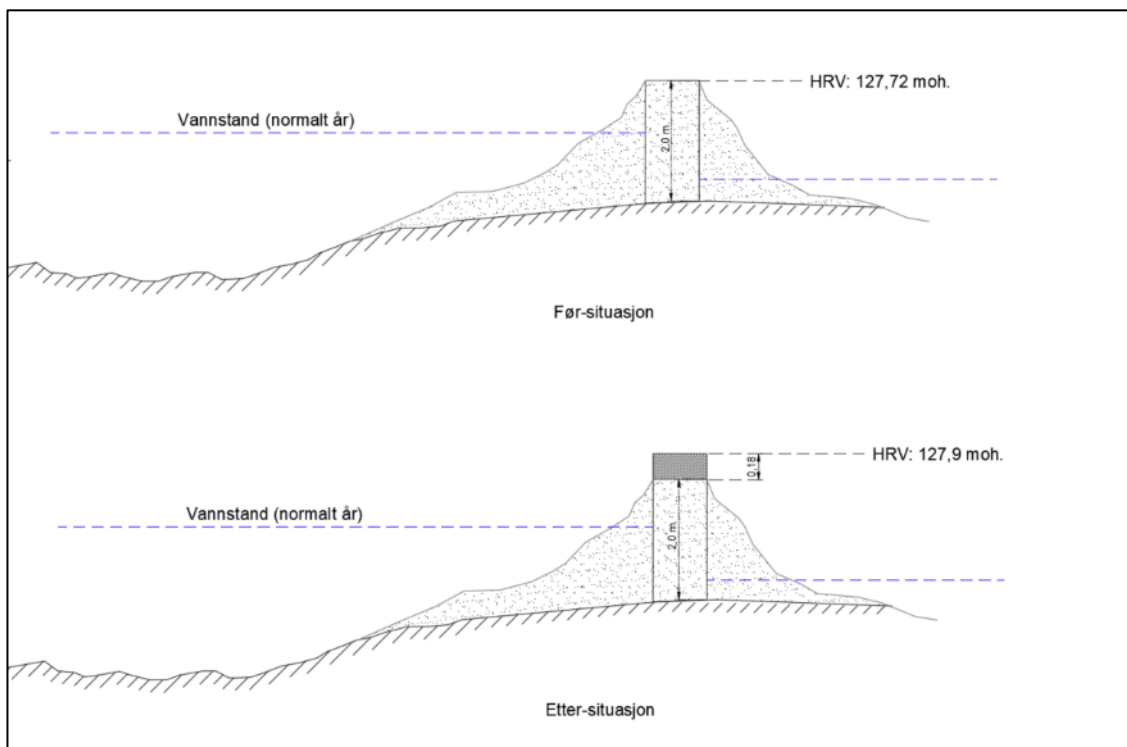
Kapasitet, i form av totalt vannvolum i Vågvann, er ikke kjent, verken i dagens situasjon eller for før-tiltakssituasjon. Det ser ut til at vannstanden i Vågvann alltid holdes innenfor et bestemt nivåintervall. Hele avrenningen fra det tilknyttede nedbørsfeltet fyller først opp magasinet i Vågvann, og overskytende vann ledes deretter gjennom overløpet (her i form av en luke) mot Tangelva for å unngå at magasinet blir overbelastet.

Gjennomsnittlig innløpsmengde til Vågvann er beregnet til 2,0 m³/s. Denne vannmengden fyller først magasinet. Når vannstanden i magasinet er på lukebunnen, vil overskytende vann dreneres ut via luken i terskelen. I den nåværende situasjonen er innløpsmengden estimert til 2,0 m³/s, og utløpsmengden reguleres av glideluken.

Under høyvannsperioder, som i tilfelle av flom, er det en relativt stor sannsynlighet for at vannet i Vågvann ikke kan dreneres raskt nok gjennom luken. Dermed vil overskuddsvannet gå til overløp.

Tiltaket som ble utført i 2018 påvirker vannføringsmengden i Tangenelva. Påvirkningen er avhengig av hvor mye den justerbare glideluken åpnes, endringer i høyden på damkronen, og selvsagt vannstanden i Vågvann (høyere vannstand gir større kapasitet på luken).

Før reparasjonen i 2018 var det et utløpsrør plassert på nordsiden av terskelen. Funksjonen til dette røret er imidlertid ukjent, og det er derfor utfordrende å fastslå den eksakte mengden vann som ble sluppet ut før tiltaket ble gjennomført. Det er også usikkert om det i hele tatt gikk vann gjennom dette røret for før-tiltakssituasjon.



Figur 9-4 - Oversiktstegning for situasjonen av før og etter tiltaket ble utført

	Før	Nå - eksisterende	Tilbakeføring
Vannføring-innløp (m ³ /s) 2005-2023	2,0	2,0	2,0
Vannføring-tilløp (m ³ /s) til Tangenelva	Varierende	Manuelt justering	Minimum 0,27
Luke kapasitet (m ³ /s) (før flommer over)	16,18	17,26	---
HRV (moh.)	127,72	127,90	127,72
LRV (moh.)	Bunn på luke	Bunn på luke	127.1 (fig. 9-9)

Tabell 9-1 - Sammenligning av før, etter og tilbakeføring ved Vågvann

NVE ønsker at det skal informeres om HRV (høyeste regulerte vannstand) og LRV (laveste regulerte vannstand), iht. tilbakemelding på e-post fra NVE 09. april. Ettersom verdiene for HRV (høyeste regulerte vannstand) og LRV (laveste regulerte vannstand) fra før tiltakene ikke er dokumentert, anbefales det å etablere nye nivåer som er hensiktsmessige. HRV bør fastsettes slik at nærliggende områder til Vågvann ikke utsettes for oversvømmelse eller andre uønskede virkninger. LRV bør defineres slik at vannstanden aldri synker så lavt at Vågvann tømmes helt, samtidig som at minstevannføring i Tangenelva nedstrøms opprettholdes.

I denne rapporten er **HRV** (topp damkrone) og **LRV** (bunnen av luke) bestemt av damkonstruksjonen, ref. Tabell 9-1. Vannet senkes aldri lavere enn bunnen av luken, verken i før-situasjon eller den eksisterende situasjonen. For tilbakeføringssituasjon vil vannet i Vågvann bli holdt på et konstant nivå (se kapittel 9.3). I flomperioder kan vannet overstige **HRV** og flomme over damkronen.

Årsaken til at LRV for tilbakeføring er satt på 127,1 moh., er å sikre en gunstig vannstand som forhindrer oversvømmelse av husene rundt magasinet.

