

Fredrikstad kommune

► **Veumbekken**

Flo- og flomforhold

Oppdatering 2023

Oppdragsnr.: 5133585 Dokumentnr.: FLOM-01 Versjon: D02 Dato: 2023-10-24



Oppdragsgiver: Fredrikstad kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Anders Pettersen-Granli
Rådgiver: Norconsult ASA
Oppdragsleder: Berit Bjørnsen
Fagansvarlig: James Lancaster
Andre nøkkelpersoner: Erlend Brochmann

D02	2023-10-24		JWL	EB	BB
D01	2023-10-17		JWL	EB	BB
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult 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

Reguleringsplanen omfatter gjenåpning av Veumbekken ved å erstatte en eksisterende kulvert i dårlig forfatning med en åpen kanal.

Flo- og flomforhold ved Veumbekken har tidligere blitt vurdert i rapporter utarbeidet i 2015 og 2017. Det har kommet nye veiledere fra NVE om flomberegninger og utredning av flomfare. Det er nå flere verktøy som kan bidra til vurdering av flomrisiko tilgjengelig enn tidligere, samt flere år ekstra med hydrologiske data. I tillegg er det foreslått noen mindre endringer på prosjektet. Vurdering av flo- og flomforhold ved Veumbekken er oppdatert i denne rapporten.

Denne oppdaterte vurderingen av flo- og flomforhold gir noen endrede verdier for stormflo, flomvannføringer og flomvannstander, men endrer ikke hovedkonklusjonene sammenlignet med tidligere rapporter. Det er lagt til klima- og sikkerhetspåslag i henhold til NVEs veileder.

Innløpet til eksisterende kulvert ligger utenfor planområdet. Den eksisterende kulverten har ikke tilstrekkelig kapasitet, og vann vil strømme ut av bekken oppstrøms kulverten og renne nedover Holmegata.

Gjenåpning av bekken nedenfor Oslogata vil forbedre kulvertkapasiteten og redusere hyppigheten av oversvømmelse oppstrøms kulvertinnløpet, samt legge til rette for eventuell fremtidig forbedring av kulvertstrekningen ovenfor Oslogata. Det vil fortsatt være oversvømmelse ved kulvertinnløpet som fører til at vann vil renne ned Holmegata mot den gjenåpnede bekken frem til at kulverten ovenfor Oslogata utbedres. Utforming av den gjenåpnede bekken bør gjøres slik at vann som strømmer sørover langs Holmegata føres tilbake til den gjenåpnede bekken.

Kanalen er dimensjonert slik at det ikke vil oppstå oversvømmelse på grunn av høy vannføring i bekken ved en moderat tidevannstand. Ved toppen på elvebreddene lik eksisterende terrengnivå vil det ikke oppstå oversvømmelse ved en 200-års flom inkludert klimafaktor som inntreffer samtidig som et stormflonivå på kote 1. Ved 200-års flom inkludert klimafaktor samt fremtidig 1-års stormflo vil vannstanden i bekken være lavere enn terrengnivå over mesteparten av den gjenåpnede bekken, men vannstanden vil bli høyere enn toppen på elvebreddene ved de lavest liggende stedene. Dersom man vil sikre området mot denne kombinasjonen av flomvannføring og stormflo, må toppen på elvebreddene heves med opp til ca. 0,2 – 0,3 m over eksisterende terrengnivå de stedene der ikke er tilstrekkelig sikkerhetsmargin. Heving av bruene, bruk av slankere brudekker enn antatt her, og/eller senkning av bekkens bunnivå kan eventuelt redusere vannstander i området på grunn av høye vannføringer.

Området vil fortsatt bli utsatt for flom på grunn av stormflo. Simulerte vannstander i den gjenåpnede bekken med 200-års flom inkludert klima- og sikkerhetspåslag er vesentlig lavere enn fremtidig 200-års stormflo. Stormflo er bestemmende for flomrisiko i dette området. Gjeldene kommuneplan tillater ikke etablering av nye bebyggelse lavere enn kote 2,5, med mindre det utføres tiltak som sikrer nye bebyggelse i tråd med kravene i byggeteknisk forskrift.

Videre detaljering av kanalen, brukonstruksjoner og terrengutforming skal hensynta flomforhold.

