

02/2023  
SVEIO KOMMUNE

# FLOMBEREGNING- DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING OG KLASSIFISERING AV DAM

RAPPORT





02/2023  
SVEIO KOMMUNE

# FLOMBEREGNING- DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING OG KLASSIFISERING AV DAM

RAPPORT

PROJEKTNR.  
A3333357

DOKUMENTNR.

VERSION

UTGIVELSESDATO

01.03.2023

BESKRIVELSE

Flomberegning og DBBB

UTARBEIDET

Gunnar Berg

KONTROLLERT

Odd Ivar Pedersen

GODKJENT



# INNHOOLD

1	Innledning	7
2	Geografisk beliggenhet og beskrivelse av feltparametere	8
3	Magasin, dam og beregningsforutsetninger	9
3.1	Magasin	9
3.1	Dam	9
3.1	Beregningsforutsetninger	11
4	Tilløpsflommer	13
4.1	Flomfrekvensanalyse	13
4.2	RFFA-NIFS	14
4.3	Nedbør-avløpsmodell PQRUT	15
4.4	Valg av beregningsmetode	18
4.5	Vurdering av det hydrologiske grunnlaget	19
5	Dambruddsbølgeberegning	20
5.1	Metode	20
6	Konklusjon og sammendrag	26
7	Referanseliste	27



# 1 Innledning

I forbindelse med konsesjonsøknad om regulering av Forevatn til drikkevannforsyning i Sveio kommune er det utarbeidet en flomberegning og dambruddsbølgeberegning som grunnlag for klassifisering av dammen.

Det er utført flomberegninger og hydrauliske beregninger for en situasjon med 200- og 500-årsflom. Modellerte flomsone vil gi grunnlag for vurdering av konsekvensklasse for planlagt dam.

Kravene til flomberegninger for ulike konsekvensklasser er vist i Tabell 1. Forevatn er forventet å havne i konsekvensklasse 0 på grunn av lav damhøyde og plassering rett oppstrøms kulvert som vil gi en kraftig oppstuvning. Det er i tillegg stor høydeforskjell fra vassdraget og opp til bebyggelsen nedstrøms.

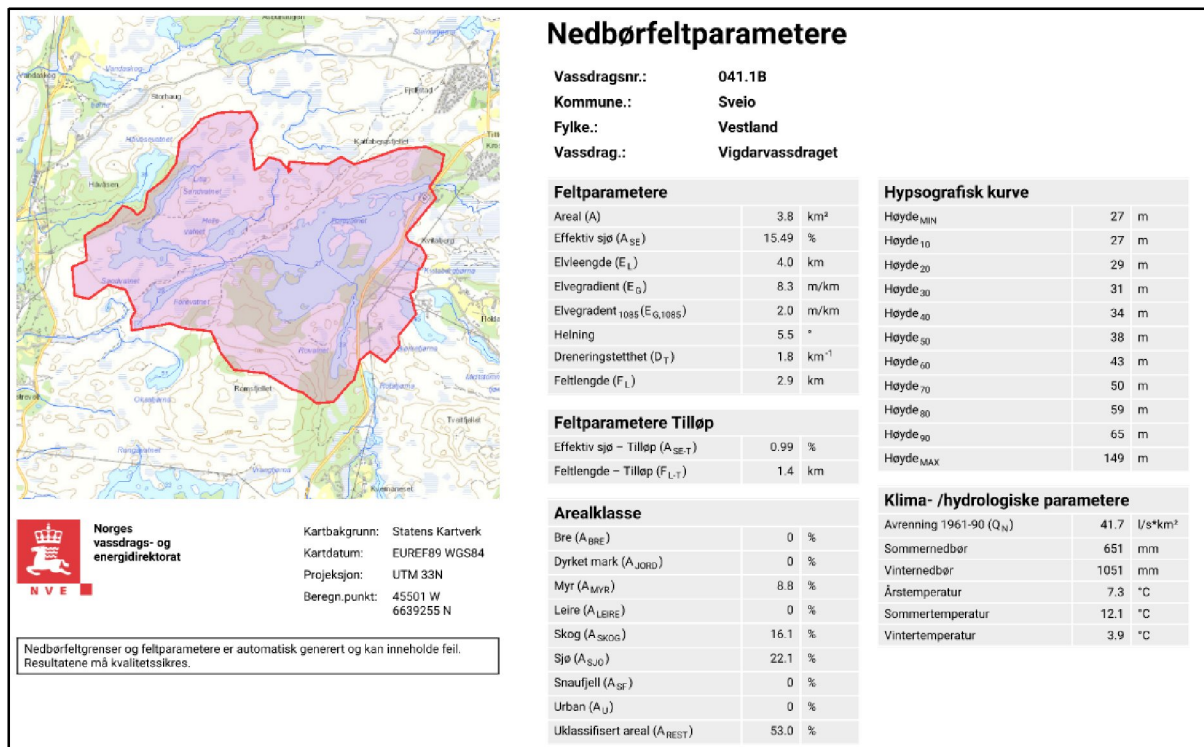
Tabell 1. Krav til flomberegninger

Konsekvens-klasse	Bruddgrensetilstand ( $Q_{dim}$ )	Ulykkesgrensetilstand	
	Generelt krav	Generelt krav	Tilleggs kontroll
4 og 3	$Q_{1000}$	PMF	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
2	$Q_{1000}$	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
1	$Q_{500}$	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$

## 2 Geografisk beliggenhet og beskrivelse av feltparametere

Forevatn ligger i Sveio kommune, Vestland fylke.

Nedbørfeltet har en meget høy effektiv sjøprosent og dette sammen med et lite feltareal medfører at det kan forventes lave flomstørrelser pga. feltets høye selvregulering. Nedbørfeltet har også en lav høydegradient. Nedbørfelt med feltparametere er vist i Figur 1.



Figur 1. Nedbørfelt feltparametere for Forevatn.

## 3 Magasin, dam og beregningsforutsetninger

### 3.1 Magasin

Det eksisterer ingen magasindata for Forevatn. Det er benyttet et magasinareal på 0,5467 km<sup>2</sup> (hentet fra NVE's Innsjødatabase) for alle vannstander. Dette er konservativt da flomdempingen vil være noe større med økende areal/volum.

Relevante data for magasinet til Forevatn er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Magasindata og kritisk varighet.

Magasin	HRV (moh)	Areal ved HRV (km <sup>2</sup> )	Kritiske varighet magasin (timer)	Konsentrasjonstid felt (timer)	Minste Total Varighet (timer)
Stavåsdammen	27,5	0,5467	66	1	100