9.2 Tangenelva

Vannføringen i Tangenelva i dag er i stor grad kontrollert av forholdene i Vågvann, spesielt vannstanden i magasinet og hvor mye den regulerbare glideluken er åpnet. I den opprinnelige situasjonen – altså før gjennomføringen av tiltaket i 2018 – ble vannføringen fra Vågvann til Tangenelva utelukkende bestemt av vannstanden i Vågvann. Det var med andre ord ingen aktiv regulering, og utløpet skjedde naturlig gjennom terskelen når magasinet var fullt. Det er usikkert om lavvannføring ble sikret for før-tiltakssituasjon.

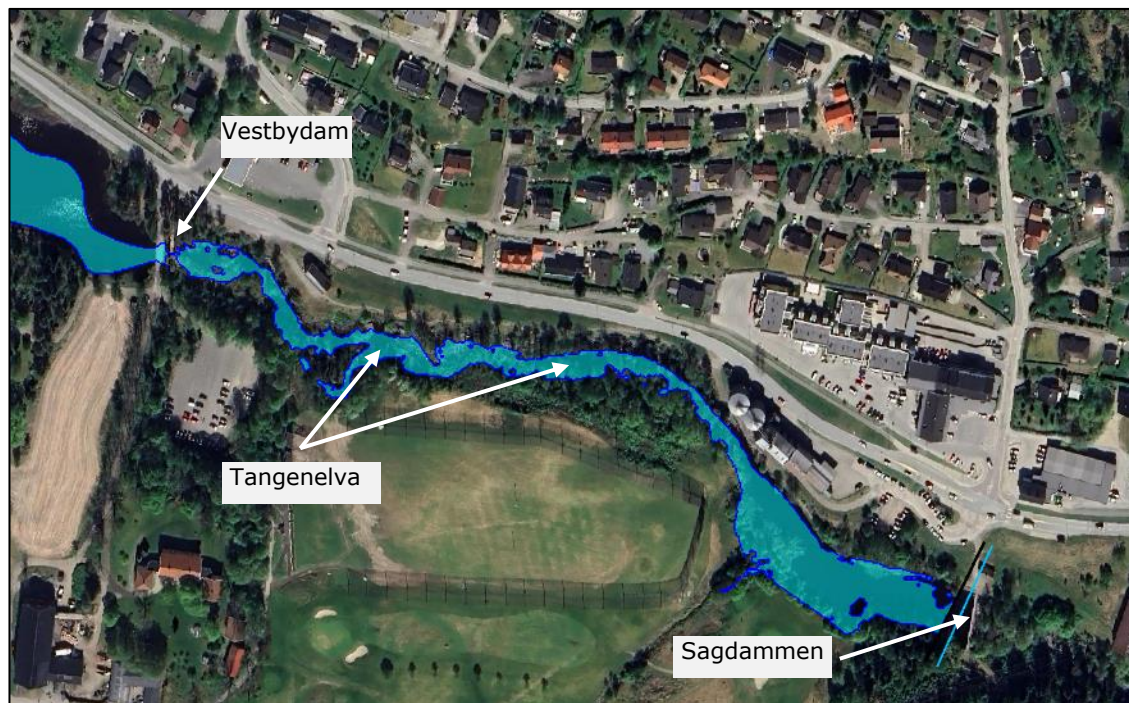
Etter tiltaket er forholdene endret, og i etter-tiltakssituasjon er vannføringen avhengig av både den aktuelle vannstanden i magasinet og hvordan glideluken betjenes. Dette gir større fleksibilitet i reguleringen av utløpet, men gir også behov for en mer kompleks vurdering av vannbalansen.

Fordi en presis beregning av innløpsmengden ville kreve detaljerte og avanserte hydrauliske analyser, er det i denne rapporten valgt å forenkle tilnærmingen. Det er lagt til grunn at vannmengden som slippes ut gjennom luken tilsvarer den vannmengden som tilføres magasinet fra nedbørsfeltet. Med andre ord forutsettes det at luken har tilstrekkelig kapasitet til å drenere all tilført vannføring under normale forhold.

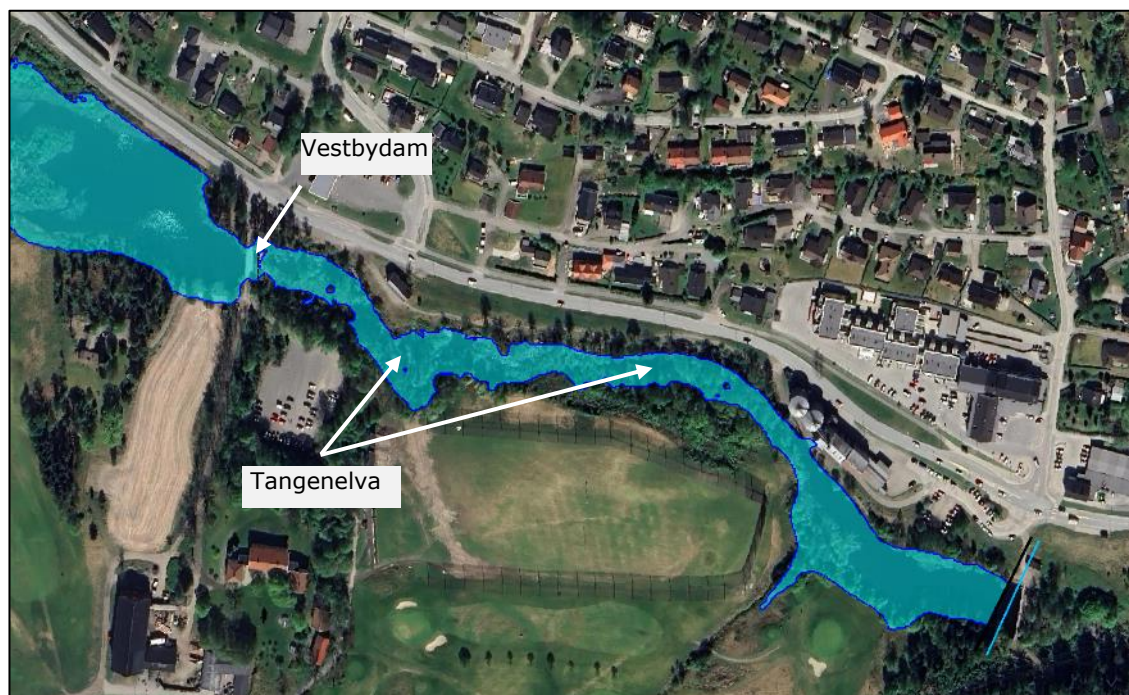
	Før	Nå - eksisterende	Tilbakeføring
Minstevannføring (m ³ /s)	Ukjent	Manuell justering	Planlagt 0,27

Tabell 9-2 - Sammenligning av før, etter og tilbakeføring ved Tangenelva

Figur 9-5 og Figur 9-6 viser hvordan vannet sprer seg i Tangenelva ved henholdsvis middelvannføring og en 200-årsflom. Ifølge NVE Atlas er Tangenelva regulert av en dam (Sagdammen) nedstrøms, som påvirker vannføring og flomutbredelse i elva.



