

FREVAR


Flomberegning for Borredalsdammen



Oppdragsnr.: 5186915 Dokumentnr.: 1 Versjon: E01
2019-03-08

Oppdragsgiver: FREVAR
 Oppdragsgivers kontaktperson: Eli Hiberg Andresen
 Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
 Oppdragsleder: Claus Rikartsen
 Fagansvarlig: Françoise Bigillon
 Andre nøkkelpersoner: Dan Lundquist (Fagkontroll)

Tittel	Navn	Faggodkjent NVE
Oppdragsleder	Claus Rikartsen	II Fyllingsdammer, alle konsekvensklasse IV Hydrologi, alle konsekvensklasse
Fagansvarlig	Françoise Bigillon	
Fagkontrollør Flomberegning	Dan Lundquist	IV Hydrologi, alle konsekvensklasse

E01	2019-03-08	For godkjenning hos NVE			
D01	2019-01-29	For godkjennelse hos oppdragsgiver	Françoise Bigillon	Dan Lundquist	Claus Rikartsen
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

Sammendrag

Norconsult AS er engasjert av Fredrikstad vann- avløp- og renovasjonsforetak KF (FREVAR) for å gjennomføre flomberegning for Borredalsdammen. Formålet er å benytte resultatene til rehabilitering av damanlegget.

Dammen er i dag plassert i bruddkonsekvensklasse 3. Dimensjonerende flom er Q_{1000} , mens ulykkesflom er Q_{PMF} .

Beregningene er utført i henhold til NVEs retningslinjer for flomberegninger (2011) og med bruk av NVEs programvare DAGUT for flomfrekvensanalyse. Resultatene er vist i Tabell 1. Det er brukt et flomløp på 10,93 m lang og det er lagt til noe for fjell.

Tabell 1: Sammendrag

	Flom	Tilløp m ³ /s	Avløp m ³ /s	Vannstand m o.h.	Over HRV m
Dimensjonerende flom	Q_{1000}	3,8	2,8	51,81	0,31
Klimapåslag (20%)	$1,2 \times Q_{1000}$	4,6	3,4	51,86	0,36
Ulykkesflom	Q_{PMF}	11,2	9,4	52,17	0,67

Resultatet tilsvarer et døgnmiddel i Q_{1000} tilløpsflom på 830 l/s/km² ved Borredalsdammen. Datagrunnlaget til denne flomberegningen vurderes å ligge i kvalitetsklasse 3 på kanten mot 4, siden det ikke er noen direkte hydrologiske observasjoner i vassdraget eller i umiddelbar nærhet og at feltarealet er svært lite.

Beregningene er vurdert som lite sensitive for variasjoner i tilløpsflommens størrelse og damanleggets avløpskapasitet.

Ved et klimapåslag på +40% må man påregne ca. 10 cm høyere vannstand.

Innhold

1	Feltbeskrivelse	6
2	Reguleringsanlegg	8
2.1	Høydesystem	8
2.2	Borredalsdammen	8
2.3	Magasinkurve	10
2.4	Forutsetninger	10
3	Flomfrekvensanalyse	11
3.1	Målestasjoner	11
3.2	Observerte flommer	12
3.3	Flomsesong	12
3.4	Frekvensanalyse	12
3.5	Regionale flomformler	13
3.6	Nasjonalt formelverk for små felt	15
3.7	Rasjonale formel	16
3.7.1	Dimensjonerende nedbørintensitet	16
3.7.2	Avrenningsfaktor	17
3.7.3	Resultater fra den rasjonale formel	18
3.7.4	Resultater fra nedbør-avløpsmodell	18
3.8	Resultater	19
3.9	Endelig valg av flomstørrelse	19
3.10	Sammenligning mot tidligere flomberegning	20
3.11	Flomforløp	21
3.11.1	Kulminasjonsfaktor	21
3.11.2	Flomvarighet	21
3.11.3	Flomforløp	22
4	Påregnelig maksimal flom ved bruk av nedbør-avløpsmodell	23
4.1	Nedbørverdier	23
4.2	Snøsmelting	23
4.3	Nedbør-avløpsmodell parameters	24
4.4	Flomforløp for PMF	25
5	1000-årsflom ved bruk av nedbør-avløpsmodell	26
6	Resultater	28

7	Vurdering av beregningene	29
7.1	Datagrunnlag	29
7.2	Sensitivitetsanalyse	29
7.3	Tilstopping og lukesvikt	29
7.4	Mulige konsekvenser av klimaendringer	30
7.5	Sammenligning mot tidligere flomberegning	30
8	Referanser	31
9	Vedlegg	32
9.1	Flomfrekvensanalyse	32
9.2	Utskrift fra beregningene	33
9.2.1	Q ₁₀₀₀	33
9.2.2	1,2×Q ₁₀₀₀	34
9.2.3	PMF35	
9.3	Nevina rapport	36
9.4	Ekstrem nedbør	37
9.5	Damtegninger	38

1 Feltbeskrivelse

Borredalsdammen ligger nord for Fredrikstad by, i Østfold fylke. Borredalsdammen har et lite felt som ligger i Glomma vassdraget. Figur 1-1 viser oversiktskart med plassering av magasinet og dammen.



Figur 1-1: Oversiktskart, Borredalsdammen er markert. Kilde: NVE Atlas

Nedbørfeltet til Borredalsdammen har utløp i Råbekken/Glomma i Nøkleby/Hauge Industriområdet nordost for Fredrikstad sentrum. Råbekken går i kulvert flere ganger nedstrøms for Borredalsdammen. Borredalsdammen er inntaksmagasin for vannforsyning til Fredrikstad med omegn.

Det ble utført befaring av vassdraget den 17.10.2018. Med på befaringen var Eli Hiberger Andresen og Tor Gunnar Jantsch (begge fra FREVAR), Øystein Klausen (VTA), Kjell Molkersrød (NVE), i tillegg til Claus Rikartsen og Elisabeth Ødegård Teigen (begge fra Norconsult).

Nedbørfelt og feltparametere for dammen er vist i Tabell 1-1 og Figur 1-2. Nedbørfelt ble beregnet ved hjelp av Nevina verktøy (2,45 km²) og ble kontrollert manuelt fra kartanalyse (ca. 2 km²). De to verdiene var forskjellige og derfor ble nedbørfeltet også beregnet ved hjelp av ArcGIS verktøy. En terrengmodell

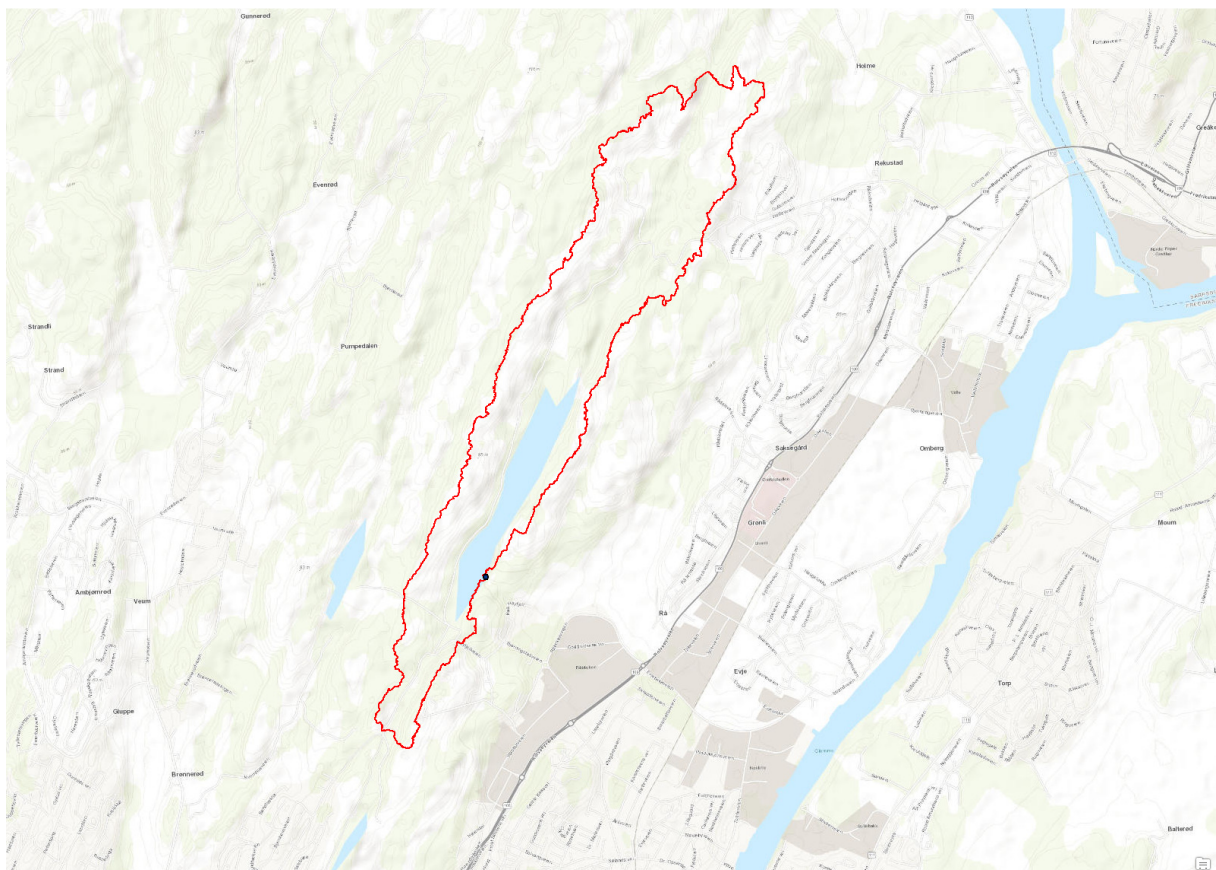
basert på laserdata (LIDAR) hentet fra høydedata.no. med 0,25 m oppløsning ble brukt. Laserdataene ble tatt i 2015. Nedbørfeltet ble beregnet i ArcGis til 2,09 km². Vi har valgt denne verdien i analysen.

Nedbørfeltet består av skogsterreng med noe myr.

Årsavrenning er beregnet ut fra Nevina og kontrollert mot verdier fra kartanalyse og målestasjoner i området.

Tabell 1-1: Feltparametere

Felt	Størrelse (km ²)	Hoh (Min. med. -max.)	Eff. sjø prosent (%) uten mag.	Skog	Myr	QN (l/s/km ²) 1961-90
Borredalsdammen	2,09	51 – 66 - 110	0,0	92%	0,5%	12,5



Figur 1-2: Nedbørfelt til Borredalsdammen beregnet ved hjelp av ArcGis verktøy.

2 Reguleringsanlegg

2.1 Høydesystem

Høydene som er oppgitt i denne flomberegningen, refererer seg til NN2000-høyder.

Vedlagt tegninger referer seg til NN1954-høyder.

Damanlegget ble oppmålt 06.11.2018 i høydesystem NN2000.

Tabell 2-1 gir endring på kote fra NN1954 til NN2000. For referanse, <https://www.kartverket.no/NN2000> anbefales +10-15 cm fra NN1954- til NN2000-høyder.

Tabell 2-1: Endring på kote fra NN1954-høyder til NN2000-høyder.

Item	NN1954 tegninger	NN2000 Oppmåling 2018
Flomløp (HRV)	51,37	51,50
Murdam	52,22	52,42
Jordfyllingsdam	53,60	53,50

2.2 Borredalsdammen

Borredalsdammen er en kombinert murt steindam og jordfyllingsdam bygd rundt 1915. Den ble rehabilitert i 1994 med stagforankring av murdammen og i 1997 med heving av jorddammen. Det foreligger tegningsgrunnlag for dammen, og alle mål er basert på innmålinger gjort under befaringen. Dammen er plassert i konsekvensklasse 3.

Figur 2-1 og Figur 2-2 viser bilder av Borredalsdammen.



Figur 2-1: Borredalsdammen murt steindam med overløp.



Figur 2-2: Terreng (rensket fjell) ved flomløp på Borredalsdammen.

Den murte steindammen er 66 m lang og har krone på kote 52,42 m o.h..

Flomløpet ligger over en del av murdammen og er ca. 11 m langt på HRV=51,50 m o.h.. I ene enden av flomløpet, er det en trapp. Vann kan renne under trappen og det er ikke regnet med at trappen vil redusere flomløpskapasiteten.

I tillegg til det fast overløpet, ligger det en del av terreng (rensket fjell) med ca. 5 m lengde mellom HRV og kote 52,42. Dette er tatt i flomløpskapasitet.

Jordfyllingsdam er 59 m lang og damkronen ligger på ca. 53,50 m o.h..