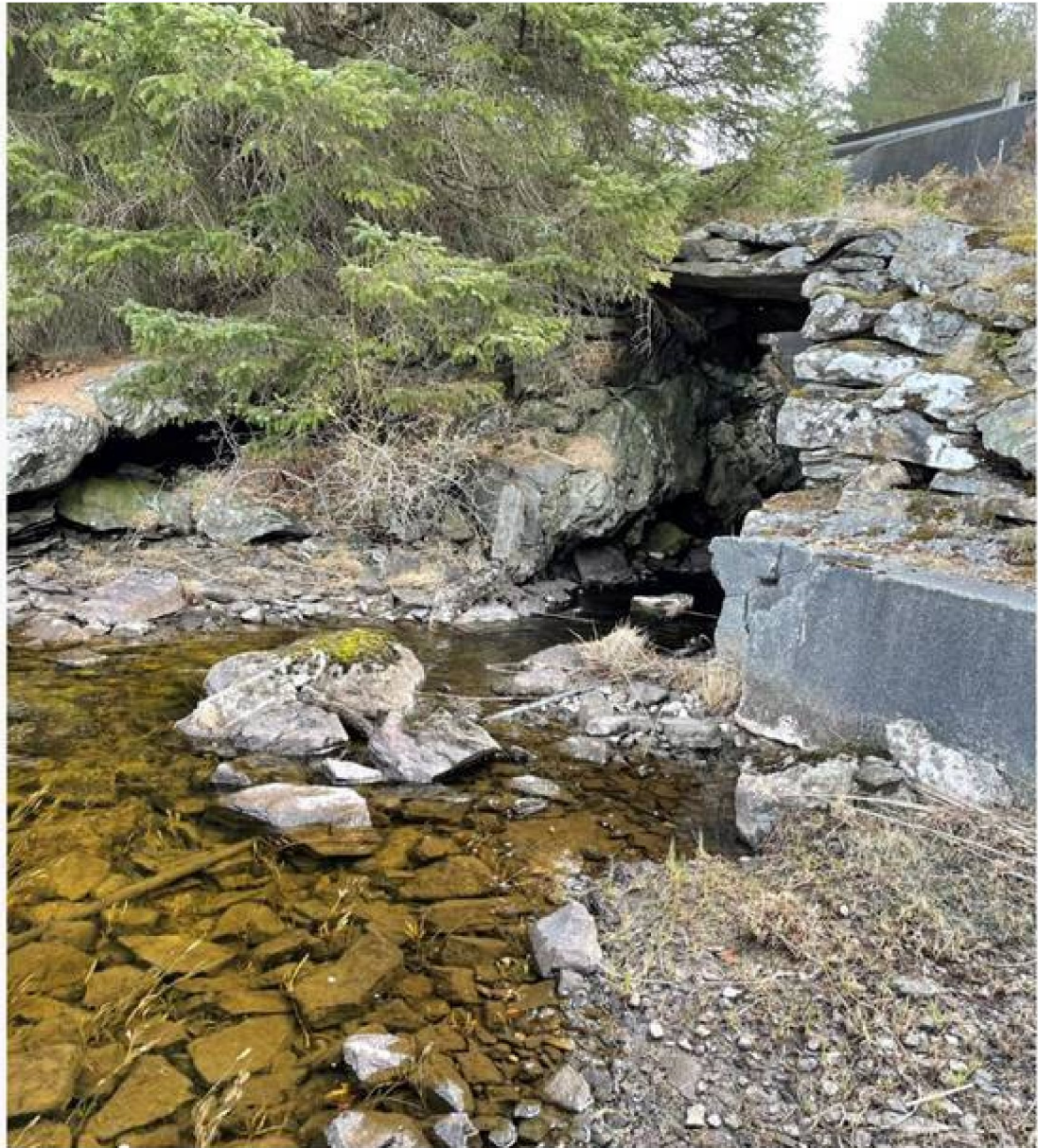
Magasinets kritiske varighet er beregnet med formel fra veileder (NVE 1/2022)[2] ;

$$V_M = 480 * A_M * Q_i^{-1/3} * (C * L)^{-2/3}$$

hvor  $Q_i$  er tilløpsflom midlet over  $V_M$ .  $Q_i$  er satt til fire ganger middelflom  $Q_m$ .

### 3.1 Dam

Planlagt dam er tenkt plassert like før kulverten ved utløpet av magasinet. Det er lagt til grunn en HRV på kote 27,5 dvs. ca. 50 cm høyere enn dagens vannstand. Benyttet bredde på overløpet er på 2m med overløpskoeffisient på 1,66 (bredkantet overløp). Planlagt plassering av dam er vist i Figur 2 og utløpsforholdene gjennom kulvertene nedstrøms er vist i Figur 3. Steinkulverten ved innløpet har en dimensjon på 1,9m(b) \* 2,4m(h) mens betongkulverten har en dimensjon på 2,5m (b) \* 2,0(h).



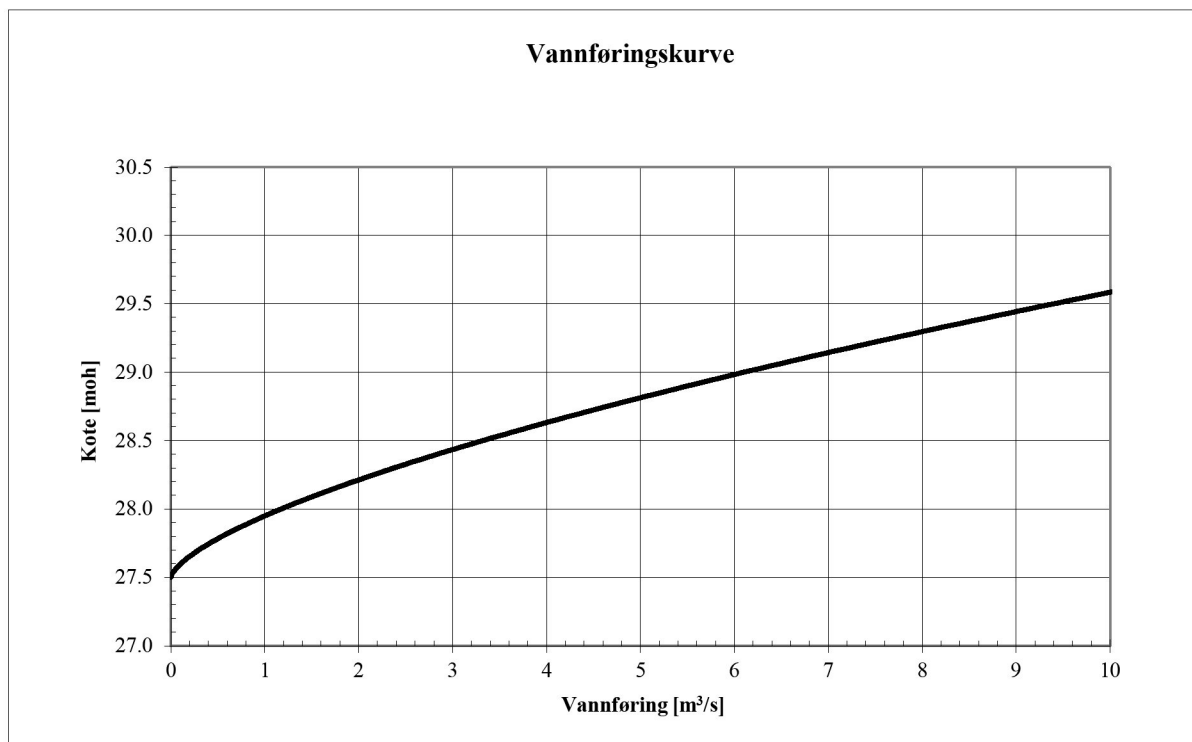
*Figur 2. Planlagt plassering av dam.*



Figur 3. Utløpet av Forevatn.

### 3.1 Beregningsforutsetninger

Det er ingen overføringer inn eller ut av feltet og heller ingen regulerte magasiner i feltet. Nedbørfeltet ansees derfor som et naturlig uregulert felt. Det er ikke forutsatt tilstopping av flomløp ved flomberegning og dambruddsbølgeberegningen (DBBB).



Figur 4. Vannføringskurve Forevatn med 2m bredde på flomløp.

## 4 Tilløpsflommer

### 4.1 Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyser på observerte døgnmidler etter anbefalt arbeidsgang presentert i NVEs veileder (NVE, 1/2022). Flomfrekvensanalysene ble utført i Hydra II programmet for 1-4 døgn varigheter.

#### 4.1.1 Representative vannmerker

Det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegninger for feltet til Forevatn er svakt. Det foreligger ingen kjente vannføringsmålinger i nedbørfeltet. Flomberegningen er derfor basert på dataserier fra målestasjoner i nærliggende små felt.