Figur 9-5 - Vannsonen for en middelvannføring (normalt år) ved Tangenelva (før situasjon)



Figur 9-6 - 200 års flom ved Tangenelva (før situasjon)

9.3 Tilbakeføring

For å gjenopprette forholdene til slik de var før tiltakene som ble gjennomført i 2018, er det nødvendig å få vannstanden i Vågvann tilbake til et nivå tilsvarende tidligere situasjon (før-tiltakssituasjon). Ettersom verdiene for HRV (høyeste regulerte vannstand) og LRV (laveste regulerte vannstand) fra før tiltakene ikke er dokumentert, anbefales det å etablere nye nivåer som er hensiktsmessige. Som nevnt tidligere bør HRV fastsettes slik at nærliggende områder til Vågvann ikke utsettes for oversvømmelse eller andre uønskede virkninger. LRV bør defineres slik at vannstanden aldri synker så lavt at Vågvann tømmes helt, samtidig som at minstevannføring i Tangenelva nedstrøms opprettholdes.

Utnyttelse av en manuelt styrt glideluke vurderes som lite egnet, særlig med tanke på varierende innløpsvannføring gjennom året og utfordringer knyttet til styring i flomperioder. I praksis vil det være vanskelig å justere luken i god nok tid i samsvar med både tilførselen til Vågvann og behovet for å sikre minstevannføring til Tangenelva. Det anbefales derfor at glideluken demonteres helt.

Hensikten med tilbakeføringen er todelt hydrologisk sett: for det første å sikre at vannstanden i Vågvann holder seg innenfor tidligere naturlige variasjoner, og for det andre å sikre at minstevannføringen til Tangenelva holdes stabilt på en forutsigbar måte.

Som illustrert i tverrsnitt A-A i Figur 9-9, er det planlagt å fjerne glidelukekonstruksjonen. Terskelhøyden skal justeres slik at Vågvann holder et stabilt nivå gjennom året (ca. 127,5 moh.). Kappetøpen (de 18 cm med påstøp) på damkronen må fjernes. AFRY anbefaler en terskelkonstruksjon med to trinn: ett trinn på 127,1 moh. og det andre på 127,9 moh. (damkronen før 2018). Vannet vil derfor først drenes gjennom det første trinnet ved normal vannstand, og i perioder med høyvann (flomsituasjon) vil vannet gå over trinn 2.

Beregninger viser at et gjennomsnittlig innløp på 2 m³/s til Vågvann, som strømmer over terskelen på trinn 1, vil gi en vannhøyde på omtrent 0,4 meter gjennom luken. Dette resulterer i en gjennomsnittlig vannstand i Vågvann på 127,5 moh., forutsatt at terskelen på trinn 1 ligger på kote 127,1 moh. Det er viktig å merke seg at vannstanden kan variere gjennom året, da innløpsvariasjoner om vinteren og sommeren er forskjellige.

Utløpskapasiteten mellom terskel på trinn 1 og 2 er begrenset til 2-3 m³/s. I perioder med høy vannmengde vil vannet derfor med relativt stor sannsynlighet flomme over terskelen på trinn 2.

Det lille bassenget skal tilbakeføres til sin tidligere tilstand. Det betyr at all jord og masse i bassenget må fjernes. I tillegg må utløpet (nedstrøms) fra bassenget tettes. Dette er nødvendig for å sikre at vannet i Vågvann ikke dreneres ut for raskt.



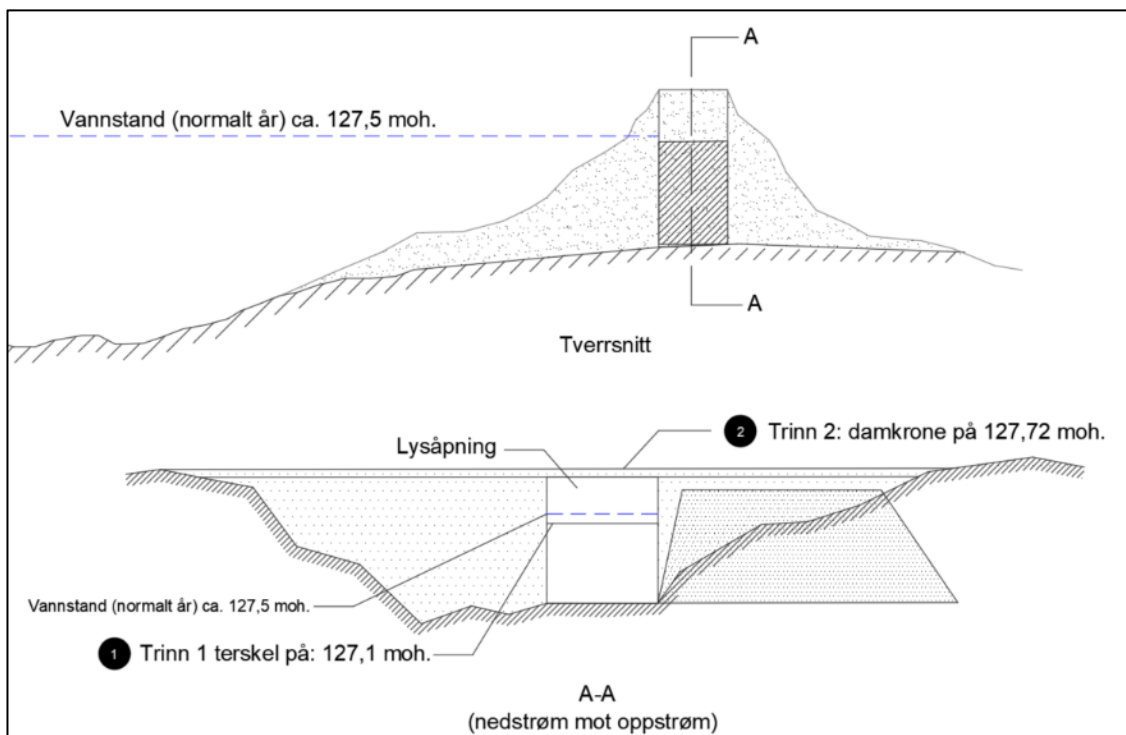
Figur 9-7 - Terskel og vannbasseng, etter-tiltakssituasjon. Vannbassenget er fylt igjen med sprengstein.