Innhold

1	Innledning	5
2	Stormflo	6
3	Flomvannføring i Veumbekken	9
3.1	Feltparametere	9
3.2	Flomfrekvensanalyse	9
3.2.1	<i>Norske vannmerker</i>	9
3.2.2	<i>Svenske vannmerker</i>	10
3.3	PQRUT-modellering	11
3.3.1	<i>Modellparametere</i>	11
3.3.2	<i>Nedbørdata</i>	12
3.3.3	<i>Oppdatert beregning av flomvannføring</i>	14
3.4	RFFA-2018 / RFFA-NIFS	15
3.5	Valg av dimensjonerende flom	15
3.6	Klimapåslag	16
3.7	Dimensjonerende flomvannføringer i Veumbekken, inkludert påvirkning av flomavledningstunnel	16
4	Eksisterende flomrisiko	18
5	Flomrisiko med gjenåpnet bekk	19
5.1	Flomrisiko ved kulvertinnløp	19
5.2	Flomrisiko ved den gjenåpnede bekken	21
5.2.1	<i>Flom</i>	21
5.2.2	<i>Stormflo</i>	22
5.3	Sikkerhetsmargin	22
5.3.1	<i>Klassifisering av flomberegninger</i>	23
5.3.2	<i>Klassifisering av hydraulisk modell</i>	24
5.3.3	<i>Anbefalt sikkerhetspåslag</i>	26
6	Konklusjoner og anbefalinger	28
7	Referanser	29
8	Vedlegg	30

1 Innledning

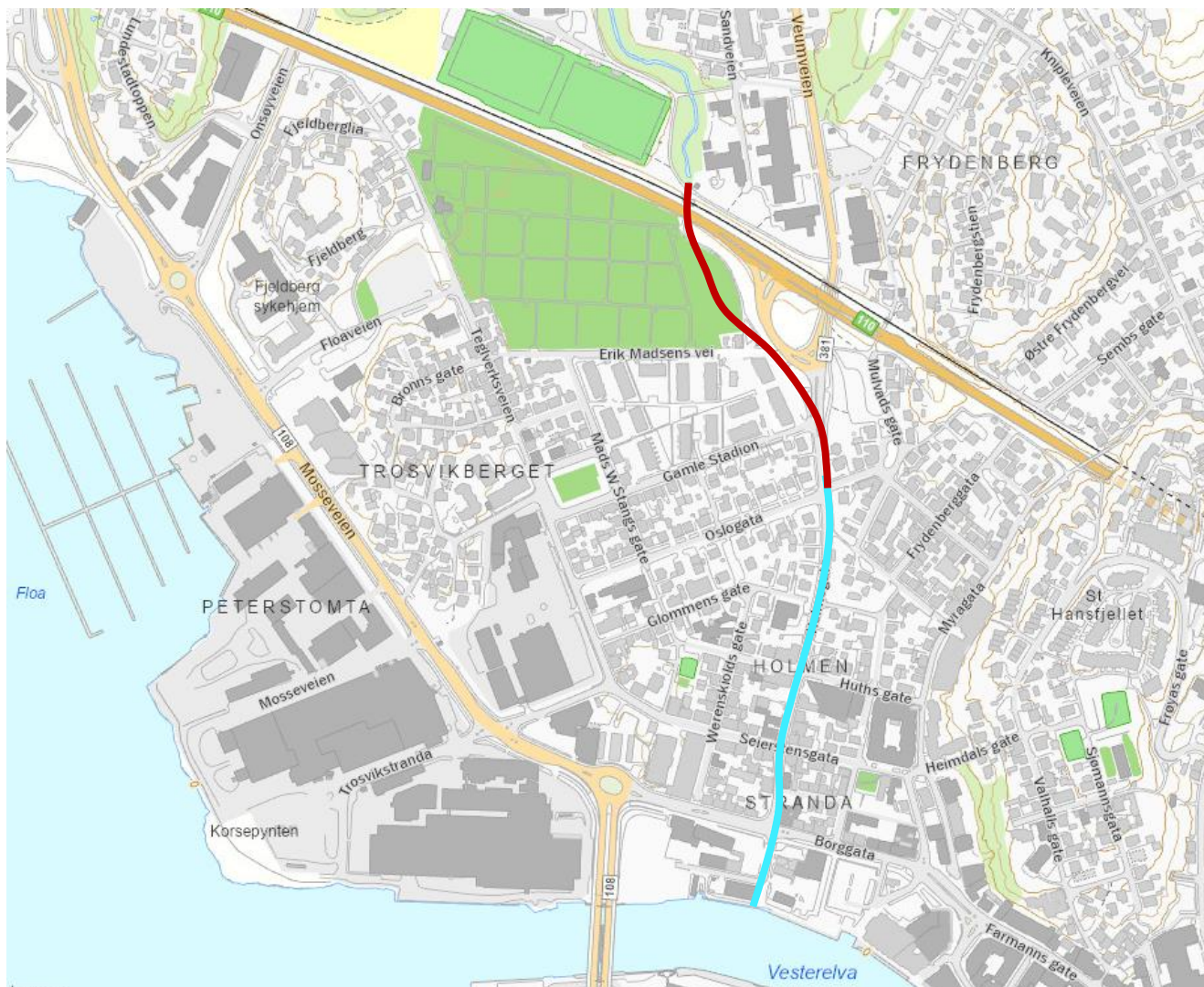
Eksisterende kulvert under Holmegata er i dårlig tilstand og må erstattes. Dagens kulvert har ikke tilstrekkelig kapasitet, og det har blitt opplevd flomproblemer i Holmen-området på grunn av dette. Kulverten skal erstattes med en åpen kanal mellom Oslogata og Vesterelva (Figur 1).