Det er forsøkt å finne stasjoner som er mest mulig representative m.h.t til areal, effektiv sjøprosent, normalavrenning og beliggenhet. Ingen av avløpsstasjonene er vurdert til å representere feltet til Forevatn særlig godt. To stasjoner er vurdert som aktuelle for videre analyser. Det er relativt stor variasjon i feltparametere for stasjonene og resultatet av analysene gir en betydelig variasjon i flomstørrelser.

39.1 Tysvær ligger ca. 24 km sør for Forevatn og har en relativt lang måleperiode (1974-DD). Feltet har en høy effektiv innsjøprosent (15,11%). Feltstørrelsen på 3,34 er samsvarende med Forevatn. Kurvekvaliteten er av NVE definert som middels på stor vannføring. Vannføringen vil være mer representativ for avløpet i Forevatn enn tilløpet på grunn av samsvarende effektiv innsjøprosent.

29.7 Gramstaddalen ligger ca. 70 km sør for Forevatn. Feltet har en lav effektiv sjøprosent på 0,03 %. Feltstørrelsen på 1,08 er mindre enn Forevatn og betydelig brattere. Kurvekvaliteten er av NVE definert som middels på stor vannføring. Tilløpsflommen til Forevatn er vurdert til å være mest representativ ved bruk av data fra 29.7 Gramstaddalen.

Det har vært vurdert andre målestasjoner i tillegg, men de er vurdert til å være lite representative for Stavåsdammen pga. betydelig større normalavrenning. Stasjonene som er vurdert er 38.1 Holmen, 55.4 Røykenes, 42.2 Djupevad, 27.15 Austrumdal og 55.5 Dyrdalsvatn.

#### 4.1.2 Resultater fra flomfrekvensanalysen

Resultater fra flomfrekvensanalysen av døgnmidler er vist i Tabell 3.

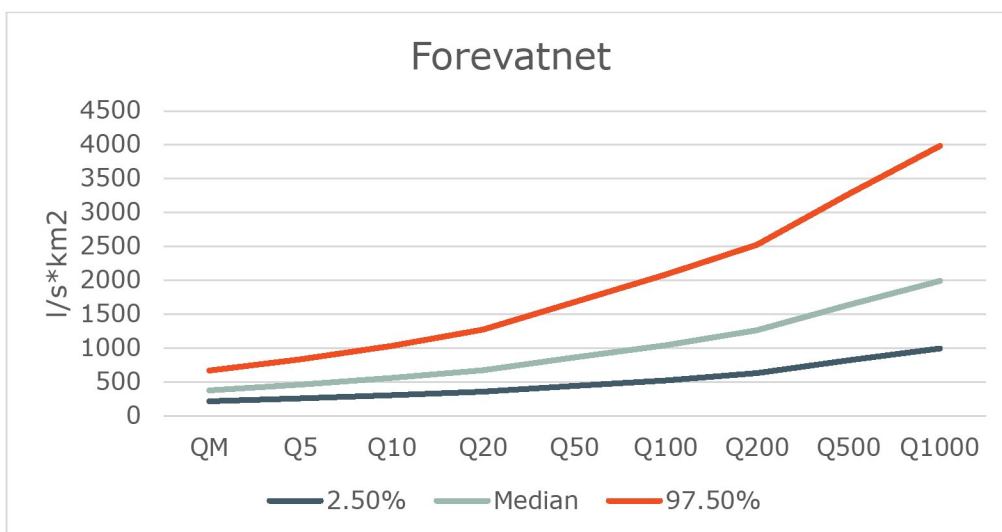
Tabell 3. Flomfrekvensanalyser (døgnmidler) for 1-4 døgn.

Stasjon	Frekvensfordeling	Eff. sjøprosent	Areal	1961-90 (l/s/km <sup>2</sup> )	Spesifikk avrenning Qm l/s*km <sup>2</sup>	Spesifikk avrenning Q200 l/s*km <sup>2</sup>	Spesifikk avrenning Q500 l/s*km <sup>2</sup>
<b>39.1 Tysvær</b>							
1døgn	Gum(L-mom)	15.11	3.34	41	194	371	431
2 døgn	Gum(L-mom)	15.11	3.34	41	187	350	407
3 døgn	Gum(L-mom)	15.11	3.34	41	180	332	383
4 døgn	Gum(L-mom)	15.11	3.34	41	172	314	362
<b>29.7 Gramstaddalen</b>							
1døgn	Gum(L-mom)	0.03	1.08	39	406	741	861
2 døgn	Gum(L-mom)	0.03	1.08	39	304	537	620
3 døgn	Gum(L-mom)	0.03	1.08	39	247	417	481
4 døgn	Gum(L-mom)	0.03	1.08	39	216	343	380

Flomfrekvensanalysene gir betydelig variasjon i flomstørrelser for 1 døgn. Som følge av magasinets lange kritiske varighet vil det være volumet over 3-4 døgn som vil være bestemmende for avløpsflommen og vannstandsstigningen i magasinet. For 4 døgn viser flomstørrelsene for en 500-års flom en variasjon mellom 362-380 l/s\*km<sup>2</sup>.

## 4.2 RFFA-NIFS

Et nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt er beskrevet i NIFS rapport (NVE,2015)[3]. Formelverket benytter inngangsparameterne feltareal, midlere avrenning (61-90) og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er vurdert til å ligge i estimatet av middelflommen da den resulterende vekstkurven er vurdert som robust. Et godt estimat av middelflommen vil derfor redusere usikkerheten betydelig. Formelverket gir kulminerende flomvannføringer. Resultatet fra beregning med RFFA-NIFS er vist i Figur 5 og Tabell 4.



Figur 5. Resultat fra RFFA-NIFS (l/s\*km<sup>2</sup>).

Tabell 4. Resultat fra RFFA-NIFS (l/s\*km<sup>2</sup>).

	Spesifikk avrenning (l/s*km <sup>2</sup> )		
	2.50%	Median	97.50%
QM	214	378	670
Q5	254	460	832
Q10	302	558	1032
Q20	356	673	1271
Q50	442	861	1679
Q100	520	1041	2081
Q200	631	1261	2522
Q500	817	1634	3267
Q1000	996	1993	3985

### 4.3 Nedbør-avløpsmodell PQRUT

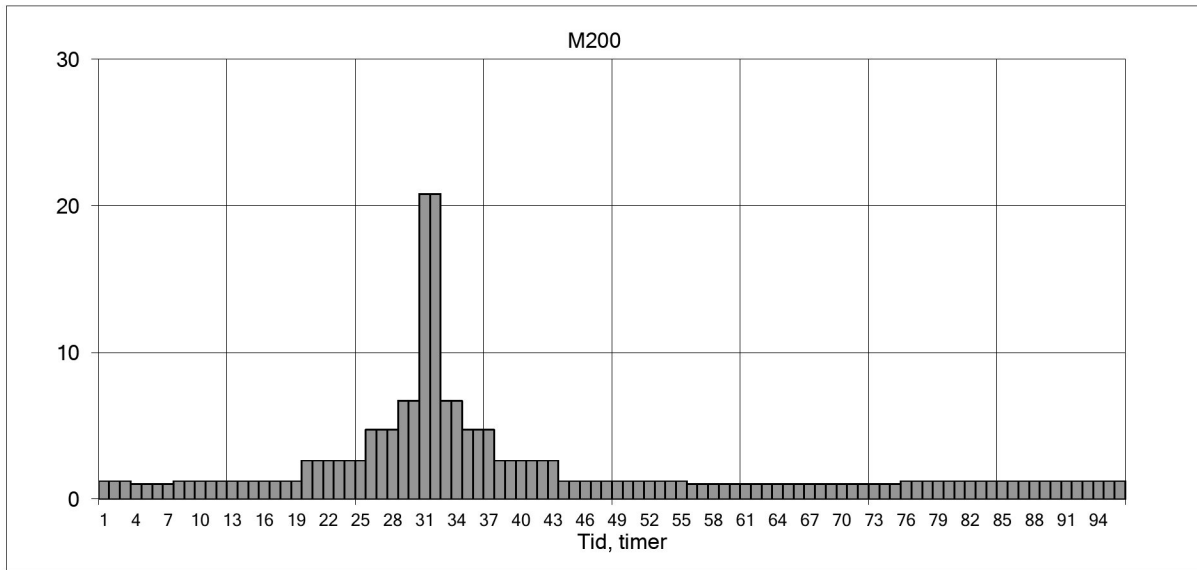
Nedbør-avløpsmodellen regner nedbørdata om til avløp vha. feltparametere for det aktuelle feltet. Det er benyttet NVE's webløsning av modellen. Parameterne til modellen er teoretisk bestemt basert på feltparametere fra NEVINA siden det ikke finnes data for kalibrering av modellen. Benyttede modellparametere er vist i Tabell 5 og det er benyttet parametere basert på formelverk fra 2016. Det er benyttet nedbør direkte på magasin. Resulterende tilløpsflommer er vist i Figur 8 og Figur 9.