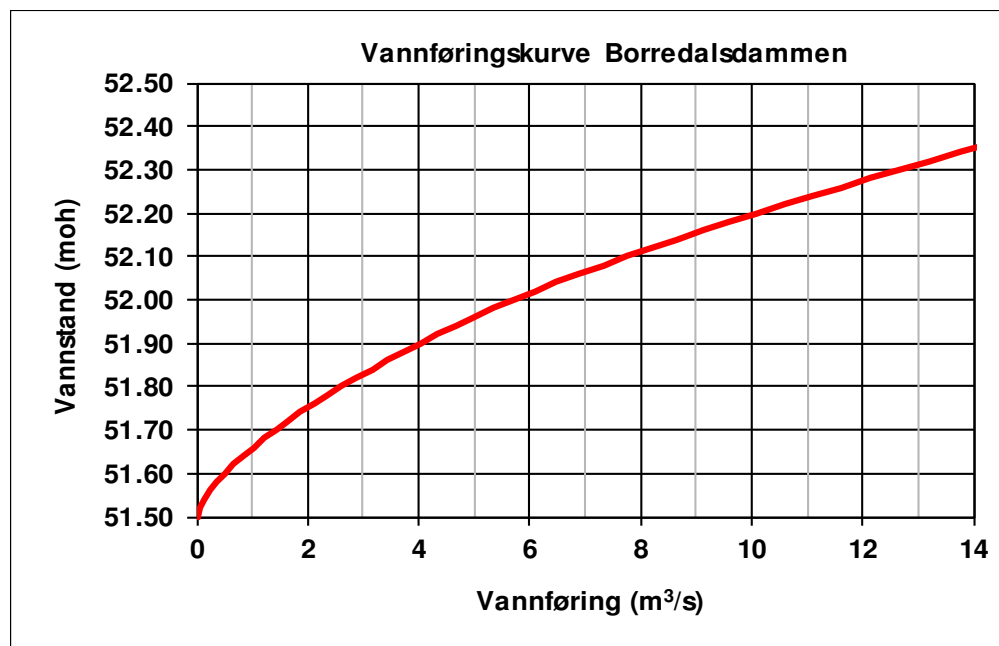
I henhold til NVEs retningslinjer for flomløp [1], er det tatt hensyn til sidekontraksjon. For skarpe kanter er overløpslengden redusert med $0,1 \times H \times n$ hvor H er dimensjonerende overløpshøyde og n er antall kontraksjoner. Overløpslengden er redusert med $0,1 \times H \times 2 = 0,07$ m (to kontraksjoner og $H = 0,35$ m).

C-faktor for overløpet er valgt til 1,45 pga. skarpkantet overløpsprofil, bredden på overløpsterskel $B = 1,6$ m og et forhold H/B på ca. 0,22 hvor H er vanndybde over terskel. C-faktor for damkronene er valgt til 1,40 pga. forhold $H/B < 0,1$. C-faktor for overløp i terreng er valgt til 1,2.

Kapasitetskurven for Borredalsdammen er vist i Figur 2-3.

Tabell 2-2 Damdata for Borredalsdammen.

	Lengde (m)	Kote (moh.)	C-faktor
Betongoverløp	11	51,50	1,45
Terreng (rensket fjell)	5	51,95	1,2
Murt steindam	55 (uten overløpet)	52,42	1,4
Jordfyllingsdam	59	53,50	1,4



Figur 2-3: Flomløpskapasitet for Borredalsdammen.

2.3 Magasinkurve

Ved HRV (51,50 m o.h.) er arealet gitt til 0,17 km², og areal er forutsatt det samme for HRV+1m.

2.4 Forutsetninger

Borredalsdammen er inntaksmagasin for vannforsyning til Fredrikstad kommune. Magasinet har et volum tilsvarende et vannforbruk på ca. 2 uker. Det antas at pumpene som levere vann fra Visterflo til Borredalsdammen er stoppet ved flommen. Pumpene har en maksimal kapasitet på 2650 m³/t og blir stoppet hvis vannstand i Borredalsdammen når 7 cm under HRV.

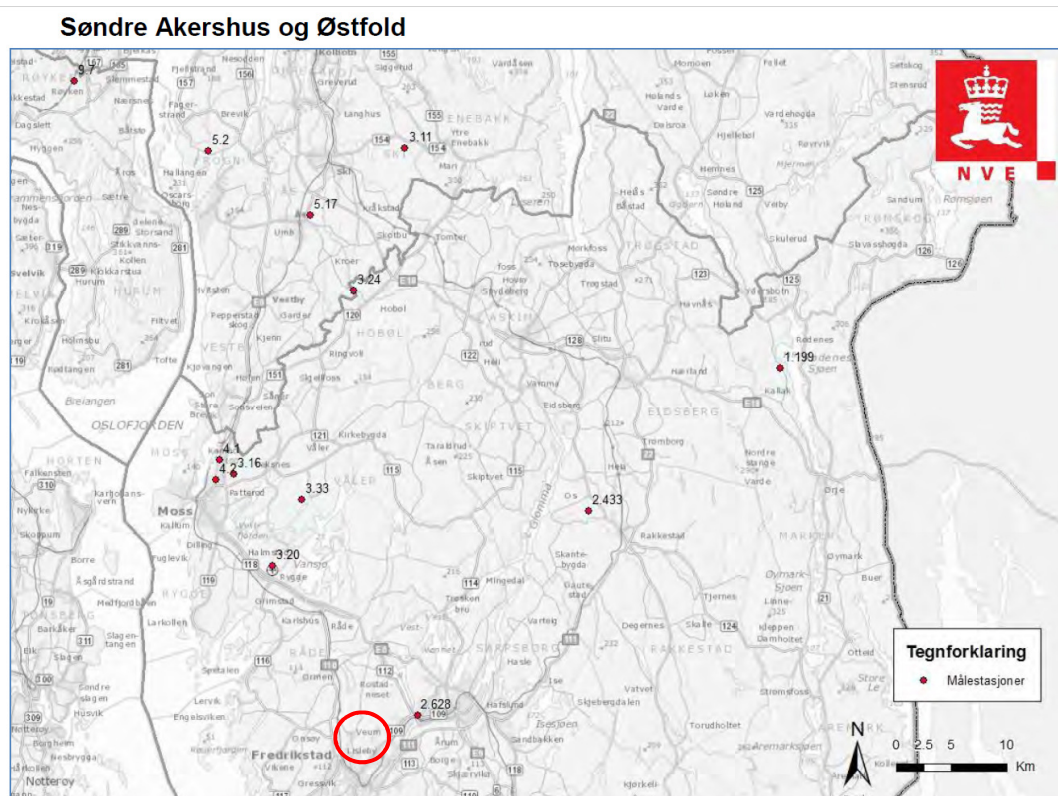
Det er forutsatt av vannuttaket til vannverket fra dammen er ute av drift under flommen (ugunstigste situasjon).

3 Flomfrekvensanalyse

Det er tatt utgangspunkt i en flomfrekvensanalyse tidligere utført for Trondalsdammen. Trondalsdammen ligger innenfor Fredrikstad by, ca. 5 km sørvest fra Borredalsdammen og har et svært lite felt (0,17 km²).

3.1 Målestasjoner

Det er foretatt flomfrekvensanalyser for flere vannføringsstasjoner i området (Figur 3-1). En oversikt over målestasjoner med små felt (<50 km²) i området rundt Fredrikstad er angitt i ref. [2].



Figur 3-1: Oversiktskart av målestasjoner rundt Fredrikstad med felt mindre enn 50 km² (Kilde [2]). Borredalsdammen er merket med rød sirkel. Trondalsdammen er merket med blå firkant.

I utgangspunktet har vi vurdert data fra alle de viste målestasjonene, men på grunn av korte serier, høy sjøprosent og mye manglende data i seriene, er 3.11 Sagstubekken vurdert som den eneste representative målestasjonen på Østlandet.

Tabell 3-1 viser feltparameter for dette vannmerket og for Borredalsdammen. For vannmerket er feltparametrene hentet fra Hysopp. For Borredalsdammen er feltparametrene beregnet ved hjelp av verktøyt i Nevina.

Normal avrenning (Q_N) for Borredalsdammen er basert på Nevina og kontrollert med en separat kartanalyse. Avrenningskart fra NVE [3] viser en årsmiddelavrenning for perioden 1961-1990 på 250-500 mm/år som gir $Q_N = 8-16$ l/s/km². Nevina gir en verdi på 12,5 l/s/km². Vi har valgt å bruke denne verdien til å estimere årsmiddelavrenning for Borredalsdammen. For 3.11 Sagstubekken er årsmiddelavrenning for perioden 1961-1990 gitt til 500-1000 mm/år fra avrenningskart ($Q_N = 16-32$ l/s/km²) og er beregnet til 15,6 l/s/km² fra måleserien (1952-1973) og til 19 l/s/km² fra Nevina.

Tabell 3-1: Feltparametere (fra Nevina)

Målestasjon	Areal (km ²)	Periode / Kilde	Høyde i m o.h. (min-med-maks)	Eff. Sjø. (%)	Skog %	Q _N (Obs / 61-90) ¹ l/s/km ²
Borredalsdammen	2,09		51 - 66 - 110	0,00	92	12,5
3.11 Sagstubekken	3,39	1952-1973	154-198-239	0,03	97	15,6 ¹
3.11 Sagstubekken	3,44	Nevina	154-198-239	0,03	97	19,0

¹Vannmerker: observert middelvannføring i observasjonsperioden 1952-1973.

3.2 Observerte flommer

Den største observerte flommen ved 3.11 Sagstubekken har forekommet i oktober. Forholdstallet i nest siste kolonne (maks.obs/Q₁₀₀₀) antyder at den tilsvarer ca. 80% av 1000-årsflom.

Tabell 3-2 Observerte store flommer (døgnverdi).

Målestasjon	Periode	Obs. år	Obs. dato	Maks.obs. (l/s/km ²)	Maks.obs. / Q ₁₀₀₀
3.11 Sagstubekken	1952-1973	1967	29.oct	590	0,76

3.3 Flomsesong

De regionale flomformlene skiller mellom vår- og høstflommer. Dette vurderes som nødvendig i dette området ved kysten, og som en bekreftelse på dette, er det i Tabell 3-3 vist resultater for Q₁₀₀₀ med en oppdeling i vår (1.1-31.7), høst (1.8-31.12) og år. Beregningene er foretatt med NVEs programvare for ekstremverdianalyse i DAGUT, og da ved bruk av Gumbel fordelingen. De største verdiene for målestasjonen er uthevet. Det fremgår av tabellen at høstflom dominerer ved 3.11 Sagstubekken. Derfor er det i frekvensanalysen lagt til grunn høstflom.

Tabell 3-3: Q₁₀₀₀ beregnet med sesonginndeling (l/s/km²).

VM Navn	År	Vår	Høst
3.11 Sagstubekken	779	472	855

3.4 Frekvensanalyse

De mer detaljerte resultatene for høstflommer er vist i Tabell 3-4. Fordelingen som flomstørrelsene er beregnet med, er oppgitt i den siste kolonnen. Tabell 3-4 gir også forhold for Q₁₀₀₀/Q_M og Q₂₀₀/Q_M fra resultatene fra frekvensanalysen.

Tabell 3-4: Flomfrekvensanalyse for høstflommer (l/s/km²).

Målestasjon	Ant. år	Q _M	Q ₂₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q ₂₀₀	Tilpasning
3.11 Sagstubekken	22	206	690	855	4,15	3,35	1,24	Gumbel

3.5 Regionale flomformler

Feltene i denne analysen er for små til å benytte de regionale flomformler fra NVEs retningslinjer for flomberegninger [4].

En egen regionalanalyse er imidlertid utført av Norconsult for å vurdere 200-årsflom i 2017. Analysen inkluderer vannmerke 3.11 Sagstubekken. Analysen anses som egnet for å vurdere døgnmiddel av spesifikk 200-årsflom for Borredalsdammen.

I denne analysen, ble det utført en multippel regresjonsanalyse på 16 målestasjoner rundt Oslo fjorden. I tillegg var det inkludert fire små nedbørfelt i Telemark og Agder, som gir analysen et bedre grunnlag, siden disse feltene er spesielt små. Norconsult har vært involvert i en rekke flomberegninger for små felt i den sentrale Østlands-regionen de siste årene, blant annet for oppdragsgivere som Jernbaneverket, Oslo kommune, Nedre Romerike vannverk, Statskog og Glitrevannverket. Vi har således et bredt erfaringsgrunnlag fra tidligere tilsvarende analyser.

Det er utført flomfrekvensanalyse på data fra feltene vist i Tabell 3-5, med resultatet for 200-årsflom vist helt til høyre i tabellen som døgnmiddel. Et oversiktskart er vist i Figur 3-3. Høstflommene i de naturlige feltene i dette området er typisk litt større enn årsflommene, men for meget små felt vil det være naturlig å se på årsflommer. Årsaken er at kortvarige og intense tilsigsepisoder like gjerne kan opptre på sommeren som på høsten.

Tabell 3-5: Feltkarakteristika og 200-årsflom (døgnmiddel).