Flo- og flomforhold ved Veumbekken har tidligere blitt vurdert i rapporter utarbeidet i 2015 (ref./1/) og 2017 (ref./2/).

Det har kommet nye veiledere fra NVE om flomberegninger (ref./3/) og utredning av flomfare (ref./4/).

Det er nå flere verktøy som kan bidra til vurdering av flomrisiko tilgjengelig enn tidligere, samt flere år ekstra med hydrologiske data. I tillegg er det foreslått noen mindre endringer i prosjektet.

Vurdering av flo- og flomforhold ved Veumbekken er oppdatert i denne rapporten.



Figur 1 Oversiktskart. Den blå linjen viser planlagt bekkeåpning, mens den røde linjen viser omtrent beliggenhet til den eksisterende kulverten som ikke skal erstattes som en del av dette prosjektet.

2 Stormflo

Oppdaterte verdier for tidevannstander og stormflo er hentet fra sehavniva.no (Vedlegg 1) og nøkkeltall er presentert i Tabell 1. De angitte stormflonivåene er ganske like stormflonivåene fra 2015 til og med 20-års gjentaksintervall. Deretter gir de nye verdiene noe lavere vannstander enn de som ble angitt i 2015. Det er ikke en vesentlig forskjell i 1-års stormflo. Forventet havnivåstigning ved Fredrikstad er 0,53 m. Dette betyr at fremtidig 1-års stormflonivå vil være 1,49 moh., noe som tilsvarer stormflo med gjentaksintervall på ca. 50 år ved dagens klima.

Tabell 1 Stormflonivåer som benyttet i 2015 og som hentet fra kartverket i 2023, samt stormflonivåer med forventet havnivåstigning (NN2000-høyder)

Gjentaksintervall (år)	Stormflo 2015	Stormflo 2023	Stormflo + klima
1	1	0,96	1,49
5	-	1,17	1,70
10	1,26	1,27	1,80
20	1,39	1,36	1,89
50	1,57	1,47	2,00
100	1,72	1,55	2,08
200	1,87	1,63	2,16
200 + klima	2,39	2,16	

Figur 2 viser området som vil bli oversvømt ved fremtidig 200-års stormflo.