Tabell 5. Modellparametere (2016).

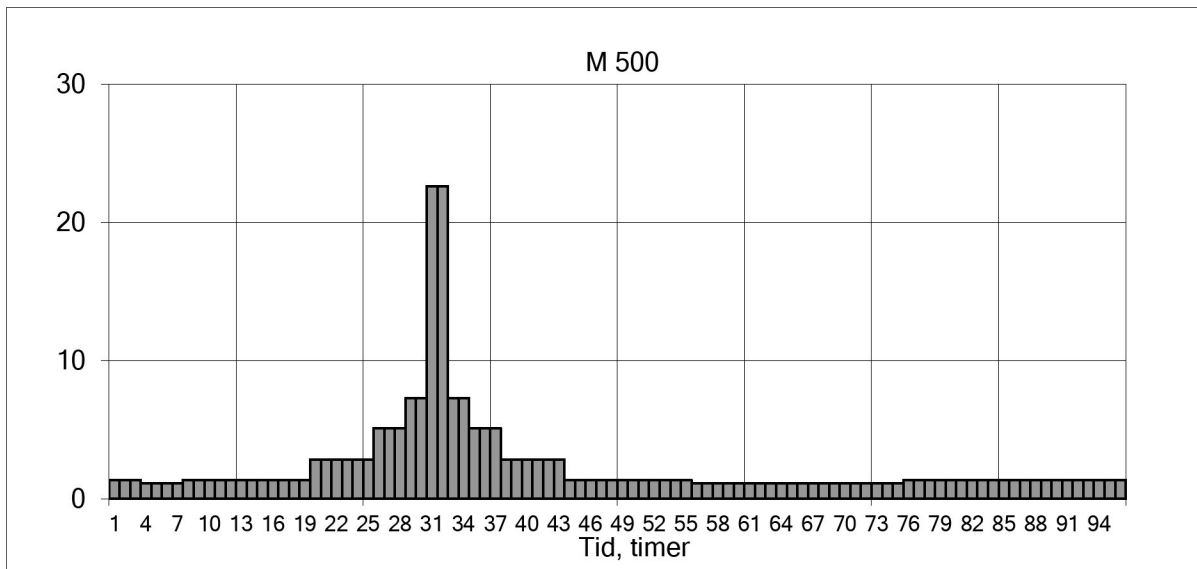
Modellparametre:		
Øvre tømmekonstant	$K_1 =$	0.0789 pr. time
Nedre tømmekonstant	$K_2 =$	0.0160 pr. time
Terskelverdi	$T =$	39.49 mm

#### 4.3.1 Nedbørforløp

Det er utført en frekvensanalyse på nedbørstasjon 48090 Litlabø i Hydag for varigheter 1-4 døgn. Estimert døgnverdi (24t) er skalert med 1,13 og deretter fordelt timesvis basert på anbefalinger i veilederen [2]. For varigheter 2-4 døgn er det ikke utført noen skalering. Benyttede nedbørforløp er vist i Figur 6 og Figur 7. Arealredusert nedbør og arealreduksjonsfaktorer er vist i Tabell 6 og Tabell 7.



Figur 6. Nedbørforløp M200, 2 times tidskritt.



Figur 7. Nedbørforløp M200, 2 times tidskritt.

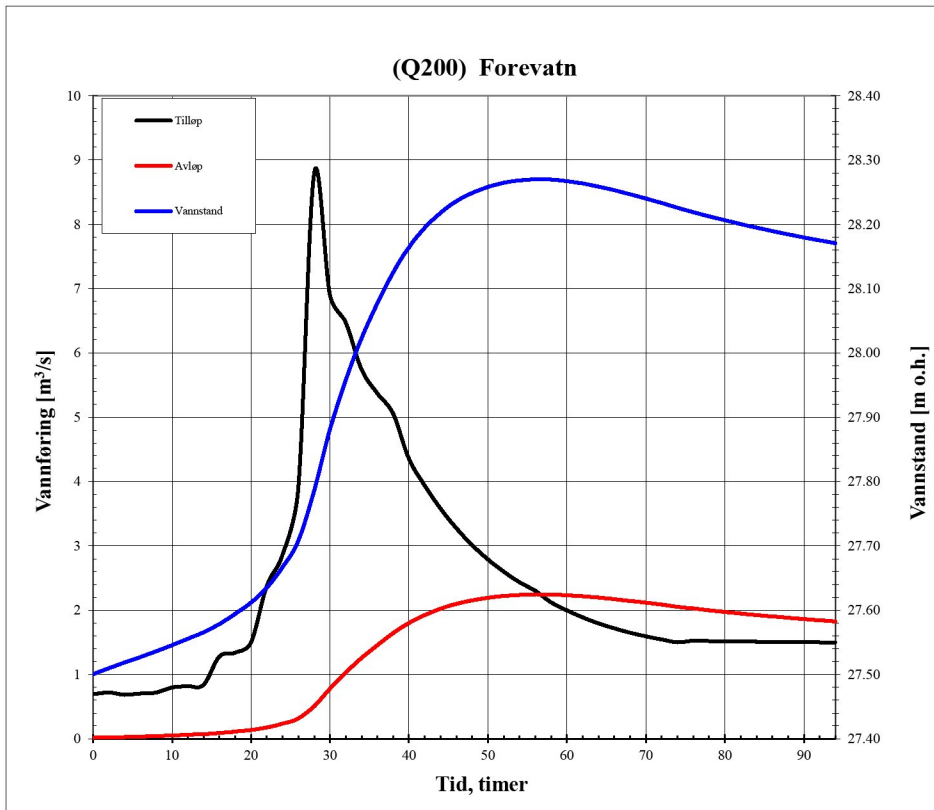
Tabell 6. Arealreduisert nedbør.