Figur 9-8 - Luke ved terskel

Oppsummert tilbakeføring:

- Betonglaget (18 cm kappestøp) på den eksisterende damkronen må fjernes.
- Terskelen i trinn 1 (Figur 9-9) må fastsettes på en bestemt høydekote (127,1 moh.) slik at vannstanden i Vågvann holdes på et hensiktsmessig nivå med tanke på både miljø og flom.
- Fyllmassene/sprengstein i det gjenfylte vannbassenget nord for luke må fjernes.
- Utløp ved lille bassenget skal tettes.
- I perioder med høy vannstand vil tilleggsavrenningen ledes til overløp over damkronen (trinn 2 i Figur 9-9).



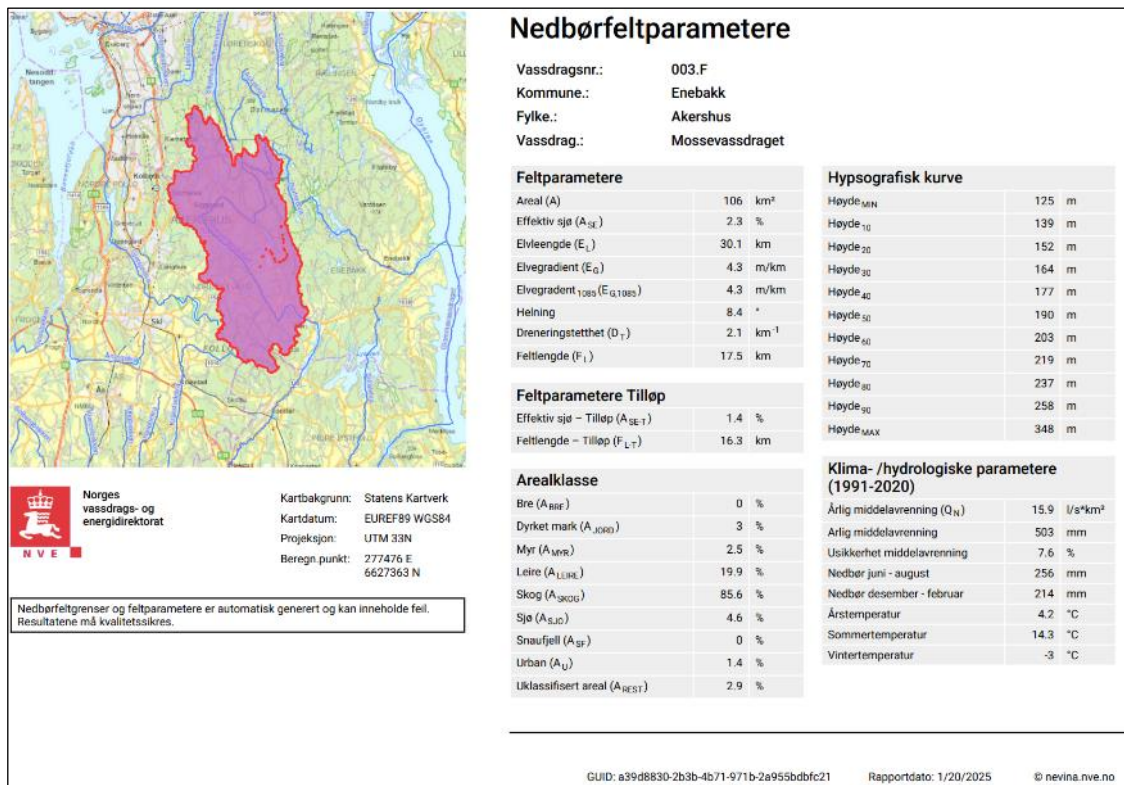
Figur 9-9 - Planlagt tilbakeføring

10 Referanser

- [1] NVE, Vassdragshåndboka, Trondheim: tapir akademiske forlag, 2010.
- [2] V. T. Chow, Hydraulic in Open Channel.
- [3] NVE, «Veileder for flomberegninger,» NVE, Oslo, 2022.
- [4] Scalgo Live, «Scalgo Live,» [Internett]. Available: <https://scalgo.com/>. [Funnet Februar 2025].
- [5] NVE, «Vannstand, vannføring og vanntemperatur hydrologiske data,» [Internett]. Available: <https://sildre.nve.no/>. [Funnet Februar 2025].
- [6] NVE, «NEVINA (Nedbørfelt- og vannføringsindeksanalyse),» [Internett]. Available: <https://nevina.nve.no/>. [Funnet Mars 2025].
- [7] Varsom SeNorge, «Varsom SeNorge,» [Internett]. Available: <https://www.senorge.no/>. [Funnet Februar 2025].
- [8] NVE, «Nedbør-avløpsmodellering med magasin og ruting,» [Internett]. Available: <https://pqROUT.nve.no/#/map>. [Funnet Mars 2025].
- [9] Norsk klimaservicesenter, «Klimaprofil Oslo og Akershus,» Mars 2025. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus>.
- [10] Seklima, «Seklima: Observasjoner og værstatistikk,» [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/>. [Funnet Mars 2025].
- [11] NVE, «Nedbør-avløpsmodellering med magasin og ruting,» 2025. [Internett]. Available: <https://pqROUT.nve.no/#/map>. [Funnet 03 2025].
- [12] USACE Hydrologic Engineering Center, «HEC-RAS Training 2D Unsteady Flow (2021),» [Internett]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rastraining/latest/hec-ras-classes/2d-unsteady-flow-2021>. [Funnet Februar 2025].
- [13] Direktoratet for naturforvaltning, «Slipp fisken fram!,» Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, 2002.
- [14] NVE, «Seriekart, hydrologiske tidsserier,» [Internett]. Available: <https://seriekart.nve.no/>. [Funnet Februar 2025].
- [15] Statens vegvesen, «N200 Vegbygging,» SVV, 2022.