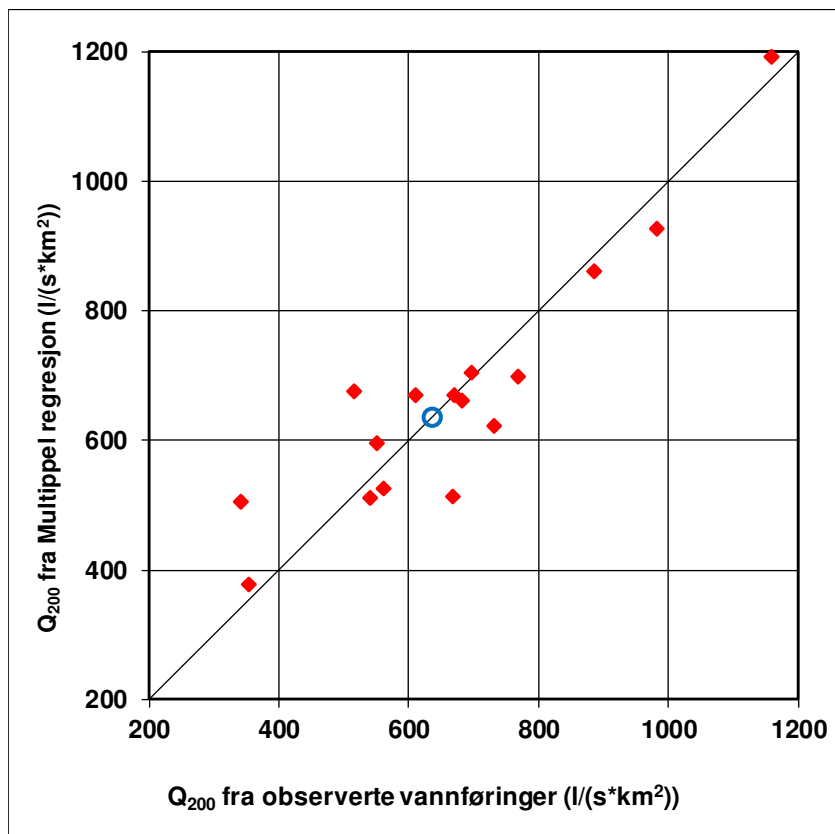
Felt	A (km ²)	A _{SE} (%)	Høyde (m o.h.) Min- med - Maks	QN (l/s*km ²)	Periode	Q ₂₀₀ (l/s*km ²)
Borredalsdammen	2,09	0	51-66-110	12,5	-	646
3.11 Sagstubekken	3,4	0,03	154-198-235	15,6	1952-1973	669
3.22 Høgfoss	299,0	0,54	47-154-345	15,8	1977-2016	354
6.10 Gryta	7,6	0,37	163-302-438	19,7	1968-2016	516
8.2 Bjørnegårdssvingen	190,4	0,02	4-343-681	19,9	1969-2016	540
8.6 Sæternbekken	6,3	0,02	107-240-420	17,5	1972-2016	611
8.8 Blomsterkroken	22,2	0,27	25-208-452	22,0	1976-2004	683
11.4 Elgtjern	6,6	3,62	430-510-673	22,5	1975-2007	561
12.106 Vikevatn	134,7	1,66	37-154-625	24,2	1956-1974	342
12.192 Sundbyfoss	74,30	0,38	54-194-625	22,7	1977-2016	550
12.193 Fiskum	51,9	0,09	84-278-649	16,0	1977-2016	668
15.21 Jondalselv	126,9	0,25	229-574-920	25,4	1993-2016	731
16.154 Brusetbekken	6,8	0,38	64-126-308	20,6	1987-2017	768
19.89 Skornetten	2,7	0,00	544-744-882	25,2	1974-2001	885
19.91 Åbogtjern ndf.	1,15	3,40	636-688-849	25,8	1974-2001	696
19.96 Storgama ovf.	0,6	3,47	581-610-680	36,0	1975-2016	982
20.11 Tveitdalen	0,4	0,00	191-219-239	37,5	1973-2016	1159

For å analysere eventuelle relasjoner mellom feltparametrene og spesifikk 200-årsflom er det utført en multipel regresjonsanalyse på datasettet. Analysen viser at feltareal (A), effektiv sjøprosent (A_{SE}) og årlig midlere tilsig (Q_N) kan forklare mye av variasjonen i flommer i regionen ($R^2=0,84$), se Figur 3-2. Effektiv sjøprosent er på grensen til å være statistisk signifikant (5%-nivå), men siden tilpasningen blir visuelt dårligere uten denne feltparameteren, er den beholdt i analysen. Ligningen for regresjonen blir:

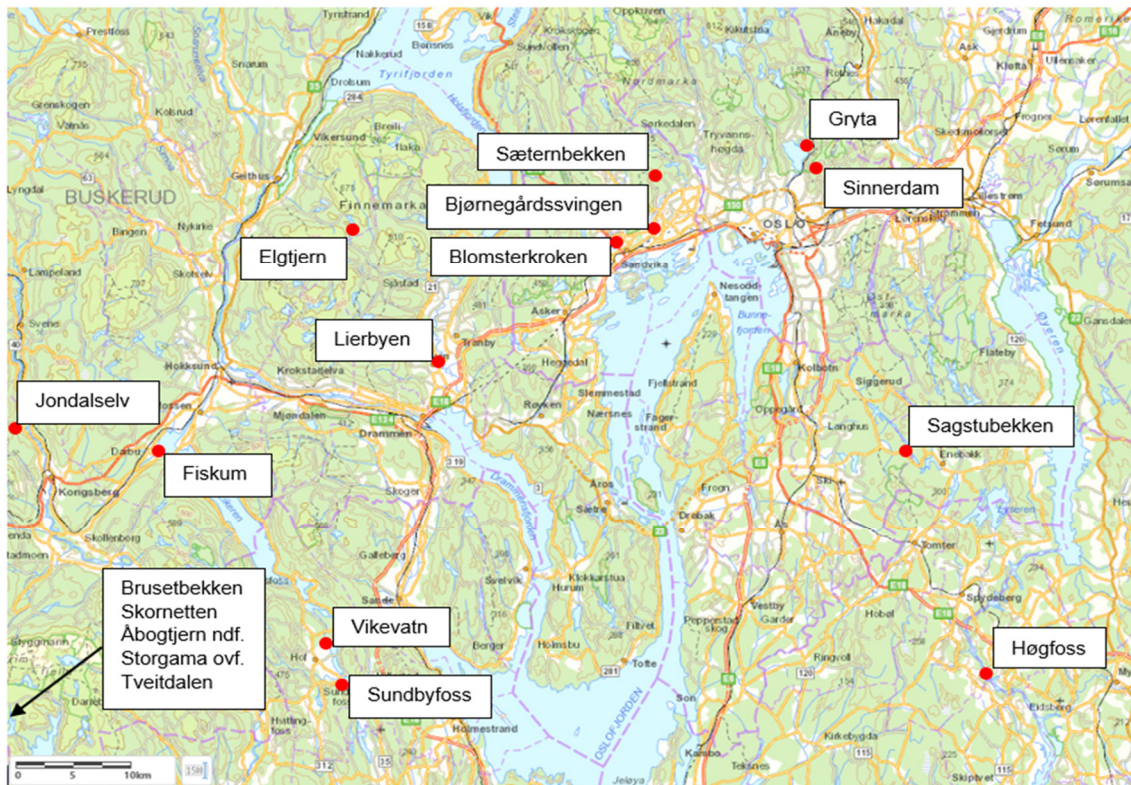
$$Q_{200} = 462 - 59,11 \times \ln(A) - 64,32 \times A_{SE} + 18,2 \times Q_N$$

For feltet til Borredalsdammen gir formelen en verdi for Q_{200} på 646 l/s/km² (Tabell 3-6 og Figur 3-2).

Døgnverdien for Q_{1000} er oppskalert med forholdstallet fra frekvensanalysen 1,24 (Tabell 3-4) og er beregnet til 800 l/s/km² (Tabell 3-6).



Figur 3-2: Sammenligning av observert 200-årsflom og 200-årsflom beregnet fra regresjon. Beregnet verdi for Borredalsdammen vist med blått.



Figur 3-3: Målestasjoner benyttet til frekvensanalyse. I tillegg kommer fire nedbørfelt i Telemark og Agder.

Tabell 3-6: Flommer (døgnverdi) beregnet fra multipl regresjonsanalyse rundt Oslofjorden.

Felt	A (km ²)	QN (l/s*km ²)	A _{SE} * (%)	Q ₂₀₀ (l/s*km ²)	Q ₁₀₀₀ (l/s*km ²)
Borredalsdammen	2,09	12,5	0,0	646	800
3.11 Sagstubekken	3,4	15,6	0,03	715	885

*Effektiv sjøprosent uten magasin

3.6 Nasjonalt formelverk for små felt

Det er også foretatt beregninger av Q_M og Q₁₀₀₀ basert på nasjonalt formelverk for flom i små nedbørfelt. Det skal bemerkes at i henhold til *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* [5] kan nasjonalt formelverk for flom i små nedbørfelt (ca. <50 km² og >0,2 km²) brukes for beregning av momentanflommer med gjentakintervall opp til og med 200 år. Middelflom beregnes da ved hjelp av følgende formel:

$$Q_M = 18,97 \cdot Q_N^{0,864} e^{-0,251 \sqrt{A_{SE}}}$$

hvor Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m³/s) i perioden 1961-90 (Tabell 3-1), A_{SE} er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet e ≈ 2,718.

Q₁₀₀₀ er oppskalert med forholdstall fra frekvensanalyse 1,24 (Tabell 3-4). Døgnverdien er beregnet ut fra forholdstallet beregnet etter formelverket i retningslinjene for høstflom 2,20 (Tabell 3-14).

Parameterne som inngår i formelverket og resultatene er presentert i Tabell 3-7.

Tabell 3-7: Flommer (kulminasjonsverdi) beregnet fra nasjonalt formelverk for småfelt.

Felt	A (km ²)	QN (l/s*km ²)	A _{SE} * (%)	Kulminasjon (l/s/km ²)		Døgn (l/s/km ²)		
				Q _M	Q ₂₀₀	Q _M	Q ₂₀₀	Q ₁₀₀₀
Borredalsdammen	2,09	12,5	0,0	389	1143	177	520	645

*Effektiv sjøprosent uten magasin

Formelen for små uregulerte felt gir kulminasjonsverdier, dvs. den høyeste vannføringsverdien i en flomhendelse. I frekvensanalysen i avsnitt 3.4 er det beregnet døgnmiddelverdier, dvs. middelvannføringen gjennom døgnet. Kulminasjonsfaktoren, forholdet mellom kulminasjonsverdien og døgnmiddelverdien, for de ulike feltene er beregnet i avsnitt 3.11.1 (se Tabell 3-14). Det er brukt forholdet for høstflommer for å beregne døgnverdier.

3.7 Rasjonale formel

Den rasjonale formel kan brukes for beregning av momentanflommer med gjentaksintervall opp til og med 200 år for flom i små nedbørfelt. NVEs retningslinjer anbefaler at den rasjonale metoden brukes bare for felt med nedbørfeltareal mindre enn 0,5 km², mens Statens vegvesen Håndbok 018 (ref./3/) anbefaler at den Rasjonale Metoden brukes for felt med areal mindre enn 2-5 km². Den Rasjonale Metoden er derfor brukt for beregning av flomvannføring i Borredalsdammen.

Flommer opp til 200-år beregnes da ved hjelp av følgende formel:

$$Q = C \times i \times A$$

Hvor:

Q: avrenning i m³/s

C: avrenningsfaktor

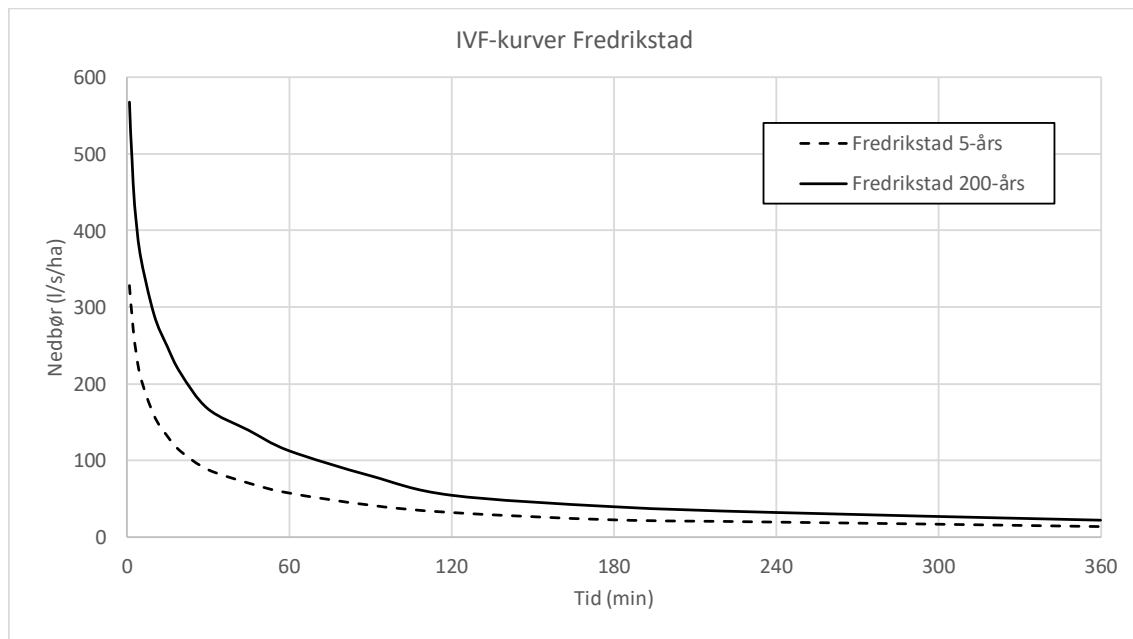
i: dimensjonerende nedbørintensitet fra IVF kurver (l/s/ha) over feltets kritiske varighet

A: feltareal (ha)

3.7.1 Dimensjonerende nedbørintensitet

Nedbørintensitet er hentet fra IVF kurver i *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* [5].

Nedbørintensitet er beregnet med IVF-kurven til målestasjon 3030 Fredrikstad. Kurven er basert på nedbørdata 1970-2013 hentet fra Meteorologisk institutt sin klimadatabase (<http://eklima.met.no>). Stasjonen 3030 Fredrikstad er nærmeste målestasjonen til Borredalsdammen og ligger 30 m o.h.. Årlig nedbør for 3030 Fredrikstad er 825 mm. En annen målestasjon i området er Onsøy-Øyenkilen. Da IVF-kurven for målestasjon 3030 Fredrikstad er beregnet ut i fra en lengre måleperiode, har vi valgt å bruke denne til å estimere nedbørintensitet. IVF-kurven er vist i Figur 3-4.