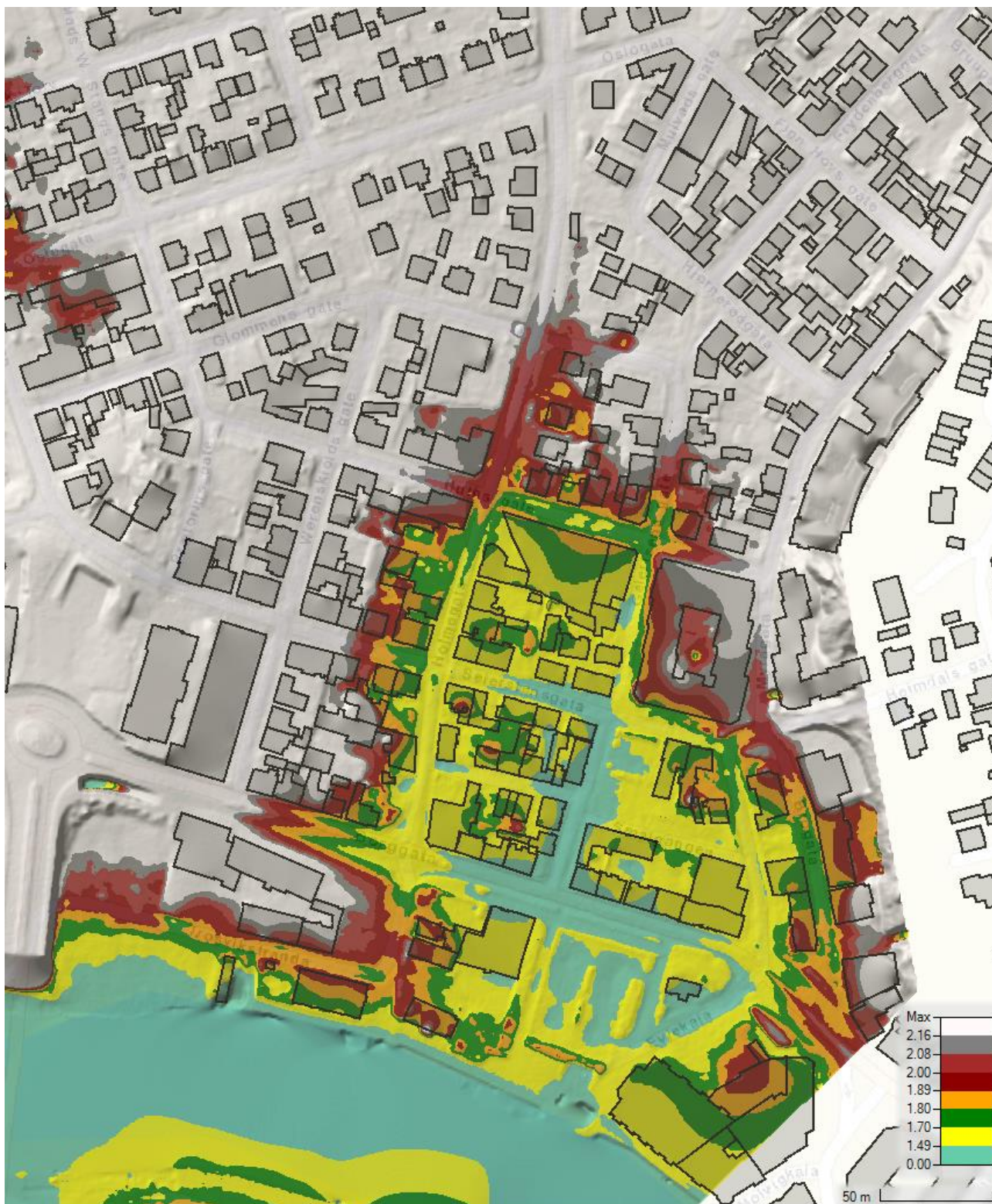
Det lavest liggende området i Holme-området er ved krysset Borggata og Gelterstens gate, Terrenget her ligger på kote ca. 1,2, som tilsvarer en 5-års vannstand i Vesterelva ved dagens klima. De laveste delene av Holmegata ligger på kote ca. 1,4, som tilsvarer en 20-års vannstand i Vesterelva ved dagens klima. Ved disse vannstandene er det ikke direkte forbindelse med Vesterelva. Dette betyr at disse områdene ikke vil bli oversvømt av tidevann direkte ved disse vannstandene, men kan bli utsatt for oversvømmelse pga. oppstuvning av lokalt vann/oversvømmelse via kulvert og ledningsnett. Ved en 200-års flom i Vesterelva vil elvebredden til Vesterelva overtoppes.

Figur 3 viser områdene som ligger lavere enn de estimerte fremtidige stormflonivåene. De lavest liggende områdene øst for Holmegata ligger lavere enn fremtidig 1-års stormflo. Figur 3 viser at det vil bli omfattende oversvømmelse av Holme-området fra Storelva ved en fremtidig 5-års stormflo.

Som omtalt i tidligere rapport, vil tiltak for å sikre Holmen-området mot stormflo være svært omfattende, og dette er ikke en del av dette prosjektet. Gjeldene kommuneplan tillater ikke etablering av nye bebyggelse lavere enn kote 2,5, med mindre det utføres tiltak som sikrer nye bebyggelse i tråd med kravene i byggeteknisk forskrift.