Vedlegg

Vedlegg 1 og 2 – NEVINA rapporter



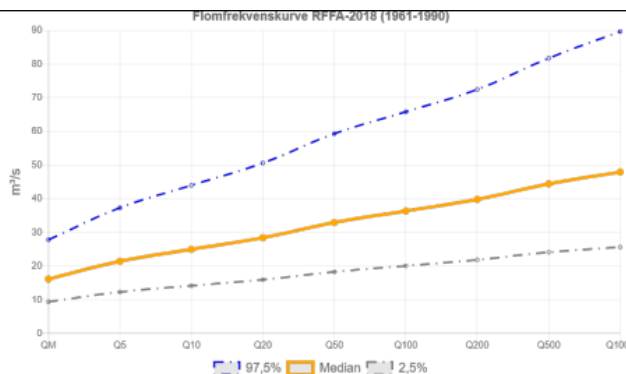
Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 003.F
Kommune.: Enebakk
Fylke.: Akershus
Vassdrag.: Mossevattdraget
Nedbørfeltareal: 106 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	153	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	1.06	-

NIFS-2015

Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km ²
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	1.33	1.55	1.76	2.04	2.25	2.46	2.75	2.97	-
Flomverdier, m ³ /s	16.2	21.4	25	28.4	33.0	36.4	39.8	44.4	48.0	55.7
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	27.8	37.3	44	50.6	59.3	65.8	72.5	81.7	89.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	9.4	12.3	14.2	16.0	18.3	20.1	21.9	24.1	25.6	-

NIFS (kulminasjon)

Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²

Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)										
Flomverdier, m ³ /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /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: a39d8830-2b3b-4b71-971b-2a955bdfc21

Rapportdato: 1/20/2025

© nevina.nve.no



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregning: 277476 E
2627363 N

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

Feltparametere

Areal (A)	106 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	2.3 %
Elvleengde uten sjø (E _{TL,SE})	174 km
Elvegradient (E _G)	4.3 m/km
Elvegradient 1085 (E _{G,1085})	4.3 m/km
Helling	8.4 °
Dreneringstetthet (D _T)	2.1 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	17.5 km

Feltparametere Tilsløp

Effektiv sjø - Tilsløp (A _{SE,T})	1.4 %
Feltlengde - Tilsløp (F _{L,T})	16.3 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	3 %
Myr (A _{MYR})	2.5 %
Leire (A _{LEIRE})	19.9 %
Skog (A _{SKOG})	85.6 %
Sjø (A _{SJO})	4.6 %
Snaufjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	1.4 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	2.9 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	125 m
Høyde ₁₀	139 m
Høyde ₂₅	158 m
Høyde ₅₀	190 m
Høyde ₇₅	228 m
Høyde _{MAX}	348 m

Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

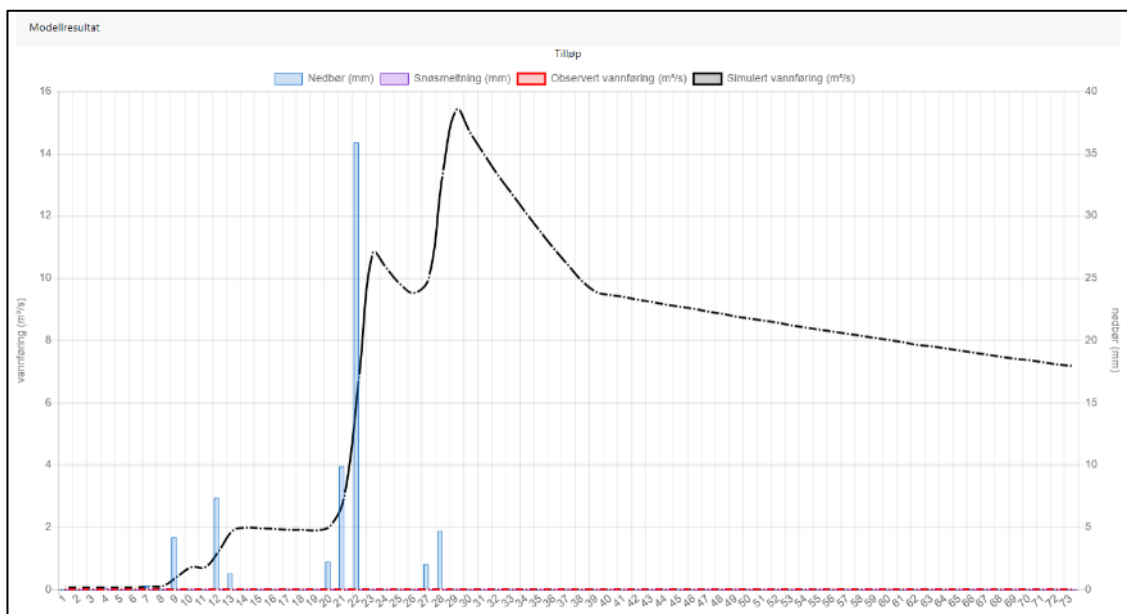
Årlig middelavrenning 1961-1990 (Q _N)	18.1 l/s*km ²
Nedbør juni	69 mm
Nedbør juli	77 mm
Regn og snøsmelting mai	73 mm
Regn og snøsmelting juni	76 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	71 mm
Regn og snøsmelting november	72 mm
Temperatur februar	-6 °C
Temperatur mars	-2.1 °C