Figur 3-4: IVF-kurve for målestasjon Fredrikstad.

Regnvarigheten, T_r , settes lik konsentrasjonstiden, T_c , til feltet. For naturlige felt [5] beregnes T_c med følgende formel:

$$T_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{SE}$$

Hvor: $L=2000$ m er nedbørfeltets lengde til magasin (m), $H=60$ m er høydeforskjellen i feltet (m) og $A_{se}=0$ er andel innsjø i feltet.

Konsentrasjonstiden til Borredalsdammen er beregnet til ca. 155 minutter. Ut fra dette har vi valgt å bruke dimensjonerende nedbørintensitet interpolert fra konsentrasjonstid 90 og 180 minutter i beregningene som er vist i Tabell 3-8.

Tabell 3-8: Nedbørverdier for varighet 155 minutter for returperiode 2 og 200 år for målestasjon 3030 Fredrikstad.

Gjentaksintervall	2 år	5 år	10 år	20 år	25	50 år	100 år	200 år
Nedbør-intensitet (l/s*ha)	21	28	32	36	38	-	-	51
Nedbør (mm)	19	26	30	34	35	-	-	48

3.7.2 Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren, C , er et mål på hvor mye av den totale nedbøren som drenerer fra et område. Faktorens størrelse er avhengig av terrengtype, vegetasjon, helning og sannsynlighet for overflateavrenning fra feltet. Det er benyttet erfaringstall for avrenningsfaktorer for ulike terrengtyper oppgitt i [5] og vist i Tabell 3-9. Avrenningsfaktoren C varierer fra maksimalt 0,9 for bart fjell til minimalt 0,2 for forholdsvis skogsområder og områder med dyrka mark.

Tabell 3-9: Avrenningsfaktor C for nedbørfelt med forskjellig dekke ved nedbør med returperiode 10 år [5].

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
– Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6 – 0,9
– Grusveger	0,3 – 0,7
– Dyrtet mark og parkområder	0,2 – 0,4
– Skogsområder	0,2 – 0,5

[5] anbefaler å bruke lave verdier fra for regn med varighet kortere enn 1 time og høye verdier om varigheten er mer enn 3 timer. Videre anbefales det å bruke en verdi i øvre sjiktet for bratte felt og mer tette overflater eller der grunnvannet ofte går opp til overflaten. For Borredalsdammen, har vi brukt C-verdier i undre del av intervallet ettersom konsentrasjonstid er ca. 155 mn og feltet er ganske flatt ([5] anbefaler da en lav verdi).

For Borredalsdammen, har vi brukt en verdi C=0,28 som er beregnet ut fra arealandeler fra Nevina og verdier i Tabell 3-9. Tabell 3-10 viser en oversikt over benyttede verdier for avrenningsfaktor.

Tabell 3-10: Beregning av avrenningsfaktor C for Borredalsdammen.

Arealtype	C	Arealandel (%)	C*A
Insjøer	1	7,2	0,072
Skog	0,3	91,5	0,275
Myr	0,6	0,5	0,003
			0,28

For nedbør med returperiode mer enn 200 år, økes C-verdien med 30% [5]. Det gir en C-verdi på 0,36 som er brukt i beregningene med den rasjonale formel.

3.7.3 Resultater fra den rasjonale formel

Den rasjonale formelen gir kulminasjonsverdier, dvs. den høyeste vannføringsverdien i en flomhendelse. I frekvensanalysen i avsnitt 3.4 er det beregnet døgnmiddelverdier dvs. middelvannføringen gjennom døgnet. Kulminasjonsfaktoren for de ulike feltene er beregnet i avsnitt 3.11.1 (se Tabell 3-14). Det er brukt forholdet for høstflom på 2,20 for å beregne døgnverdier.

Tabell 3-11: Flommer beregnet fra den rasjonale formel.

Felt	A (km ²)	L (m)	H (m)	A _{SE} * (%)	T _c (mn)	C	Kulminasjon (l/s/km ²)		Døgn (l/s/km ²)	
							Q ₂₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀	Q ₁₀₀₀
Borredalsdammen	2,09	2000	60	0,0	155	0,36	1886	1061	856	1061

*Effektive sjøprosenten uten magasin

3.7.4 Resultater fra nedbør-avløpsmodell

Nedbør-avløpsmodellen gir for Q₁₀₀₀ en kulminasjonsverdi på 2518-2920 l/s/km² og en døgnverdi på 1031-1279 l/s/km² (Tabell 5-2).

3.8 Resultater

Tabell 3-12 viser døgnverdier beregnet med metodene beskrevet ovenfor for forskjellig gjentakintervall.

Tabell 3-12: Beregnet døgnvannføring for forskjellige gjentakintervall til 1000 år for Borredalsdammen.

Gjentaksintervall	Middelflom		200 år		1000 år	
	Q (m ³ /s)	q (l/s*km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s*km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s*km ²)
Flomfrekvensanalyse	0,43	206	1,44	690	1,79	855
Regional analyse	-	-	1,35	646	1,67	800
NVEs formelverk for små felt	0,37	177	1,09	520	1,35	645
Den rasjonale formel	-	-	1,79	856	2,22	1061
Nedbør-avløpsmodell	-	-	-	-	2,61	1249

Med en årsavrenning på 12,5 l/s/km², gir NVEs formelverk for små felt verdier ca. 33% lavere enn verdien beregnet fra flomfrekvensanalyse, ca. 24% lavere enn verdien beregnet fra den regionale analysen og ca. 40 % lavere enn verdien beregnet fra den rasjonale formel. Det er kjent at NVEs formelverk for små felt underestimerer verdier for lav årsavrenning (<10-15 l/s/km²) og er sensitivt for årsavrenning.

Med en avrenningsfaktor på ca. 0,3, gir den rasjonale formel for små felt verdier ca. 24% høyere enn verdien beregnet fra flomfrekvensanalyse og ca. 35% høyere enn verdien beregnet fra den regional analyse. Det er kjent at den rasjonale formel er veldig sensitivt for avrenningsfaktoren.

Nedbør-avløpsmetoden gir en verdi 50% høyere enn verdien beregnet fra flomfrekvensanalyse og 60% høyere enn verdien beregnet fra den regional analyse. Det er kjent at nedbør-avløpsmetoden ofte gir noe konservative verdier på Østlandet og er sensitivt for snøsmelting.

Resultatene for de to andre metodene er ganske like og ligger på 800 - 855 l/s/km².

3.9 Endelig valg av flomstørrelse

Analysene ovenfor gir noen indikasjoner på hvilken verdi Q₁₀₀₀ skal ha.

NVEs formelverk gir en verdi på Q₁₀₀₀ som er usikker pga. lav årsavrenning og forkastes derfor. Den rasjonale formel gir en verdi på Q₁₀₀₀ som er usikker pga. avrenningsfaktoren og gir for høy verdi i forhold til de andre metodene og forkastes derfor. Nedbør-avløpsmetoden gir for høy verdi og forkastes derfor. Resten av metodene gir døgnmiddelverdier ved 1000-årsflom på 800-855 l/s/km².

I følge erfaringstall fra flomberegninger i [4], er døgnmiddelverdier for Q₁₀₀₀ på Østlandet og for små felt (<50km²) stort sett mellom 600-1200 l/s/km². De største verdiene referer seg til meget små felt. Beregnet verdi (800-855 l/s/km²) ligger innenfor, men i middel av dette intervallet.

På bakgrunn av resultatene vist i Tabell 3-12, har vi valgt å legge den spesifikke flomverdien for 1000-årsflom på 830 l/s/km² for Borredalsdammen, som er innen ± 5% av verdien for Q₁₀₀₀ fra den regionale analysen og flomfrekvensanalysen.

Ved hjelp av gjennomsnittlig forholdstall fra frekvensanalysen (Tabell 3-4, beregnet til 4,15) er Q_M beregnet til 200 l/s/km². Middelflom ligger noe lavere enn verdien basert på observerte data for 3.11 Sagstubekken på 206 l/s/km² og verdien basert på Nevina for 3.11 Sagstubekken på 234 l/s/km².

3.10 Sammenligning mot tidligere flomberegning

Det er ikke utført flomberegninger for Borredalsdammen tidligere. Det er imidlertid utført flomberegninger for Veumbekken kulvert i 2007 og i 2015, og for Bjørndalsdammene like mot øst i 2002 [10, 11 and 12]. Beregningene ble utført ved bruk av nedbør-avløpsmodellen, som muligens gir noe konservative verdier.

Det ble også utført flomberegning for Stordammen i 2018 [13] som er nabofeltet til Boredalsdammen mot nord og for Trondalsdammen mot sør-vest i 2018 [14]. Beregningene ble da utført ved bruk av de fire metodene brukt i denne flomberegning for Borredalsdammen. Endelig verdi ble da basert på flomfrekvensanalyse, regional analyse og NVEs formelverk, mens den rasjonale formel gav verdier på Q_{1000} som var alt for høy i forhold til de andre metodene og ble derfor forkastet.

Resultater for de tidligere beregningene er vist i Tabell 3-13. For korrigerings av 200- og 500-årsflommen (Q_{500}) til en 1000-årsflom for Veumbekken, så er det brukt en oppskalering med hht. 1/0,81 og 1/0,93, basert på erfaring fra en rekke flomberegninger i Norge.

Døgnmiddelflom for de seks flomberegningene ligger i intervallet 730-1200 l/s/km². Trondalsdammen og Nedre Bjørndalsdammen har meget lite felt og de største døgnmiddelflommene.

Tabell 3-13: Q_{1000} -døgnverdi fra de tidligere flomberegningene for Veumbekken kulvert, Bjørndalsdammene, Trondalsdammen og Stordammen..

Gjentaksintervall	Metode	Q_N (l/s*km ²)	Areal (km ²)	Døgn (l/s*km ²)	Kulminasjon (l/s*km ²)
Borredalsdammen	Flomfrekvensanalyse Regional analyse	12,5	2,09	830	1853
Veumbekken kulvert i 2007	Nedbør- avløpsmodell	12	12,1	971	1893
Veumbekken kulvert i 2015	Nedbør- avløpsmodell	13	12,0	730	1608
Stordammen, 2018	Flomfrekvensanalyse Regional analyse NVEs formelverk	12,5	1,2	900	2043
Nedre Bjørndalsdammen, 2002	Nedbør- avløpsmodell	12	0,22	1200	2368
Trondalsdammen, 2017	Flomfrekvensanalyse Regional analyse NVEs formelverk	12,6	0,17	1100	2750

3.11 Flomforløp

3.11.1 Kulminasjonsfaktor

Forholdet mellom momentanflom og døgnflom beregnet etter formelverket i retningslinjene [4] for feltene er gitt i Tabell 3-14 sammen med valgte forholdstall. Vi har brukt beregnet kulminasjonsfaktor for høst, som gir en høyere verdi gitt at den dominerende flomsesongen i området vi ser på er årssesong (se avsnitt 3.3).

$$Q_{\text{mom}} / Q_{\text{døgn}} (\text{høst}) = 2,29 - 0,29 \cdot \log(A) - 0,27 \cdot \text{ASE}^{0,5}$$

$$Q_{\text{mom}} / Q_{\text{døgn}} (\text{vår}) = 1,72 - 0,17 \cdot \log(A) - 0,125 \cdot \text{ASE}^{0,5}$$

For vannmerket og Borredalsdammen som har lite feltareal og lav sjøprosent, er forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom for årsflom mellom 2,1-2,20.

Tabell 3-14: Forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom

Felt	A (km ²)	ASE (%)	Formel		Valgt mom/døgn
			Vår	Høst	
Borredalsdammen	2,09	0,0	1,65	2,20	2,2
3.11 Sagstubekken	3,9	0,03	1,60	2,09	2,1

Forholdstallene beregnet ved formlene i retningslinjene er sammenlignet med observerte forholdstall for et sammenlignbart vannmerke (Tabell 3-14). For vannmerket 3.11 Sagstubekken, har vi plukket ut forholdstall for de fem største flommene med 1-2 times oppløsning (Tabell 3-15). Observerte forholdstall for vannmerket i frekvensanalysen gir lavere verdier enn forholdstallene beregnet med formelverket i retningslinjene. Grunnen er at oppløsning av observasjonene varierer mellom 1,5- 2 timer og derfor blir det observerte forholdstallet noe lavere enn det beregnede forholdstallet. Forholdstallet vist i Tabell 3-14 er derfor valgt.

Tabell 3-15: Observerte forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom for vannmerket 3.11 Sagstubekken.

Dato	Q (m ³ /s)	Q _{mom} (m ³ /s)	Q _{mom} /Q
29.10.1967	2,0	2,64	1,3
21.12.1959	1,34	2,20	1,6
20.11.1970	1,11	1,54	1,4
29.10.1961	1,11	1,86	1,7
29.11.1954	1,07	1,57	1,5
Gjennomsnitt			1,5

3.11.2 Flomvarighet

Flommens varighet er vurdert ut fra kritisk varighet for magasinet og feltets konsentrasjonstid.

Kritisk varighet for magasinet med fast overløp er beregnet med formelen i retningslinjene [4] (Tabell 3-16). Formelen regner med fast overløpsbredde.

$$\text{Kritisk varighet (timer)} = T_k = 480 \times A_m \times Q^{-1/3} \times (C \times B)^{-2/3}$$

Hvor A_m er magasinareal ved HRV (km^2), B er det flomløpets lengde (m), C er overløpskoeffisient, og Q er tilløpsflom (m^3/s) som er beregnet som $4 \times Q_M$.