Timer	2	6	12	24	48	72	96
M500	41.6	68.5	96.8	128.1	157.6	182.5	212.0
M1000	45.2	74.4	105.1	139.2	171.9	198.3	230.3

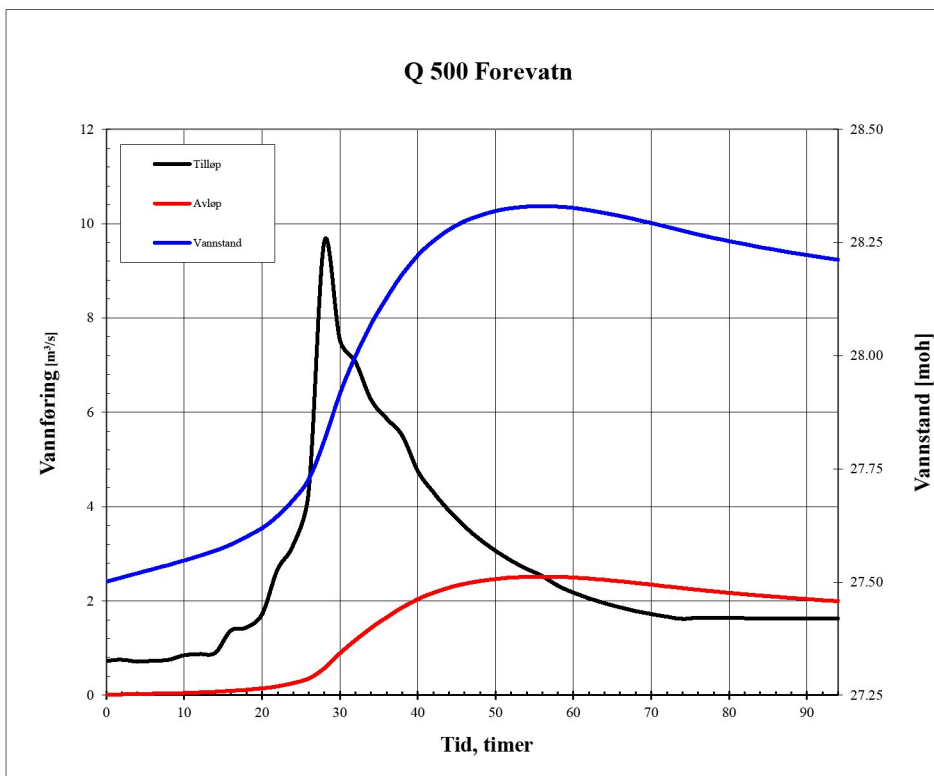
Tabell 7. Arealreduksjonsfaktorer.

ANTALL TIMER:	2	6	12	24	48	72	96
ARF (4 kv.km.)	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1

### 4.3.2 Tilløpsflom, avløpsflom og vannstandstigning



Figur 8. Q200-Resulterende tilløpsflom, avløpsflom og vannstandstigning.



Figur 9. Q500-Resulterende tilløpsflom, avløpsflom og vannstandstigning.

## 4.4 Valg av beregningsmetode

En sammenstilling av resultater for flomberegningen med de ulike metodene er vist i Tabell 8 og Tabell 9. De ulike metodene for flomberegning viser en betydelig forskjell i tilløpsflommenes størrelse hvor tilløpsflommer beregnet med PQRUT gir de høyeste flomstørrelsene. Det er valgt å benytte PQRUT da resultatene for avløpsflommen samsvarer godt med resultater fra flomfrekvensanalysen for 39.1 Tysvær for lengre varigheter. Resultater for beregnede tilløpsflommer, avløpsflommer og vannstandstigning er oppsummert i Tabell 10.

Tabell 8. Beregnede tilløpsflommer for 1 døgn basert på forskjellige metoder.

1 døgn tilløpsflom						
Metode	Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	q <sub>m</sub>	q <sub>200</sub>	q <sub>500</sub>
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	l/s*km <sup>2</sup>	l/s*km <sup>2</sup>	l/s*km <sup>2</sup>
FFA (døgn)	1.5	2.8	3.3	406	741	861
NIFS (kulm)	-		-	378	1261	1634
PQRUT (døgn)	-	5.03	9.6	-	1318	1440
PQRUT (kulm)	-	8.8	9.6	-	2302	2512

Tabell 9. Beregnede tilløpsflommer for 4 døgn basert på forskjellige metoder.

4 døgn tilløpsflom						
Metode	Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	q <sub>m</sub>	q <sub>200</sub>	q <sub>500</sub>
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	l/s*km <sup>2</sup>	l/s*km <sup>2</sup>	l/s*km <sup>2</sup>
FFA (døgn)	0.8	1.3	1.4	216	343	380
PQRUT (døgn)	-	2.43	2.65	-	637	694

Tabell 10. Beregnede avløpsflommer med PQRUT og routing gjennom magasinet.

Flom-størrelse	Total tilløpsflom				Avløpsflom				Vannstand m
	24 t middel		kulminasjon		24 t middel		kulminasjon		
	m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	
<b>Q<sub>500</sub> (1døgn)</b>	<b>5.50</b>	<b>1440</b>	<b>9.60</b>	<b>2512</b>	<b>2.45</b>	<b>642</b>	<b>2.51</b>	<b>657</b>	<b>28.33</b>
<b>Q<sub>500</sub> (2døgn)</b>	<b>4.06</b>	<b>1062</b>	-	-	<b>2.34</b>	<b>611</b>	-	-	<b>28.33</b>
<b>Q<sub>500</sub> (3døgn)</b>	<b>3.19</b>	<b>835</b>	-	-	<b>2.00</b>	<b>524</b>	-	-	<b>28.33</b>
<b>Q<sub>500</sub> (4døgn)</b>	<b>2.65</b>	<b>694</b>	-	-	<b>1.52</b>	<b>397</b>	-	-	<b>28.33</b>
Q <sub>200</sub> (1døgn)	5.03	1318	8.79	2302	2.20	575	2.24	587	28.27
Q <sub>200</sub> (2døgn)	3.71	971	-	-	2.10	550	-	-	28.27
Q <sub>200</sub> (3døgn)	2.92	765	-	-	1.80	470	-	-	28.27
Q <sub>200</sub> (4døgn)	2.43	637	-	-	1.36	357	-	-	28.27

## 4.5 Vurdering av det hydrologiske grunnlaget

Datagrunnlaget for flomberegninger med FFA for Forevatn kan karakteriseres som svakt, da det mangler lange dataserier fra små nedbørfelt med lignende feltparametere i regionen. Datakvaliteten til målestasjonene som er benyttet i analysen er vurdert til å være middels på flomvannføringer.

På bakgrunn av et svært begrenset datagrunnlag ble det bestemt å beregne alle tilløpsflommer via nedbør-avløpsmodellen (flommodellen i PQRUT) hvor usikkerhet i ekstremnedbør og arealreduksjonsfaktor overføres til flomestimatet.

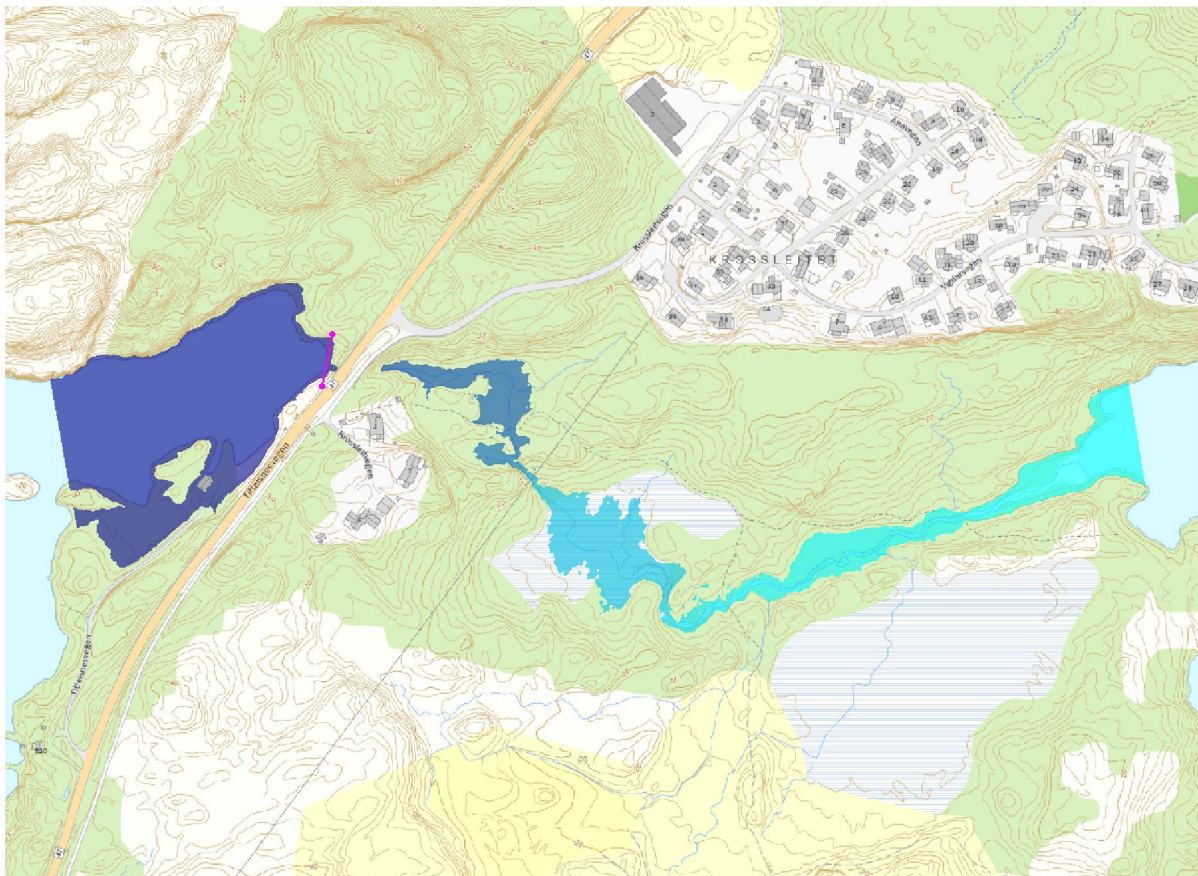
Flomberegningen for Forevatn vurderes til å være i klasse 4 "Begrenset hydrologisk datagrunnlag".