Vedlegg 3 – Nedbørdata benyttet i PQRUT

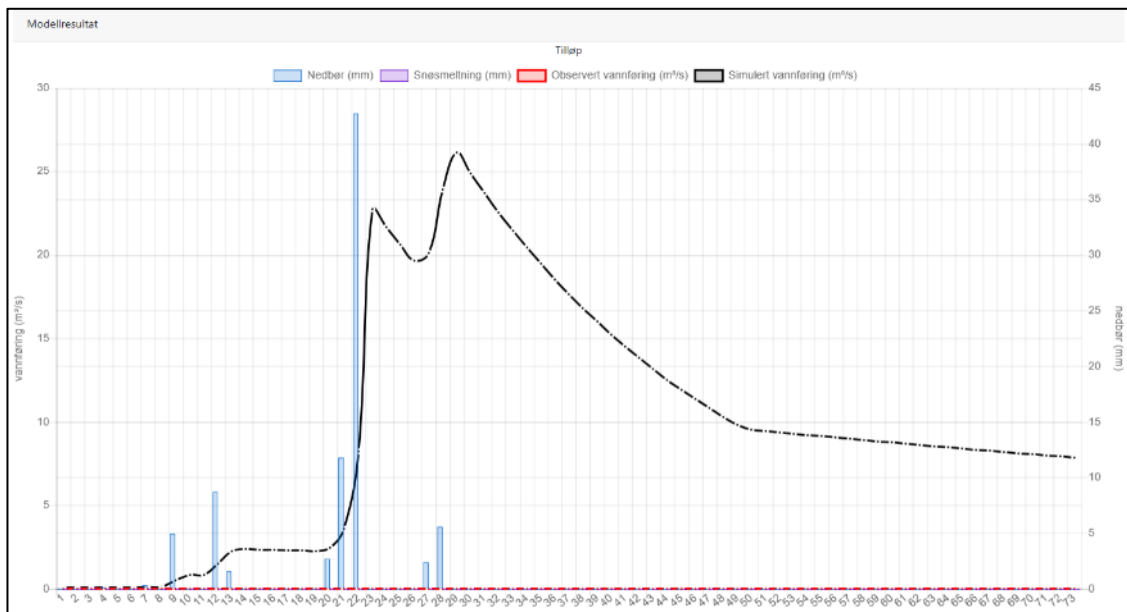
25 års	0,63	0,75	0,8	0,9	0,95	1,05	1,1
Nedbør (mm)	Nedbør Qm (mm)	Nedbør Q5 (mm)	Nedbør Q10 (mm)	Nedbør Q20 (mm)	Nedbør Q50 (mm)	Nedbør Q100 (mm)	Nedbør Q200 (mm)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,06	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4	0,25	0,30	0,32	0,36	0,38	0,42	0,44
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,57	4,14	4,93	5,26	5,91	6,24	6,90	7,23
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,63	7,33	8,72	9,30	10,47	11,05	12,21	12,79
2,02	1,27	1,52	1,62	1,82	1,92	2,12	2,22
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,54	2,23	2,66	2,83	3,19	3,36	3,72	3,89
15,67	9,87	11,75	12,54	14,10	14,89	16,45	17,24
57	35,91	42,75	45,60	51,30	54,15	59,85	62,70
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,18	2,00	2,39	2,54	2,86	3,02	3,34	3,50
7,42	4,67	5,57	5,94	6,68	7,05	7,79	8,16
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Vedlegg 4 – Resultater fra PQRUT

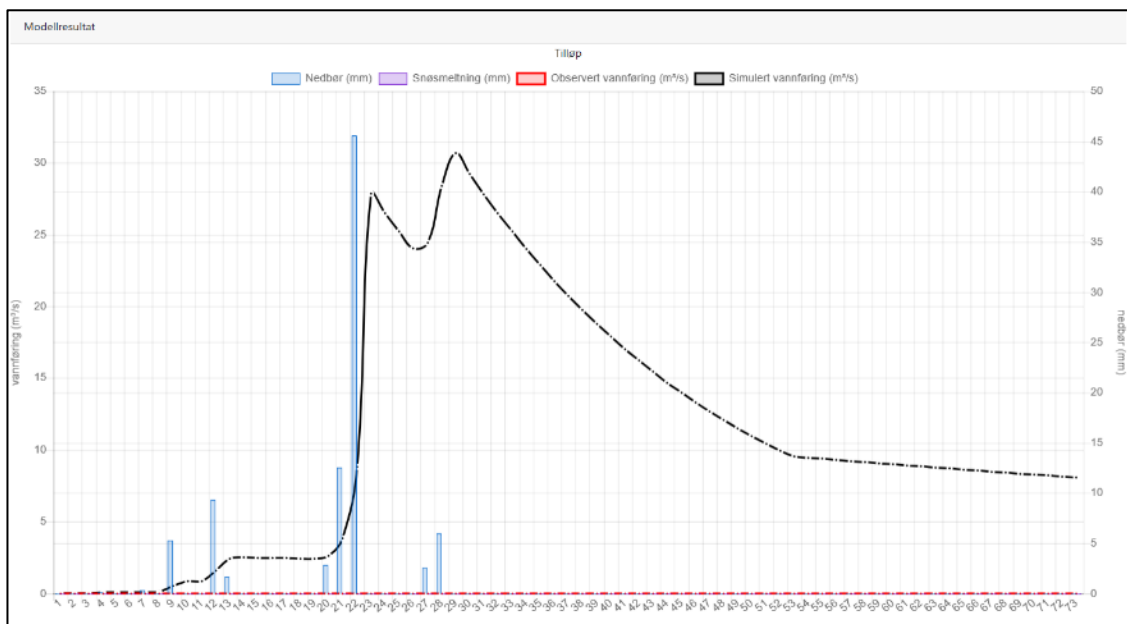
- Qm



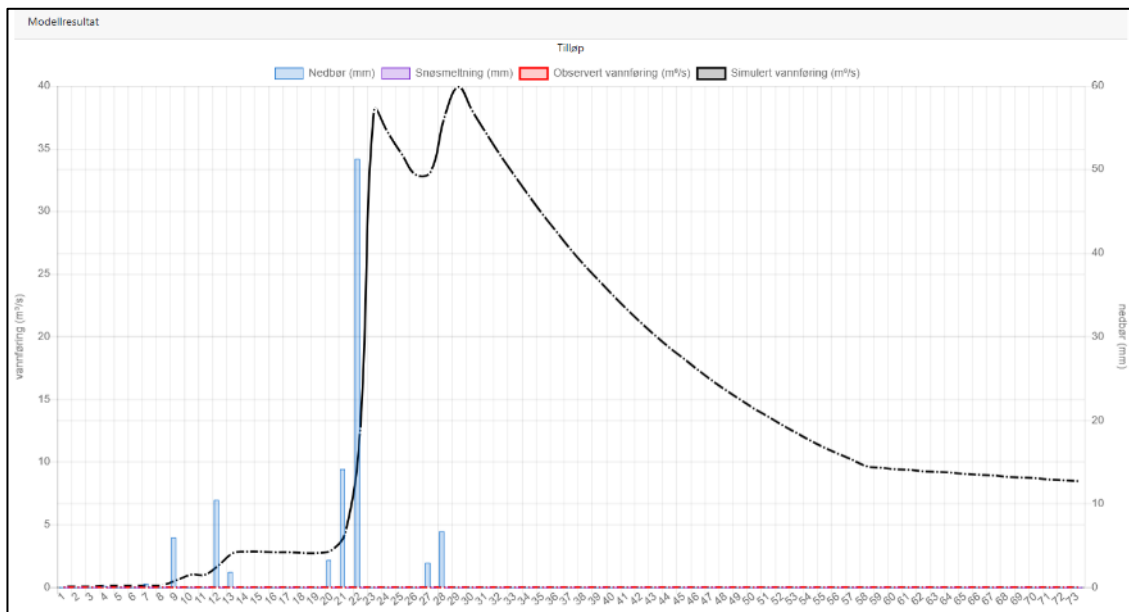
- Q5:



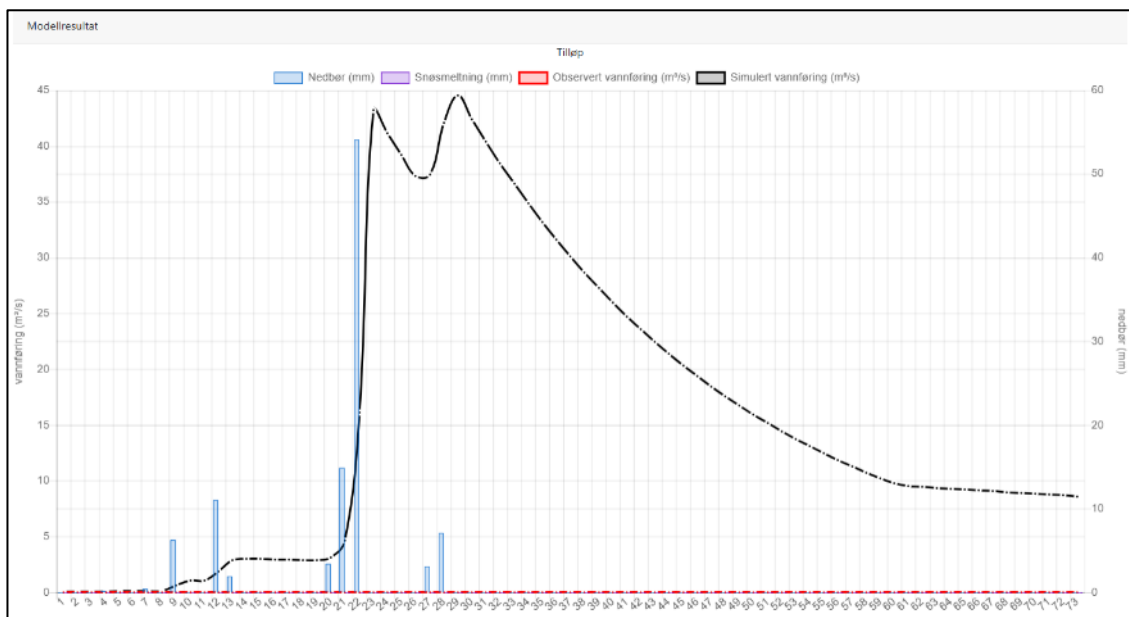
- Q10



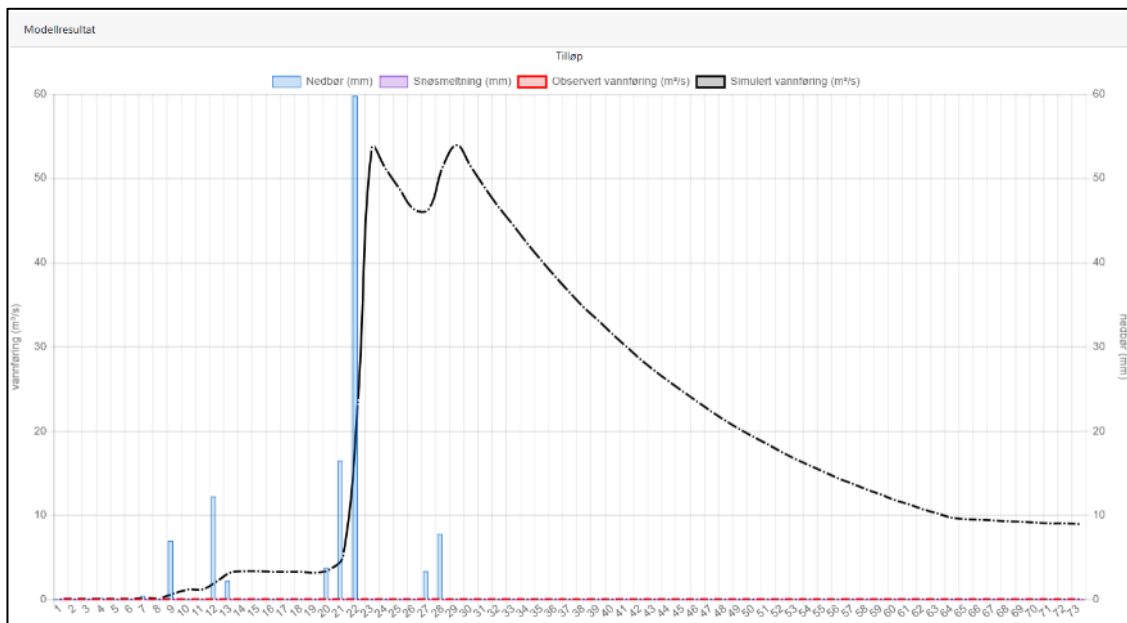
- Q20



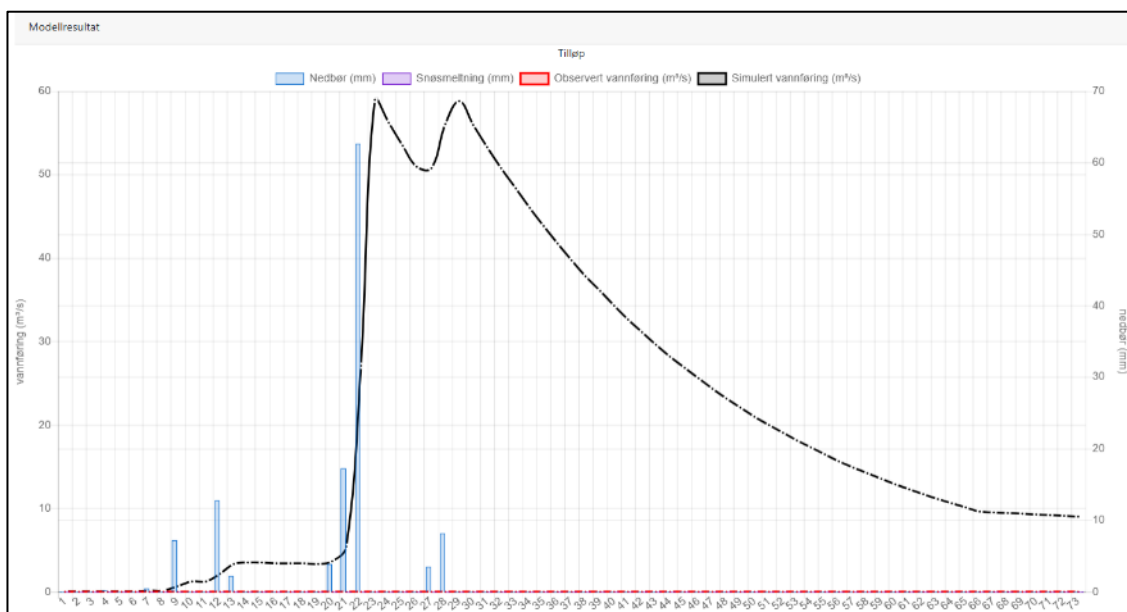
- Q50

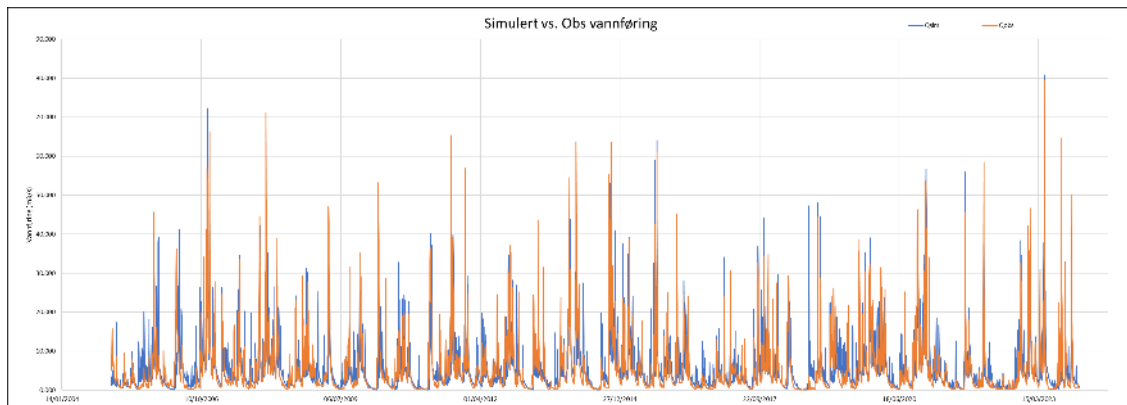