Feltets konsentrasjonstid, T_c , definert som vannets transporttid fra øverste del av feltet til magasinet. T_c er beregnet ut fra feltlengden L_f (m) og en antatt middelhastighet for vannet på $V=1,5$ m/s.

$$\text{Konsentrasjonstid (timer)} = T_c = L_f / V$$

Total varighet av tilløpsflommen bør være minst $1,5 \times (T_k + T_c)$ og dermed er det valgt å lage flomforløpet for 24 timer.

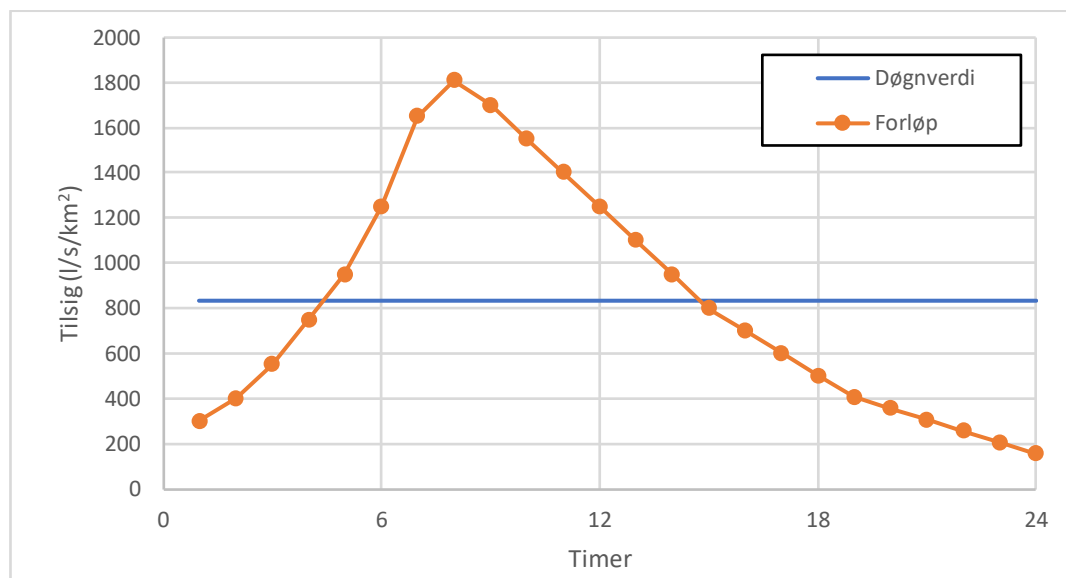
Tabell 3-16: Kritisk varighet, konsentrasjonstid og minst flomvarighet for Borredalsdammen.

Felt	A (km^2)	A_{mag} (km^2)	C	B (m)	L_f (m)	H (m)	A_{se}	T_k (timer)	T_c (timer)	Flomvarighet (timer)
Borredalsdammen	2,09	0,17	1,48	11	2000	60	0	11	0,4	17

3.11.3 Flomforløp

For å lage forløpet til damanlegget har vi brukt:

- Varighet 24 timer.
- En døgnverdi fra avsnitt 3.9 på 830 l/s/km^2 .
- Et forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom på 2,20 (Tabell 3-14).



Figur 3-5: Forløp ved Borredalsdammen.

4 Påregnelig maksimal flom ved bruk av nedbør-avløpsmodell

4.1 Nedbørverdier

Ekstreme nedbørdata er beregnet av DNMI (vedlegg 8.4). DNMI presiserte at de gitte verdier er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.

I henhold til [4] er det forutsatt at PMP-verdier for alle varigheter inngår i PMF-beregningen. Dette fordi PMF ikke kan knyttes til noe gjentaksintervall, men skal representere en kombinasjon av ugunstige hendelser. Nedbørforløpet er satt opp for 24 timer (se 3.11.2). Nedbørfordelingen er antatt å være symmetrisk, med høyeste nedbørintensitet i time 12. Tabell 4-1 vises PMP- verdier før arealreduksjon.

Basert på nedbørstatistikk, feltets beliggenhet (jf. figur 4 i [4]) og flomfrekvensanalyse (avsnitt 3.3), er høstsesongen vurdert å være den flomskapende sesong.

Nedbørverdiene for den flomskapende sesongen er redusert med en arealreduksjonsfaktor, som er avhengig av feltets areal og er forskjellig for ulike varigheter. Arealreduksjonsfaktoren (ARF) er vist i Tabell 4-2. ARF er satt til 0,98 pga. at Borredalsdammen har et meget lite felt.

Nedbørdata for den nærmeste målestasjon 3030 Fredrikstad er hentet fra eklime.no. Målestasjon har en årsnedbør på 825 mm, og største observerte døgnnedbør er i september 2015 med 55 mm. Maksimal observert døgnnedbør i området er 84,4 mm ved 17000 Strømtangen fyr den 11.07.2007.

Tabell 4-1: PMP-verdier (mm) Borredalsdammen.

Sesong \ varighet (timer)	1	2	6	12	24	48	72	96	120
Årsverdier	85	110	155	190	235	290	325	365	395
Desember - februar	65	80	110	140	170	210	235	265	285
Mars - mai	70	85	120	150	185	230	255	285	310
Juni - august	75	95	135	165	205	255	285	320	345
September - november	85	110	155	190	235	290	325	365	395

Tabell 4-2: Arealreduksjonsfaktorer (ARF) for nedbør.

Felt \ varighet (timer)	1	2	6	12	24	48	72	96	120
Borredalsdammen (2,5 km ²)	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1	1

4.2 Snøsmelting

Nedbørfeltet er lavtliggende (mellom 50 og 110 m o.h.). I følge www.xgeo.no er det på ca. 66 m o.h. uvanlig å ha en betydelig snømengde liggende i området i perioden mai til oktober. Basert på en hydrologisk modell for årene 1957-2018 er den gjennomsnittlige snødybden på 5-10 cm i november-desember og ca. 25-45 cm i perioden januar-mars. I oktober vil snømengden være mer beskjeden, men dekningsgraden vil med stor sannsynlighet være opp mot 100 %. Hvis en regner med at de maksimale snødybdene er målt rett etter et snøfall om høsten og at snøen da har tetthet på 10-15 %,

da det er god sannsynlighet for at snøen i feltet er ny, vil det kunne være mer enn 70 mm tilgjengelig for snøsmelting.

I henhold til [4] benyttes PMP-verdier for den aktuelle sesongen, kombinert med maksimalt beregnet snøsmelting under stor nedbør i samme sesong ved beregning av Q_{PMF} . I høstmåneder/oktober er maksimal snømengden beregnet fra en hydrologisk modell for årene 1957-2018 til 82 mm i oktober.

Aktuelt bidrag fra snøsmelting som må tillegges flommen beregnes ut fra middeltemperaturen og en grad-dagsfaktor. For det aktuelle feltet angir [15] temperaturer i havnivå på 19-20 °C ved stor nedbør i juni og 13-14 °C i oktober. I våre beregninger bruker vi midlere temperaturverdier 19,5 °C for juni og 13,5 °C for oktober. Da Borredalsdammen feltet har medianhøyde $H_{50} = 66$ m o.h. og det benyttes -0,65°C som vertikal høydegradient tilsvarer dette 19 °C i juni og 13 °C i oktober (jf. vedlegg 7, [15]). I perioder med nedbør anbefaler retningslinjene grad-dagsfaktorer for tett skog på 3,0 (jf. tabell 4 i [4]). For Borredalsdammen er skogprosent på 92 %. Det er derfor lagt til grunn en graddagsfaktor på 3 mm/°C/dag. Vi vil dermed få et bidrag fra snøsmelting på ca. 60 mm/dag i juni og 40 mm/dag i oktober. For et nedbørforløp over 1 døgn vil det være tilstrekkelig med snø for snøsmelting gjennom hele forløpet i oktober.

Da summen av nedbør og snøsmelting er større i oktober enn i juni, er det valgt å bruke snøsmelting beregnet for oktober.

Det er videre i denne beregningen benyttet høstverdier for PMP kombinert med snøsmelting, som vist i Tabell 4-3. Høstverdiene for PMP tilsvarer årsverdiene (Tabell 4-1). Magasinet inngår ikke i modellen, men tilføres nedbør direkte i tillegg til tilsiget fra modellen.

Tabell 4-3: Beregning av bidrag fra snøsmelting i oktober.

Borredalsdammen	Temp. (°C)	Grad-dagsfaktor (mm/°C/dag)	Snøsmelting (mm/dag)	Snøsmelting (mm/time)
Oktober – 100%	13	3,0	39	1,6

4.3 Nedbør-avløpsmodell parameters

Det er utført simulering av PMF ved bruk av nedbør-avløpsmodellen

Den beste måten å bestemme modellparameterne til NVEs flommodell PQRUT er ved kalibrering mot observerte data med fin nok tidsopløsning. Da slike data ikke finnes, er det tatt utgangspunkt i feltparametere for de aktuelle feltene. Parameterne som inngår i PQRUT er deretter beregnet med formelverket i NVEs retningslinjer [4]:

$$K1 = 0,0135 + 0,00268 \times HL - 0,01665 \times \ln(Ase)$$

$$K2 = 0,009 + 0,21 \times K1 - 0,00021 \times HL$$

$$T = -9,0 + 4,4 \times K1^{-0,6} + 0,28 \times Qn$$

Hvor: HL = relieff-forholdet = H_{50}/L_f , hvor H_{50} er høydeforskjellen i meter mellom 25 % og 75 % passasjen på feltets hypsografikurve.
 L_f = feltaksens lengde i km (fra fjerneste punkt på feltgrensen til magasinet).
 Ase = effektiv sjøprosent (uten magasin).
 Qn = midlere spesifikt avløp i l/s/km².

Simuleringene med NVEs flommodell PQRUT er foretatt for feltet eksklusivt det aktuelle magasinet. Snøsmeltingen er da lagt til som et konstant bidrag under hele flomforløpet. Bakken er forutsatt å

være mettet med vann ved starten av flomforløpet, og initialvannføringen er satt lik estimert middelavrenning for sesongen.

Tabell 4-4 viser de benyttede parameterverdiene ved beregningen av PMF-forløp.

Tabell 4-4: PQRUT modellparameter ved beregning av PMF-forløp for Borredalsdammen.

Item	Verdi	Item	Verdi
Totalt A (km ²)	2,09	Qn (l/s/km ²)	12,5
Magasin (km ²)	0,17	Lf (km)	2,00
Modellert A (km ²) ¹⁾	1,92	K1	0,155
Ase (%) ²⁾	0,001	K2	0,040
H75 (m o.h.)	79	T (mm)	8,0
H25 (m o.h.)	59	Tc (time)	1,0
HL (m/km)	10	Initialvannføring (m ³ /s)	0,068

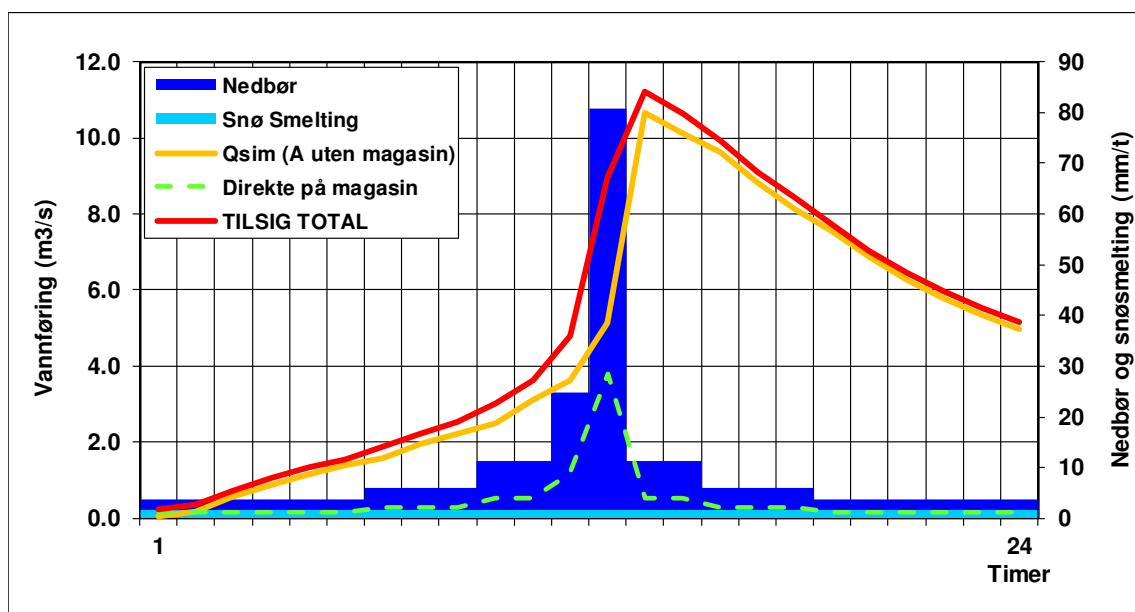
1) Eksklusive magasin. 2) Effektiv sjøprosent er null og settes til ASE=0,001 i beregninger.

4.4 Flomforløp for PMF

Flomforløp for PMF er vist i Figur 4-1. Nedbør direkte på magasinet er lagt til separat. Resultatene er vist i Tabell 4-5 hvor kulminasjonsvannføringen er 11,2 m³/s og døgnmiddel ca. 5,0 m³/s.