## 5 Dambruddsbølgeberegning

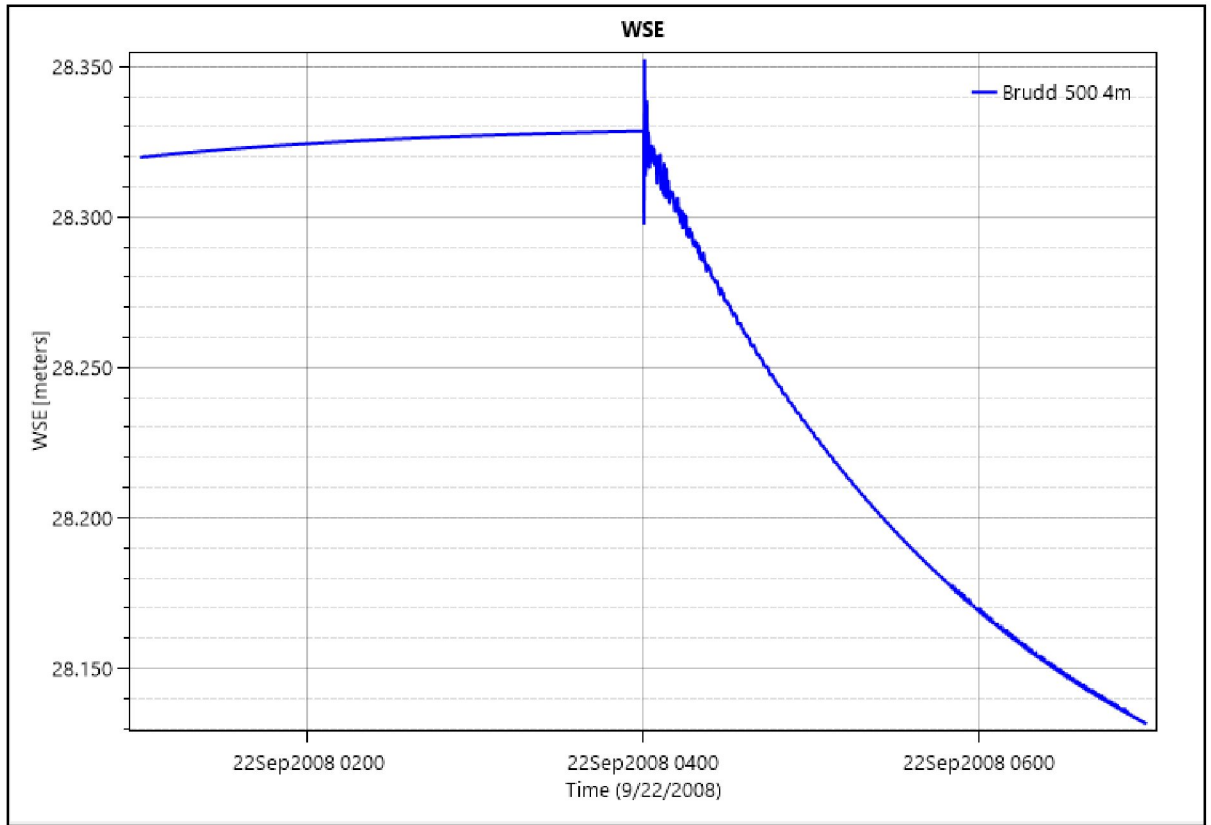
### 5.1 Metode

Det er utført en beregning av dambrudd i HEC-RAS 6.3 med en 2-dimensjonal- beregning. Det er benyttet en stasjonær vannføring inn i magasinet på  $2,51 \text{ m}^3/\text{s}$  som er avløpsflommen fra flombe- beregningen for  $Q_{500}$ .

Beregningene baseres på en terrengmodell som er utarbeidet fra flyscannede laserdata (LIDAR). Terrengmodellen gir en god beskrivelse av terrenget på land, men elvebunnen blir ikke kartlagt på en god måte, men dette vurderes til å ha ingen betydning for resultatene. Terrenget ved kul- verten er manuelt justert til å ha en elvebunn på kote 27. Benyttet terrengmodell har en celle- størrelse på  $1\text{m} \times 1\text{m}$ . Det er lagt inn to kulverter rett etter hverandre for å beskrive den geomet- riske endringen mellom steinkulverten og betongkulverten. Benyttet Mannings'n er på 0,045. Det er forutsatt et momentant brudd (0,01 time) med en bunnbredde på ferdig utviklet brudd på 27 m. Bruddåpningen størrelse er av mindre betydning da det vil være kraftig oppstuvning som følge av nedstrøms kulvert. Beregningen er utført ned til Hoklahavet med benyttet grensebetingelse på 10 moh. Beregningen har ikke medtatt hele magasinet av hensyn til beregningstid på modell samt at det ikke er av betydning for maksimal vannføring. Resulterende flomsone for dambrudd ved initial situasjon  $Q_{500}$  er vist i Figur 10. Det bli en meget liten konsekvens ved et brudd og dette skyldes lav damhøyde og oppstuvning fra kulverter rett nedstrøms.