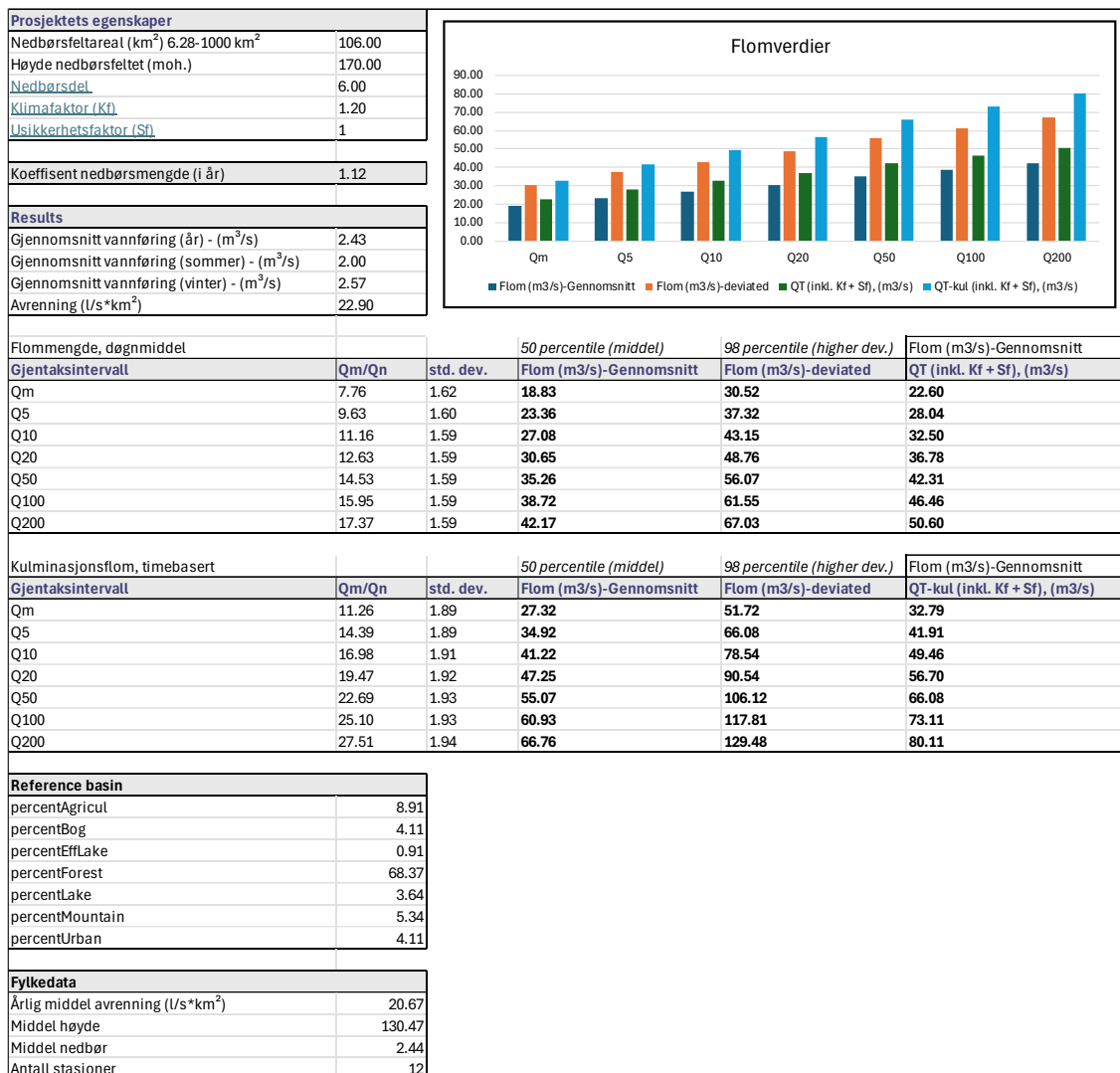


- Q100



- Q200



Vedlegg 5 – Observert vs. Simulert vannføring**Vedlegg 6 – Flomberegninger regional flomfrekvensanalyse (Akershus)****Vedlegg 7 – Flomkart (eget vedlegg)**