Tabell 4-5 Beregnede kulminasjonsverdier og 24-timersmiddel for Q_{PMF}.

Felt	Q maks (m ³ /s)	Q døgn (m ³ /s)	Q maks (l/s/km ²)	Q døgn (l/s/km ²)	Kulm. faktor
Borredalsdammen	11,20	4,97	5357	2380	2,25



Figur 4-1: Flomforløp for PMF.

5 1000-årsflom ved bruk av nedbør-avløpsmodell

Det er utført simulering av 1000-årsflom ved bruk av nedbør-avløpsmodellen.

Ved beregning av Q_{1000} benyttes P_{1000} verdier for den aktuelle sesongen, kombinert med 70% av maksimalt beregnet snøsmelting under stor nedbør i samme sesong [4]. Det er ikke sikkert at P_{1000} gir Q_{1000} , og metoden egner seg best for relativt små felt der regnflommer er de kritiske.

Ekstreme nedbørdata er beregnet av DNMI (vedlegg 8.4). Nedbørforløpet er satt opp for 24 timer (se 3.11.2). Nedbørfordelingen er antatt å være symmetrisk, med høyeste nedbørintensitet i time 12. Tabell 5-1 vises ekstreme nedbørdata P_{1000} - verdier før arealreduksjon. Fra flomfrekvensanalyse (avsnitt 3.3), er høstsesongen vurdert å være den flomskapende sesong. Nedbørverdiene for den flomskapende sesongen er redusert med en arealreduksjonsfaktor til 0,98 (se Tabell 4-2).

Tabell 5-1: 1000 årsflom-verdier (mm) Borredalsdammen.

Sesong \ varighet (timer)	1	2	6	12	24	48	72	96	120
Årsverdier	45	60	85	100	125	155	175	195	210
Desember - februar	30	35	55	65	80	100	110	125	135
Mars - mai	35	45	65	75	95	120	130	145	160
Juni - august	40	50	70	85	105	130	145	165	175
September - november	45	55	80	95	120	150	165	185	200

Snøsmeltingen er lagt til som et konstant bidrag under hele flomforløpet. Det er utført en beregning med snøsmelting satt til 1,12 mm/time (70% av maksimal snøsmelting beregnet i avsnitt 4.2) og uten snøsmelting.

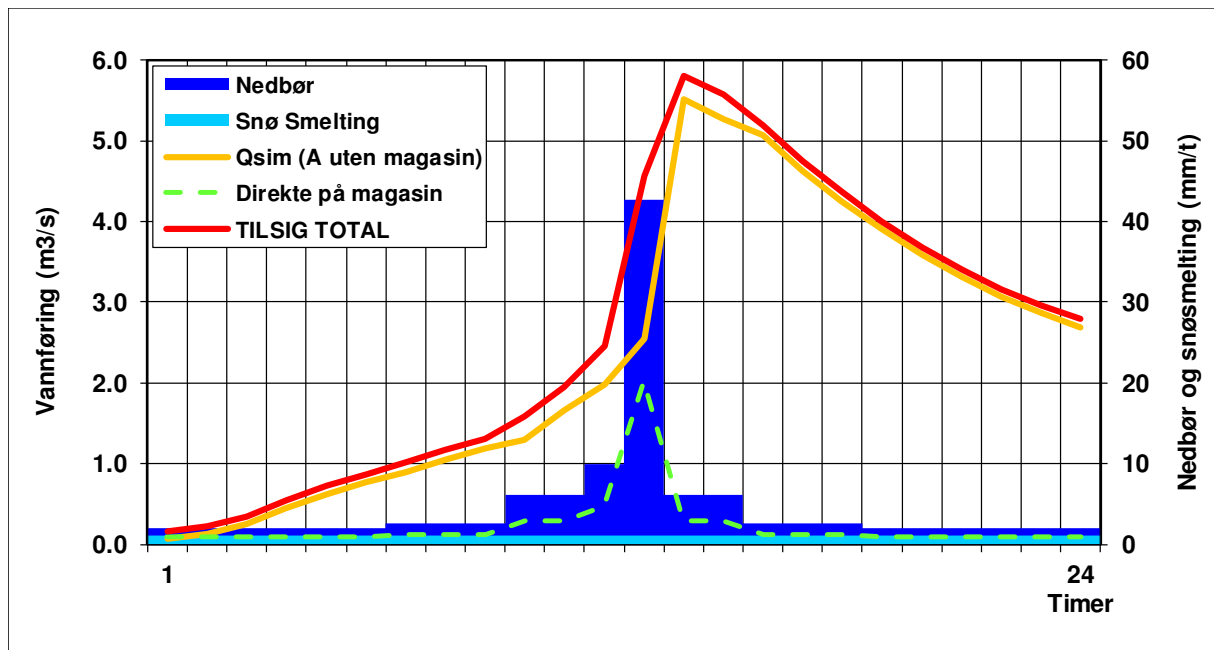
De benyttede parameterverdiene ved beregningen av 1000-årsflom forløp er vist i Tabell 4-4. Simuleringene med NVEs flommodell PQRUT er foretatt for feltet eksklusivt det aktuelle magasinet. Nedbør direkte på magasinet er lagt til separat. Initialvannføringen er satt lik estimert middelavrenning for sesongen.

Flomforløp for 1000-årsflom er vist i Figur 5-1 og resultatene er vist i Tabell 5-2. Kulminasjonsvannføringen er 5,8 m³/s og døgnmiddel er ca. 2,6 m³/s.

Uten snøsmelting er kulminasjonsvannføringen ca. 5,3 m³/s og døgnmiddel ca. 2,2 m³/s. Verdiene ligger 15-20% lavere enn verdien beregnet med snøsmelting.

Tabell 5-2 Beregnede kulminasjonsverdier og 24-timersmiddel for Q_{1000} .

Borredalsdammen	Q maks (m ³ /s)	Q døgn (m ³ /s)	Q maks (l/s/km ²)	Q døgn (l/s/km ²)	Kulm. faktor
70 % maks snøsmelting	5,80	2,61	2777	1249	2,22
Uten snøsmelting	5,28	2,18	2527	1045	2,42



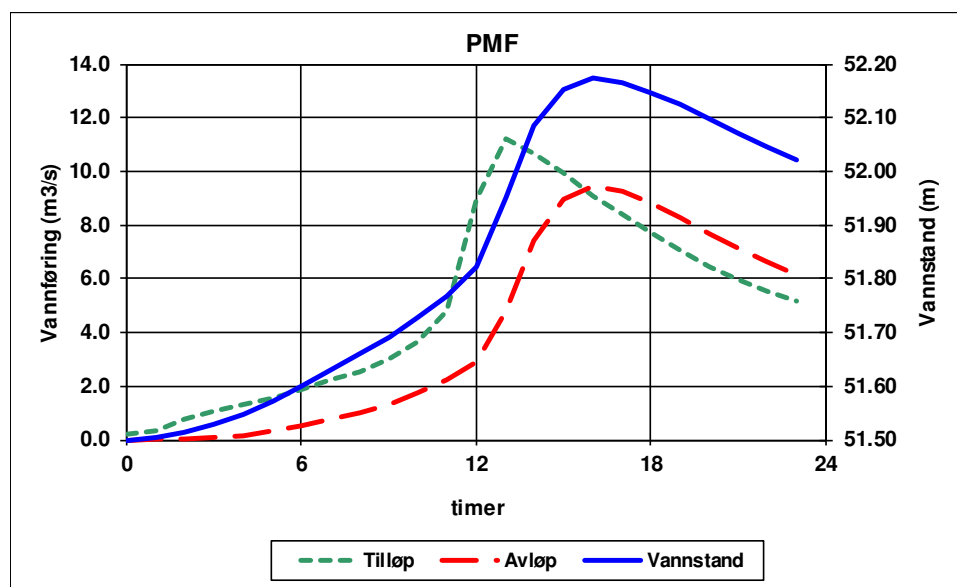
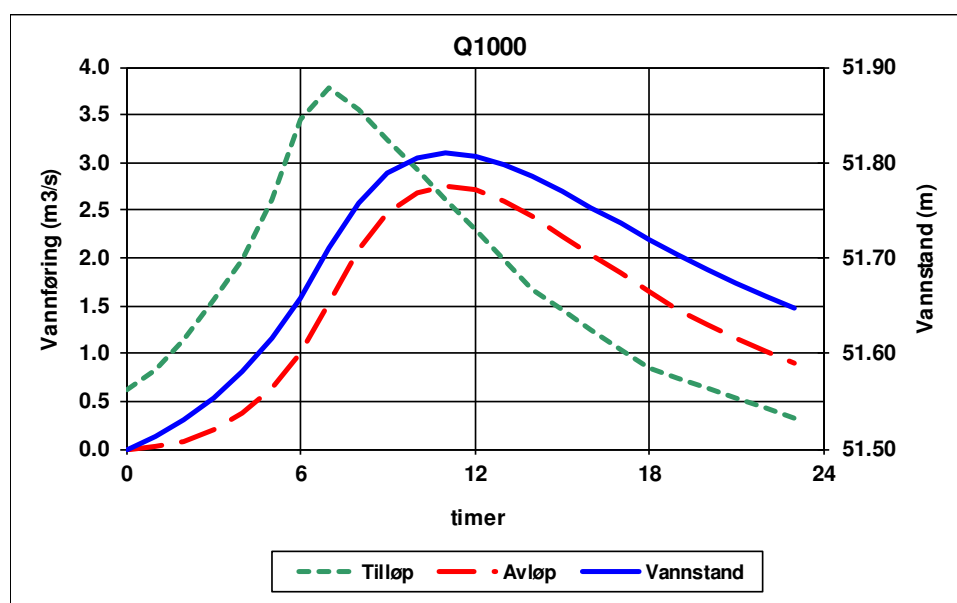
Figur 5-1: Flomforløp for 1000-årsflom med snøsmelting.

6 Resultater

Resultatene av beregningene er vist i Tabell 6-1 og Figur 6-1 og vedlagt i sin helhet i Vedlegg 9.2. Merk at avløpsverdiene kan avvike noe grunnet en finere tidsoppløsning enn timer i beregningene.

Tabell 6-1: Resultater flomberegning for dimensjonerende flom og PMF

Flom	HRV m o.h.	Tilløp m ³ /s	Avløp m ³ /s	Vannstand m o.h.	Over HRV m
Q ₁₀₀₀	51,50	3,8	2,8	51,81	0,31
PMF	51,50	11,2	9,4	52,17	0,67



Figur 6-1: Flomforløp Borredalsdammen. Q₁₀₀₀ øverst og PMF nederst.

7 Vurdering av beregningene

7.1 Datagrunnlag

Det er ikke noen direkte hydrologisk grunnlag i vassdraget eller i umiddelbar nærhet av damanlegget. Analysen er imidlertid basert på en omfattende regional flomvurdering. I tillegg er feltarealet svært lite. Flomberegningen vurderes derfor å ligge i kvalitetsklasse 3 på kanten mot 4 etter NVEs klassifiseringskriterier, jf. Tabell 8.1 i Retningslinjer for flomberegninger [4].

7.2 Sensitivitetsanalyse

Sensitiviteten til beregningene er vurdert ved å variere tilløpsflommen ved dimensjonerende flom med $\pm 10\%$ og avløpskapasiteten med $\pm 5\%$. Resultatet er vist i Tabell 7-1 som endring i m vannstand.

Variasjon i forutsetningene gir endringer i resultatene på mindre enn 5 cm. Vi vurderer derfor beregningen som lite sensitivt.

Tabell 7-1: Sensitivitetsanalyse av vannstand (m).

	Tilsg -10%	Tilsg +10%	C-faktor +5%	C-faktor -5%
Borredalsdammen	-0,02	0,02	-0,01	0,01

7.3 Tilstopping og lukesvikt

Det er ikke utført beregninger med lukesvikt, fordi damanlegget ikke har flomluker som antas å være i bruk i denne flomberegningen.

Tilstopping er vurdert ved hjelp av [7]. Borredalsdammen ligger under tregrensen. Rundt magasinet er det i hovedsak buskvegetasjon og trær med trehøyde på om lag 10 m. Det vurderes derfor å være fare for tilstopping fra trær ved Borredalsdammen, og det er derfor gjort beregninger med tilstopping her. Begrunnelsen for dette er gitt nedenfor.

På Borredalsdammen er flomløpet på 16 m (inkluderende 5 m langt terreng) som er lenger enn normal trehøyde i nedbørfeltet. Overløpet er åpent og det er vurdert at fare for tilstopping av flomløpet er lav. Busker og trær som kommer drivende, skal ikke tilstoppe flomløpet ved dimensjonerende flom. Derfor i hht. til [4] regnes det med 25 % redusert flomavledningskapasitet ved avledning av dimensjonerende flom. Resultater er vist i Tabell 7-2.

Tabell 7-2: Resultater hvor 25 % av overløpet er tilstoppet.

Q_{1000} m ³ /s	HRV	Tilløp m ³ /s	Avløp m ³ /s	Vannstand m o.h.	Vst. uten tilstopping m o.h.
25% tilstopping	51,50	3,8	2,5	51,85	51,81

Som det fremgår av tabellen medfører tilstoppingen at vannstanden stiger med 0,04 m med 25% tilstopping av flomløpet.

Med hensyn på is, så kan magasinene være islagt ved flom, siden det kan opptre flommer på vinteren i dette området. Det er ikke lense for å stoppe is. Med åpent overløp, vurderer vi det imidlertid å være liten tilstoppingsfare fra is.

Det er ikke observert flytetorv.