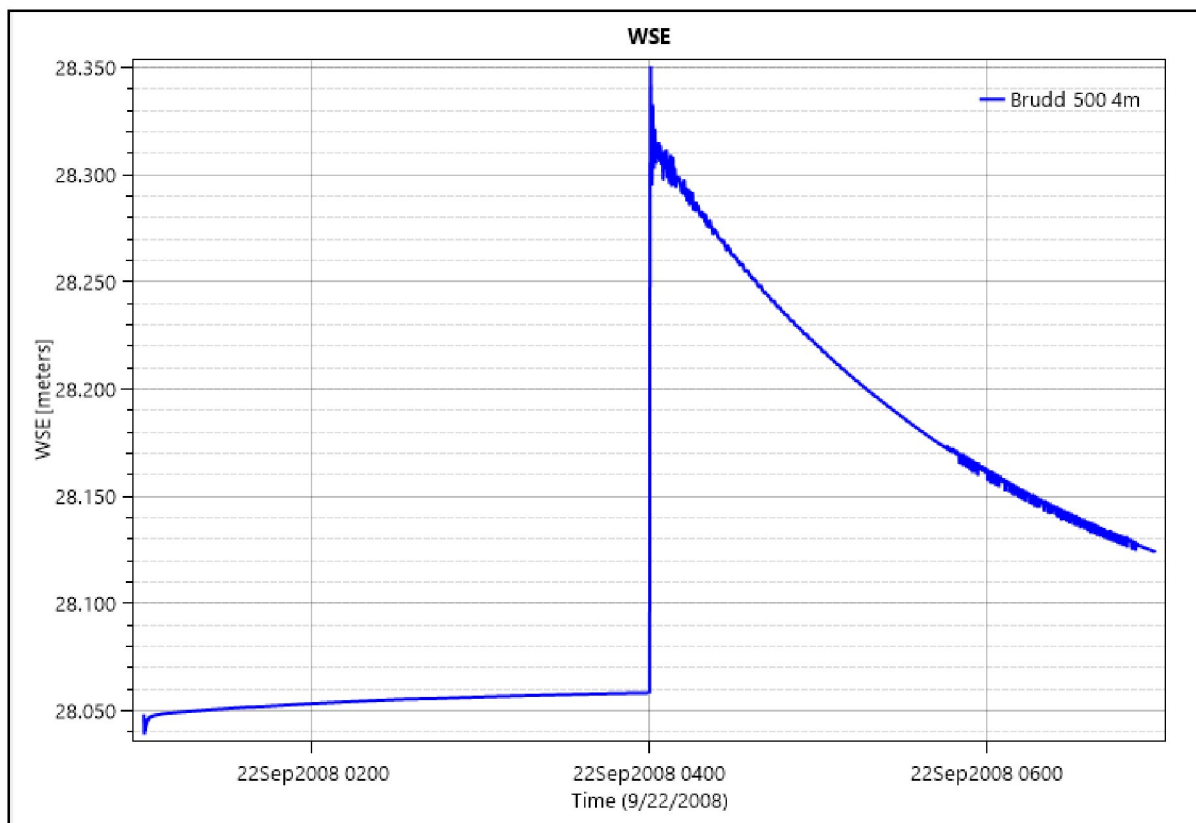


Figur 10. Dambruddsbølgekart for initalisasjon  $Q_{500}$  (dammens plassering ved rosa strek).



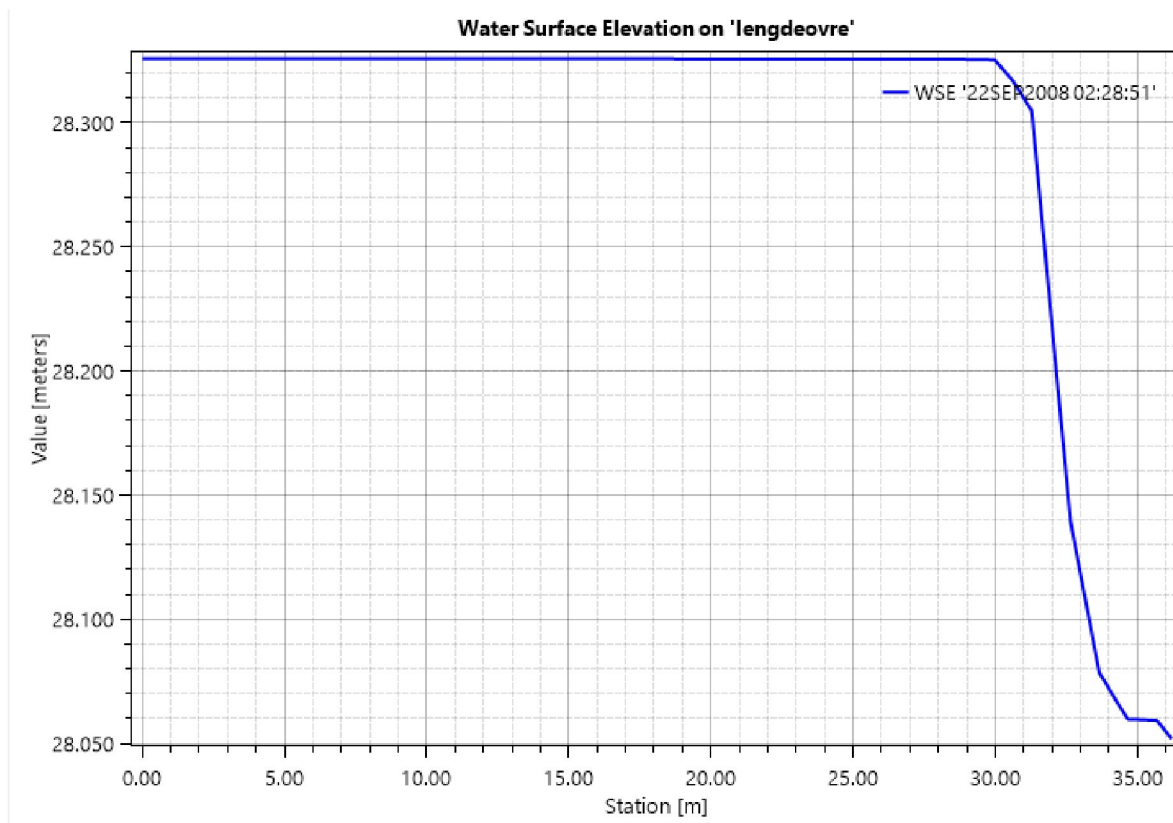
Figur 11. Vannstander rett oppstrøms dam.

Vannstanden i magasinet under bruddforløpet er vist i Figur 11. Vannstanden ligger på 28.33 moh rett før bruddforløpet synker ned mot kote 28.13 mot slutten av beregningen. Det er noe ustabiliteter i modellen rundt bruddforløpet men dette vil ikke være av stor betydning for resultatet.



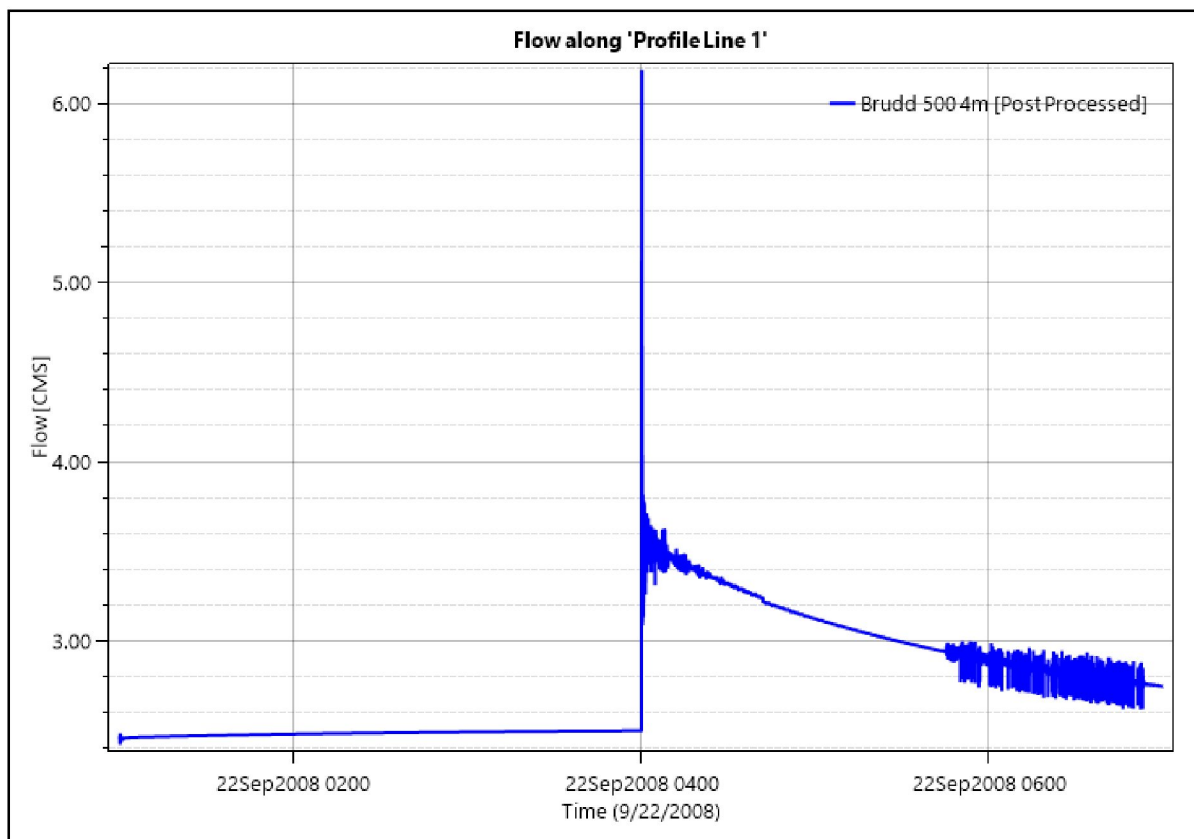
Figur 12. Vannstander mellom dam og kulvert.