7.4 Mulige konsekvenser av klimaendringer

I små vassdrag og urbane områder på Østlandet skal det brukes klimapåslag på minst 20 % [8].

NVE har utarbeidet en klimarapport [9] hvor det er gitt forventede endringer i flomstørrelser i Norge basert på en studie for ulike landsdeler. I henhold til retningslinjer gitt av NVE [4,9] bør det vurderes minst 20 % økning av flommene som konsekvens av klimaendringer for små felt på Østlandet. Fra Nevina rapport anbefales et klimapåslag på 1,4 for kulminasjonsflom i små nedbørfelt. Derfor er klimapåslag regnet for både 1,2 og 1,4. Resultater er vist i Tabell 7-3. Vi kan se at en med slike klimaendringer må påregne 5-10 cm høyere vannstand.

Tabell 7-3: Konsekvens av klimaendringer med klimapåslag 20 % og 40%.

		Tilløp m ³ /s	Avløp m ³ /s	Vannstand m o.h.	Vst. uten klimapåslag m o.h.
Borredalsdammen	1,2×Q ₁₀₀₀	4,6	3,4	51,86	51,81
Borredalsdammen	1,4×Q ₁₀₀₀	5,3	4,0	51,90	51,81

7.5 Sammenligning mot tidligere flomberegning

Det ble utført en flomberegning for Boredalsdammen av Østlandkonsult i 1989 [16]. Disse verdiene er sammenlignet med de nye beregningene i Tabell 7-4. Ved beregningene i 1989 ble dimensjonerende flom beregnet ved hjelp av den rasjonale formel og en avrenningskoeffisient på 0,8. Døgnmiddel for 1000-årsflom ble beregnet til 1944 l/s/km² for Borredalsdammen. Dette er 2,5 ganger større enn verdien i 2018 for Borredalsdammen (830 l/s/km²).

Vannstanden til flommen som er beregnet i 2018 er sammenlignbar med flommen som er beregnet i 1989, med 35 cm flomstigning som resultat. Resultatene for de to flomberegninger er imidlertid ikke direkte sammenlignbare fordi tidligere flomberegning ble utført for:

1. et mindre felt (1,95 km²)
2. en mindre overløpslengde (L=8,8 m)
3. en høyre overløpskoeffisient (C=1,8)
4. en initial vannstand 0,3 m under HRV.

mens denne flomberegning er utført for et større felt (2,09 km²), et ombygget overløp (L=11 m) med lavere overløpskoeffisient (C=1,45) og en svært mindre døgnmiddel for 1000-årsflom.

Tabell 7-4: Sammenligning med flomberegninger fra 1989.

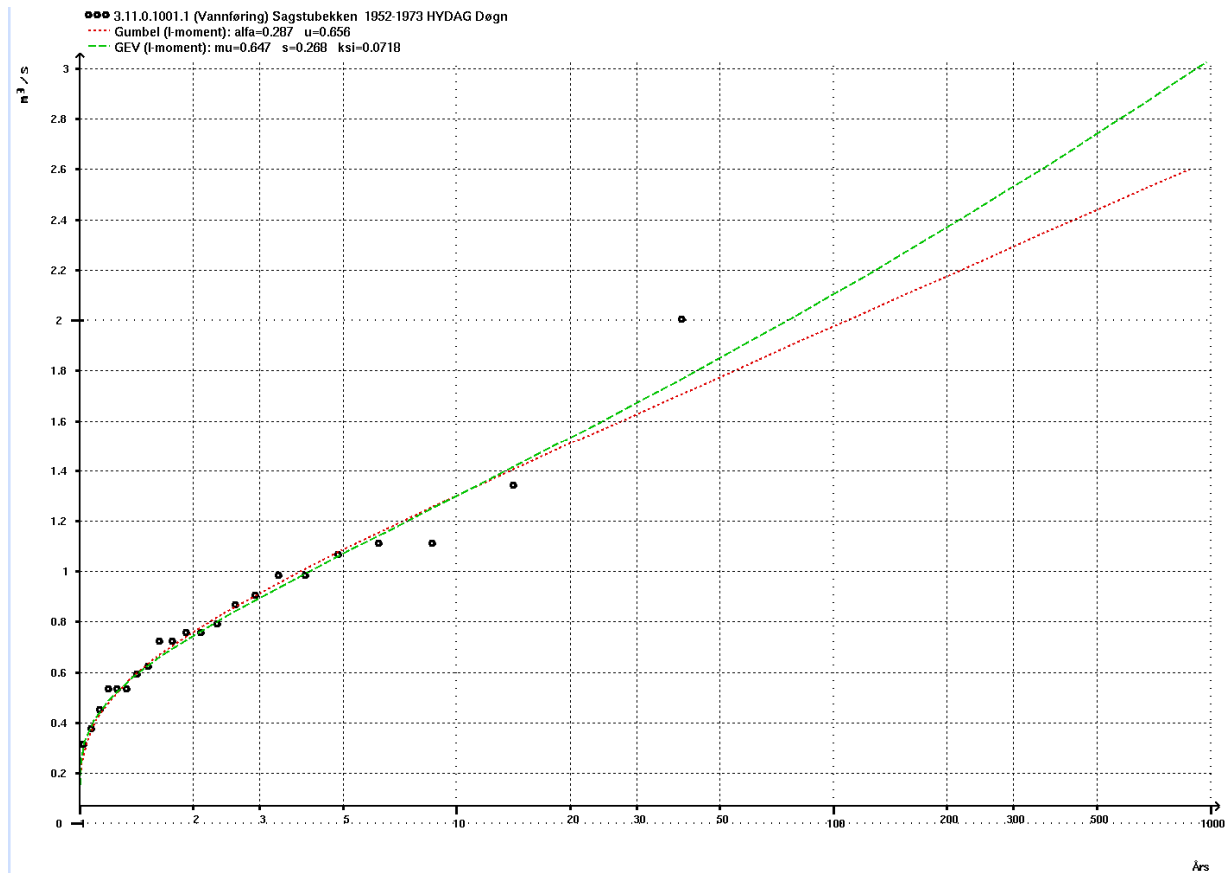
		Tilløp (m ³ /s)		Avløp (m ³ /s)		Flomstigning (m)	
		1989	2018	1989	2018	1989	2018
Borredalsdammen	Q ₁₀₀₀	13,3	3,8	3,3	2,8	0,35	0,31

8 Referanser

1. NVE (2005), Retningslinjer for flomløp.
2. NVE (2013) Vannføringsstasjoner i Norge med felt mindre enn 50 km². rapport 66-2013.
3. NVE (2002) Avrenningskart for Norge.
4. NVE (2011), Retningslinjer for flomberegninger. Retningslinjer nr. 4 – 2011.
5. NVE (2015), Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Veileder nr. 7 – 2015.
6. Bergen kommune (2005). Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune
7. Sintef NHL (1992), Tilstopping av flomløp. Rapport nr.4
8. NVE (2015), Klima i Norge 2100 (kap. 5.3.2). NCCS rapport 2-2015.
9. NVE, «Klimaendringer og framtidige flommer i Norge,» NVE, Oslo, 2016.
10. Norconsult (2002), Flomberegning for Bjørndalsdammene, Trondalsdammene og Smertudammen. Oppdrag 3376400.
11. Norconsult (2007), Flomberegning av Veumbekken kulvert. Oppdrag 5006488.
12. Norconsult (2015), Veumbekken. Vurdering av reguleringsplan for planlagt gjenåpning kulvert. Oppdrag 5133585.
13. Norconsult (2018), Flomberegning Stordammen. Oppdrag 5145874.
14. Norconsult (2018), Flomberegning Trondalsdammen. Oppdrag 5174140.
15. Førland, E.J. og Tveito, O.E., (1997), Temperatur og snødata for flomberegninger. Rapport 28/97 Klima.
16. Østlandskonsult AS (1989), Flomberegning for Borredalsdammen. Oppdrag nr. 127.021.

9 Vedlegg

9.1 Flomfrekvensanalyse



9.2 Utskrift fra beregningene

9.2.1 Q_{1000}

Flomberegning Borredalsdammen Q1000			
Timer	Tilløp	Avløp	Vannstand
0	0.63	0.00	51.50
1	0.84	0.02	51.51
2	1.15	0.08	51.53
3	1.57	0.19	51.55
4	1.99	0.38	51.58
5	2.61	0.63	51.62
6	3.45	1.00	51.66
7	3.78	1.53	51.71
8	3.55	2.08	51.76
9	3.24	2.47	51.79
10	2.93	2.68	51.80
11	2.61	2.75	51.81
12	2.30	2.71	51.81
13	1.99	2.60	51.80
14	1.67	2.43	51.79
15	1.46	2.23	51.77
16	1.25	2.03	51.75
17	1.05	1.84	51.74
18	0.85	1.64	51.72
19	0.74	1.46	51.70
20	0.64	1.30	51.69
21	0.53	1.16	51.67
22	0.43	1.03	51.66
23	0.32	0.91	51.65

9.2.2 1,2×Q₁₀₀₀

Flomberegning Borredalsdammen 1,2×Q1000			
Timer	Tilløp	Avløp	Vannstand
0	0.75	0.00	51.50
1	1.00	0.03	51.52
2	1.38	0.11	51.54
3	1.88	0.25	51.56
4	2.38	0.49	51.60
5	3.14	0.82	51.64
6	4.14	1.29	51.69
7	4.54	1.96	51.75
8	4.26	2.65	51.80
9	3.89	3.11	51.84
10	3.51	3.34	51.85
11	3.14	3.39	51.86
12	2.76	3.31	51.85
13	2.38	3.15	51.84
14	2.01	2.93	51.82
15	1.76	2.67	51.80
16	1.50	2.42	51.78
17	1.25	2.17	51.76
18	1.02	1.94	51.75
19	0.89	1.71	51.73
20	0.76	1.52	51.71
21	0.64	1.35	51.69
22	0.51	1.19	51.68
23	0.39	1.05	51.66

9.2.3 PMF

Flomberegning Borredalsdammen PMF			
Timer	Tilløp	Avløp	Vannstand
0	0.24	0.00	51.50
1	0.36	0.01	51.51
2	0.74	0.02	51.51
3	1.06	0.07	51.53
4	1.33	0.17	51.55
5	1.57	0.32	51.57
6	1.88	0.50	51.60
7	2.22	0.74	51.63
8	2.52	1.02	51.66
9	3.02	1.34	51.69
10	3.63	1.73	51.73
11	4.81	2.21	51.77
12	8.94	2.92	51.82
13	11.20	4.82	51.95
14	10.64	7.44	52.09
15	9.92	8.96	52.15
16	9.11	9.44	52.17
17	8.42	9.27	52.17
18	7.72	8.85	52.15
19	7.03	8.30	52.12
20	6.45	7.70	52.10
21	5.94	7.13	52.07
22	5.51	6.61	52.05
23	5.15	6.14	52.02

9.3 Nevina rapport

Se neste side.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.A22
Kommune: Fredrikstad
Fylke: Østfold
Vassdrag: Glommavassdraget

Feltparametere

Areal (A)	2,5 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	7,1 %
Elvelengde (E _L)	2,3 km
Elvegradient (E _G)	3,2 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	5,3 m/km
Feltlengde(F _L)	3,2 km
H _{min}	50 moh.
H ₁₀	52 moh.
H ₂₀	58 moh.
H ₃₀	60 moh.
H ₄₀	63 moh.
H ₅₀	66 moh.
H ₆₀	71 moh.
H ₇₀	76 moh.
H ₈₀	82 moh.
H ₉₀	89 moh.
H _{max}	110 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,5 %
Sjø	7,2 %
Skog	91,5 %
Snau fjell	0,0 %
Urban	0,7 %

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	12,5 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	1,3 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	1,3 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0,5 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	4,7 l/(s*km ²)
Base flow	5,5 l/(s*km ²)
BFI	0,4

Klima

Klimaregion	Ost
Årsnedbør	853 mm
Sommernedbør	382 mm
Vinternedbør	471 mm
Årstemperatur	5,9 °C
Sommertemperatur	13,5 °C
Vintertemperatur	0,5 °C
Temperatur Juli	16,2 °C
Temperatur August	15,2 °C

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrvæsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Flomberegning

Vassdragsnr.: 002.A22

Kommune: Fredrikstad

Fylke: Østfold

Vassdrag: Glommavassdraget

Flomverdiene viser størrelsen på kulminasjonsflommer for ulike gjentaksintervall. De er beregnet ved bruk av et formelverk som er utarbeidet for nedbørfelt under ca 50 km². Feltparametere som inngår i formelverket er areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning (l/s*km²). For mer utdypende beskrivelse av formelverket henvises det til NVE –Rapport 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Det pågår fortsatt forskning for å
Det pågår fortsatt forskning for å bestemme klimapåslag for momentanflommer i små nedbørfelt. Frem til resultatene fra disse prosjektene foreligger anbefales et klimapåslag på 1.2 for døgnmiddelflom og 1.4 for kulminasjonsflom i små nedbørfelt.

Glommavassdraget

Areal (km ²)	2,45
Klimafaktor	1,4

	Q ^M		Q ⁵	Q ¹⁰	Q ²⁰	Q ⁵⁰	Q ¹⁰⁰	Q ²⁰⁰
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,28	1,55	1,85	2,34	2,79	3,30
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	0,8	339,6	1,1	1,4	1,6	2,1	2,6	3,1
Flomverdier (m ³ /s)	0,5	192	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	0,3	108	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	0,7	268,6	0,6	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2

Beregningene er automatisk generert og kan inneholde feil. Det er generelt stor usikkerhet i denne typen beregninger. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. Resultatene er ikke gyldig som grunnlag til flomberegninger for klassifiserte dammer.

9.4 Ekstrem nedbør

Se neste side.

Påregnelig Ekstremnedbør (felt)

Nedbørfelt: Borredalsdammen og Tvetervann

1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 850 mm

2) M5(24t) / PN ~ 5,9 % ==> M5(24t) ~ 50 mm

3) Påregnelige 24 timers nedbørverdier

	Årsverdi	jan, feb, des	mar, apr, mai	jun, jul, aug	sep, okt, nov
M5(Årstid) / M5(År)	1	0.57	0.65	0.77	0.91
M5 (mm)	50	28	33	39	46
M10 (mm)	55	30	40	45	50
M25 (mm)	65	40	45	55	60
M50 (mm)	75	45	50	60	70
M100 (mm)	85	50	60	70	80
M200 (mm)	95	60	70	80	90
M500 (mm)	115	70	80	95	105
M1000 (mm)	125	80	95	105	120
PMP (mm)	235	170	185	205	225 ->235

4) Påregnelige n-timers nedbørverdier

4. 1) Årsverdi:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.37	0.46	0.66	0.81	1	1.24	1.38	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07
M10 (mm)	20	25	35	45	55	70	75	85	90	100	105	115
M25 (mm)	25	30	45	55	65	80	90	100	110	120	125	135
M50 (mm)	30	35	50	60	75	95	105	115	125	135	145	155
M100 (mm)	30	40	55	70	85	105	115	130	145	155	165	175
M200 (mm)	35	45	65	75	95	120	130	145	160	170	185	195
M500 (mm)	45	55	75	95	115	145	160	180	195	210	225	240
M1000 (mm)	45	60	85	100	125	155	175	195	210	225	245	260
PMP (mm)	85	110	155	190	235	290	325	365	395	425	455	485

4. 2) jan, feb, des:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.37	0.46	0.66	0.81	1	1.24	1.38	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07
M10 (mm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60
M25 (mm)	15	20	25	30	40	50	55	60	65	70	80	85
M50 (mm)	15	20	30	35	45	55	60	70	75	80	85	95
M100 (mm)	20	25	35	40	50	60	70	80	85	90	95	105
M200 (mm)	20	30	40	50	60	75	85	95	100	110	115	125
M500 (mm)	25	30	45	55	70	85	95	110	120	125	135	145
M1000 (mm)	30	35	55	65	80	100	110	125	135	145	155	165
PMP (mm)	65	80	110	140	170	210	235	265	285	310	330	350

4. 3) mar, apr, mai:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.37	0.46	0.66	0.81	1	1.24	1.38	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07
M10 (mm)	15	20	25	30	40	50	55	60	65	70	80	85
M25 (mm)	15	20	30	35	45	55	60	70	75	80	85	95
M50 (mm)	20	25	35	40	50	60	70	80	85	90	95	105
M100 (mm)	20	30	40	50	60	75	85	95	100	110	115	125
M200 (mm)	25	30	45	55	70	85	95	110	120	125	135	145
M500 (mm)	30	35	55	65	80	100	110	125	135	145	155	165
M1000 (mm)	35	45	65	75	95	120	130	145	160	170	185	195
PMP (mm)	70	85	120	150	185	230	255	285	310	335	360	385

4. 4) jun, jul, aug:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.37	0.46	0.66	0.81	1	1.24	1.38	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07
M10 (mm)	15	20	30	35	45	55	60	70	75	80	85	95
M25 (mm)	20	25	35	45	55	70	75	85	90	100	105	115
M50 (mm)	20	30	40	50	60	75	85	95	100	110	115	125
M100 (mm)	25	30	45	55	70	85	95	110	120	125	135	145
M200 (mm)	30	35	55	65	80	100	110	125	135	145	155	165
M500 (mm)	35	45	65	75	95	120	130	145	160	170	185	195
M1000 (mm)	40	50	70	85	105	130	145	165	175	190	205	215
PMP (mm)	75	95	135	165	205	255	285	320	345	370	400	425

4. 5) sep, okt, nov:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.37	0.46	0.66	0.81	1	1.24	1.38	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07
M10 (mm)	20	25	35	40	50	60	70	80	85	90	95	105
M25 (mm)	20	30	40	50	60	75	85	95	100	110	115	125
M50 (mm)	25	30	45	55	70	85	95	110	120	125	135	145
M100 (mm)	30	35	55	65	80	100	110	125	135	145	155	165
M200 (mm)	35	40	60	75	90	110	125	140	150	165	175	185
M500 (mm)	40	50	70	85	105	130	145	165	175	190	205	215
M1000 (mm)	45	55	80	95	120	150	165	185	200	215	235	250
PMP (mm)	85	110	155	190	235	290	325	365	395	425	455	485

5) Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.

For felt på ca. 3 og 6 kv.km fås et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere

punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:

ANTALL TIMER:	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
ARF (6 kv.km.)	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1	1	1	1
ARF (3 kv.km.)	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	1	1	1	1	1

6) Nærmeste målestasjon: 3040 BORREDALSVANNET (PN estimert til 850 mm) og 3190 Sarpsborg (PN=880 mm)**7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1868-2017) : 73 mm**

Målt ved: 3190 SARPSBORG den 11.10.1933

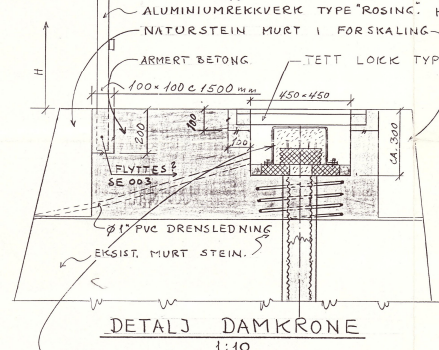
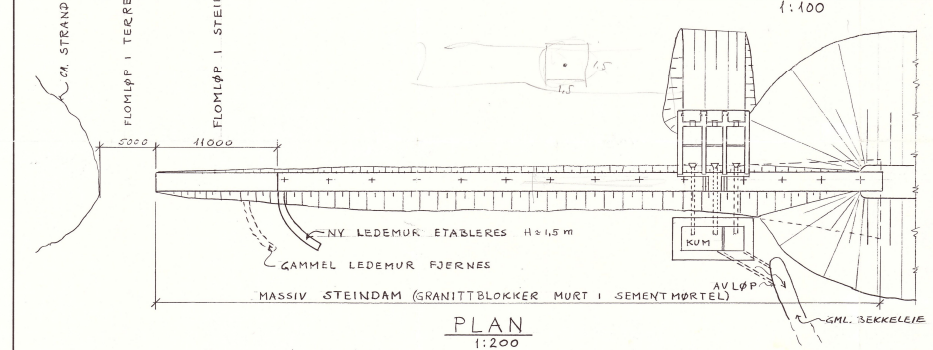
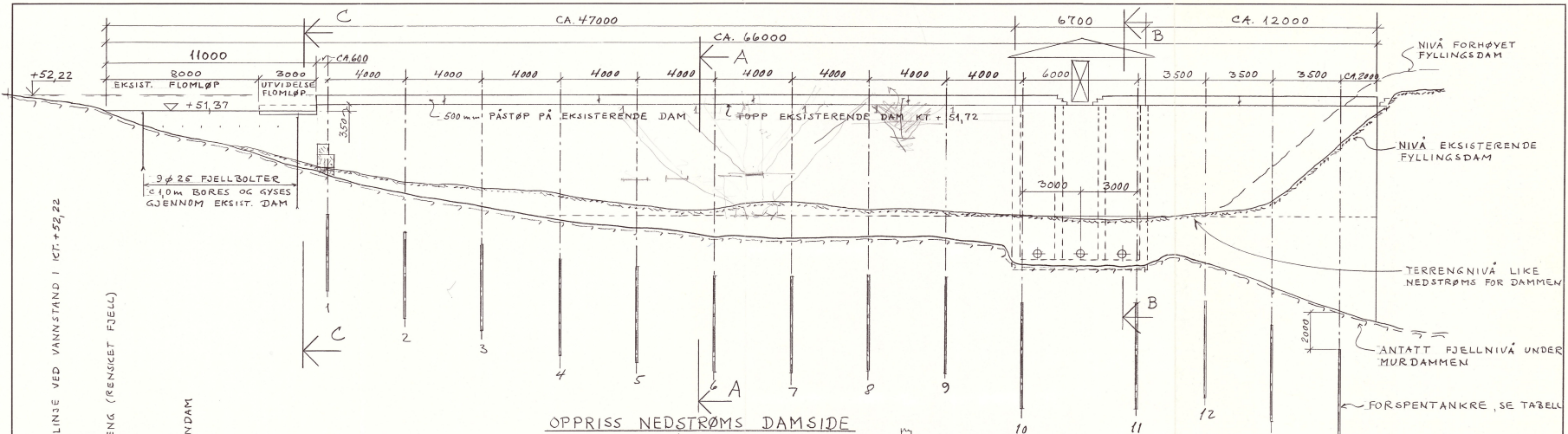
8) Kommentarer:

Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.

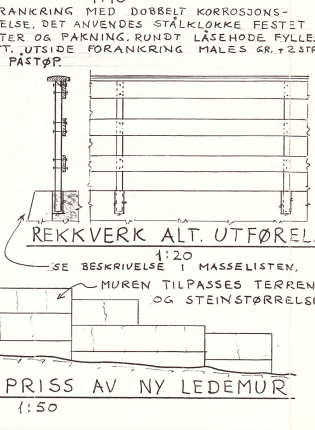
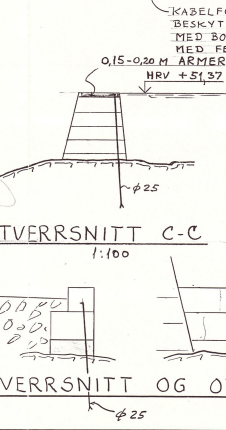
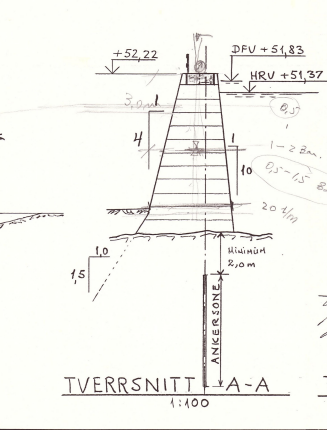
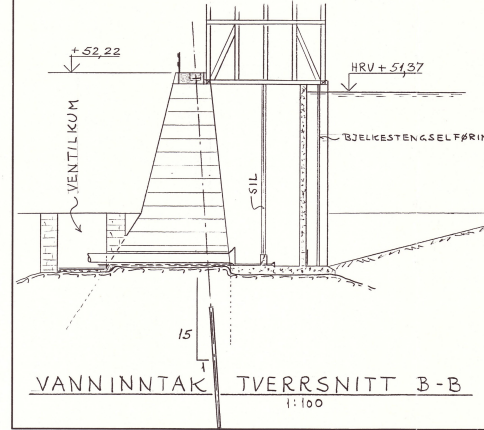
[Data er gyldig per 11.12.2018 \(CC BY 3.0\), Meteorologisk institutt \(MET\)](#)
kdvh@met.no

9.5 Damtegninger

Se neste side.



FORSPENTE KABLER						
KABEL NR.	EFFEKTIV KRAFT KN	BRUDD-KRAFT KN	ANKER LENGDE	CA. KABEL LENGDE	BØRHULL CA. DIAM.	CA. DIAM.
1	910	1820	4000	10 000	116	
2	1040	2080	4500	12 000	116	
3	1040	2080	4500	12 600	116	
4	1040	2080	5000	14 000	116	
5	1040	2080	5000	14 000	116	
6	1948	2080	5000	14 500	116	
7	1948	2080	5000	14 500	116	
8	1040	2080	5000	14 500	116	
9	1040	2080	5000	14 500	116	
10	1300	2600	5500	16 500	152	
11	1300	2600	5500	16 500	152	
12	1170	2340	5000	16 000	127	
13	1170	2340	5000	17 000	127	
14	1170	2340	5000	18 500	127	



ANMERKNINGER:
 HØYDEGRUNNLAG: N40 KONTROLLKLASSE: OTV/DIET
 BETONG: C45 MILJØKLASSE: MA 1/6 = 0,45 D_{max} = 22 mm
 LUFTFOREVOLDM: 3-6% ARMERING: IC 500TS, NS 5570
 OVERDEKNING: SE -003 BØYELISTE SIDE 1+2
 FORSPENTANKRENE ER DOBBELT KORROSJONS-
 BESKYTTET OG KAN ETTERS PENNES. FØR LÅSING
 PÅFØRES PRØVELAST = 70% AV BRUDDLAST. SE
 ISØRVRIG EGEN PROSEDYRE FOR: BORING,
 VANNTAPSMÅLING, INJEKSJON OG OPPSPENNING.
 FOR ARMERING SE TEGN -003

A		KORR. DETALJ AV DAMKRONE	A-04	23.03.94
Rev.	Ant.	Beskrivelse	Sign.	Dato

FREVAR

BORREDALS DAMMEN
 REHABILITERING
 MÅLTEGNING

Tegn. A.V. 3.
 Kontroll. [Signature]
 Skisse [Signature]
 Dato 5.8.94
 Målestokk Som VIST
 Prosjekt nr. 23001
 Tegnr. 002

Berdal Strømme
 Rådgivende Ingeniører