Vannstanden rett nedstrøms dam og før kulvert er under bruddforløpet er vist i Figur 12. Vannstanden ligger da rett nedstrøms dammen på rundt kote 28,09 rett før bruddet og stiger med kun 27 cm til kote 28,36. Mot slutten av beregningen er vannstanden falt til kote 28,13.



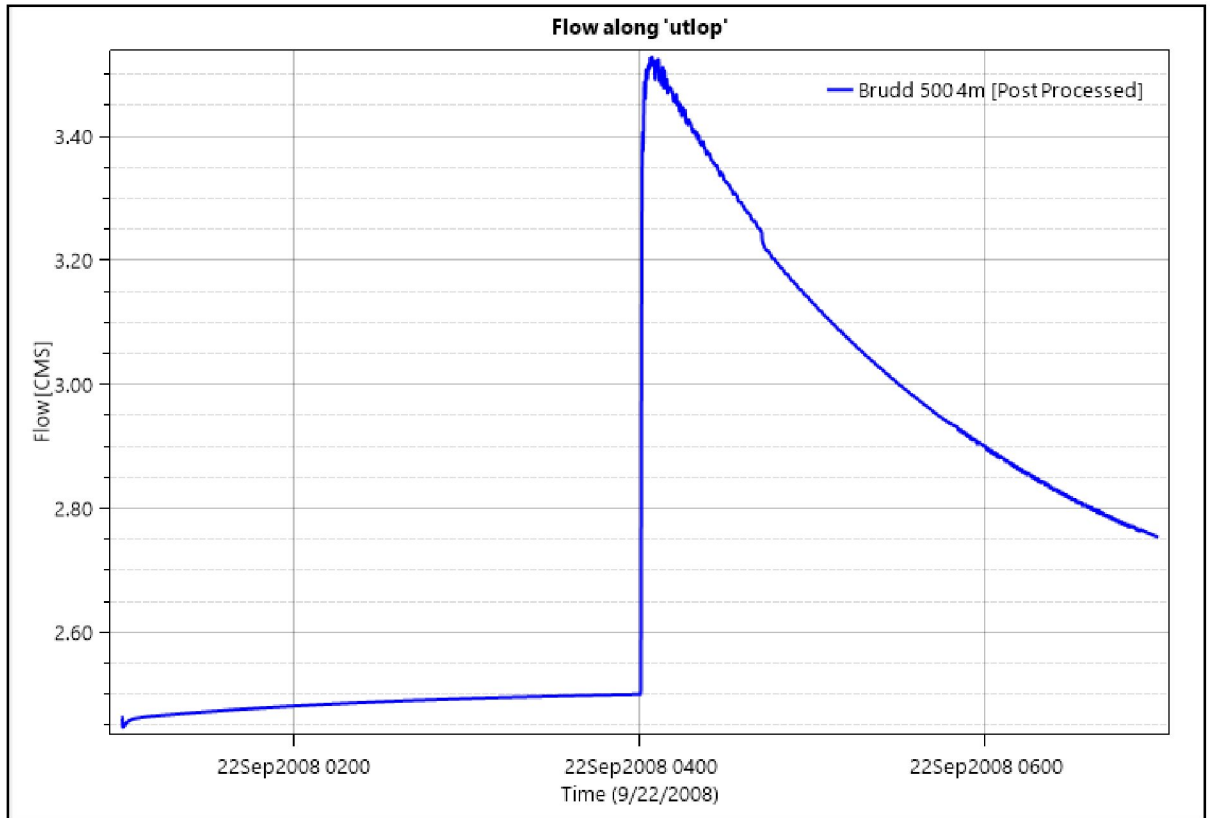
Figur 13. Lengdeprofil av vannstand mellom dam og kulvert før bruddet.

En lengdeprofil av vannstanden ved dammen og til kulverten rett før bruddforløpet er vist i Figur 13. Figuren viser at det er en liten høydeforskjell mellom vannstanden i magasinet og ved innløpet til kulverten. Følgelig er det ikke mulig at det kan oppstå en stor bruddvannføring på grunn av oppstivingen fra kulverten.



Figur 14. Vannføring gjennom bruddforløpet mellom dam og kulvert..

Vannføringen rett nedstrøms dammen ligger på 2,51 rett før bruddet og når en maksimal vannføring på ca. 6,2 m<sup>3</sup>/s som følge av bruddet. Ustabiliteter i beregningen ansees ikke å være av vesentlig betydning.



Figur 15. Vannføring gjennom bruddforløpet nedstrøms kulvert.

Vannføringen nedstrøm kulverten/veien viser en svært moderat vannføringsøkning som følge av bruddet og er vist i Figur 15. Vannføringen stiger fra ca. 2,51 m<sup>3</sup>/s til 3,51 m<sup>3</sup>/s. Vannstandsstigningen er på omtrent 10cm.

Bebyggelsen nedstrøms dammen ligger omtrent 20 m over bekkebunn og er derfor langt unna å bli berørt av et dambrudd.

## 6 Konklusjon og sammendrag

Det er beregnet tilløpsflommer for  $Q_{200}$  og  $Q_{500}$  ved bruk av nedbør-avløpsmodellen PQRUT. Med en lengde på overløpet på 2m ved kote 27,5 gir dette en flomvannstand ved  $Q_{500}$  på kote 28,33 og avløpsflom på 2,51 m<sup>3</sup>/s. Nedstrøms kulvert og vei medfører et brudd på kun en økning i vannføring fra 2,51 m<sup>3</sup>/s ( $Q_{500}$ ) til 3,51 m<sup>3</sup>/s.

Flomvannstanden og flomvannføringen fra  $Q_{500}$  er benyttet som initialsituasjon for dambruddsbølgeberegningen. Beregningene viser svært små effekter av et dambrudd og skyldes oppstuvning fra nedstrøms kulvert og lav damhøyde. Effekten av et dambrudd er så små at det foreslås at dammen settes i konsekvensklasse 0 da ingen boliger eller infrastruktur berøres. Beregningen er utført som en forenklet dambruddsbølgeberegning da tiltakets omfang ble vurdert til å havne i konsekvensklasse 0 før beregningen ble igangsatt.

## 7 Referanseliste

- [1] NVE-Veileder for flomberegninger for dammer, NVE veileder nr2/2022.
- [2] NVE-Veileder for flomberegning, NVE veileder nr1/2022.
- [3] NVE, Jernbaneverket, Statens vegvesen-Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt, NIFS rapport 13,2015.