Figur 2 Området oversvømt ved fremtidig 200-års stormflo, fra kartverkets Se havnivå i kart.



Figur 3 Området oversvømt ved fremtidig stormflo med forskjellige gjentakintervaller (Tabell 1+0,53 m) basert på terrengmodell (laserdata fra prosjekt NDH Østfold 2015, 5 pkt./m²)

3 Flomvannføring i Veumbekken

3.1 Feltparametere

Feltparametere til Veumbekken er kontrollert ved hjelp av NVEs oppdaterte NEVINA-system (Vedlegg 2) og verktøyet ScalgoLive. Feltarealene som ble benyttet i 2015 er i ganske godt samsvar med de nye estimatene, men feltarealet ved innløpet til kulverten er noe mindre enn tidligere estimert (Tabell 2).

Midlere spesifikk årsavrenning (Q_n) for perioden 1961-90 ble estimert til 13 l/s/km² i 2015. NEVINA gir 12,9 l/s/km².

Avrenningskart for perioden 1991-2020 er nå tilgjengelig (Vedlegg 3). Årsavrenningspunktene ved feltet varierer fra ca. 350 til 480 mm/år, med middelvei på ca. 460 mm/år. Dette tilsvarer 14,6 l/s/km². Kartlagt Q_n i perioden 1991-2020 er dermed noe større enn den i perioden 1961-90. Da alle ligninger brukt i flomestimering er basert på Q_n 1961-1990, er disse tallene benyttet i flomberegningene.

Tabell 2 Feltarealer (km²) som estimert i 2015 og 2023

Sted	2015	NEVINA 2023	ScalgoLive 2023
Flomavledningstunnel	7,04	7,14	7,03
Innløp kulvert	11,66	11,3	11,32
Utløp Vestreelva	12,78	-	12,81

I ref./2/ er det vurdert en eventuell økning i feltareal til Veumbekken på 1,9 km² på grunn av Bane Nors daværende planer for omlegging av jernbanespor i området. På det nåværende tidspunkt er disse planene ikke lenger forventet å være aktuelle, og det er derfor ikke regnet med dette tilleggsarealet i videre beregninger.

Som i tidligere analyse er vurdering av flomstørrelse utført for feltarealet til kulvertinnløp.

3.2 Flomfrekvensanalyse

3.2.1 Norske vannmerker

Det er i ref./1/ utført flomfrekvensanalyse på nærliggende vannmerker basert på vannføringsdata til og med 2013. Det er i denne rapporten utført oppdatert flomfrekvensanalyse på utvalgte vannmerker basert på anbefalingene i ref./3/ med grunnlag i data til og med 2022.

Døgndata (Tabell 4 og Vedlegg 4) gir lignende verdier som beregnet i 2015 for Sæternbekken, men ca. 15% høyere verdier for Gryta og Brusetbekken.

Flomfrekvensanalyse på findata (Tabell 4 og Vedlegg 4) gir vesentlig (30-80%) høyere verdier enn beregnet i 2015. Det antas at dette er et resultat av NVEs arbeid de siste årene med å forbedre vannføringskurvene til vannmerkene. Analyse av kulminasjonsverdier er mer følsomme for endringer i vannføringskurver enn analyse av døgnmiddelvannføringer.

Tabell 3 Oppdatert flomfrekvensanalyse på utvalgte vannmerker, døgnerverdier

Vannmerke	Feltareal (km ²)	Serie (år)	År med data	Kurve-kvalitet	Fordeling	Q _{Med} (l/s/km ²)	Q _M (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ /Q _M
6.10 Gryta	7,03	1968-2022	54	Bra	GEV	215	230	530	2,3
8.6 Sæternbekken	6,32	1972-2022	48	Meget bra	Gumbel	240	250	630	2,5
16.154 Brusetbekken	7,93	1998-2002	32	Middels	Gumbel	245	260	630	2,4

Tabell 4 Oppdatert flomfrekvensanalyse på utvalgte vannmerker, kulminasjonsverdier

Vannmerke	Feltareal (km ²)	Serie (år)	Fordeling	Q _M (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ (l/s/km ²)	Q _{Mom} /Q _{døgn}
6.10 Gryta	7,03	1968-2022	Middel	330	1080	2,04
8.6 Sæternbekken	6,32	1972-2022	Middel	590	2470	3,92
16.154 Brusetbekken	7,93	1998-2002	Gumbel	425	1140	1,81

3.2.2 Svenske vannmerker

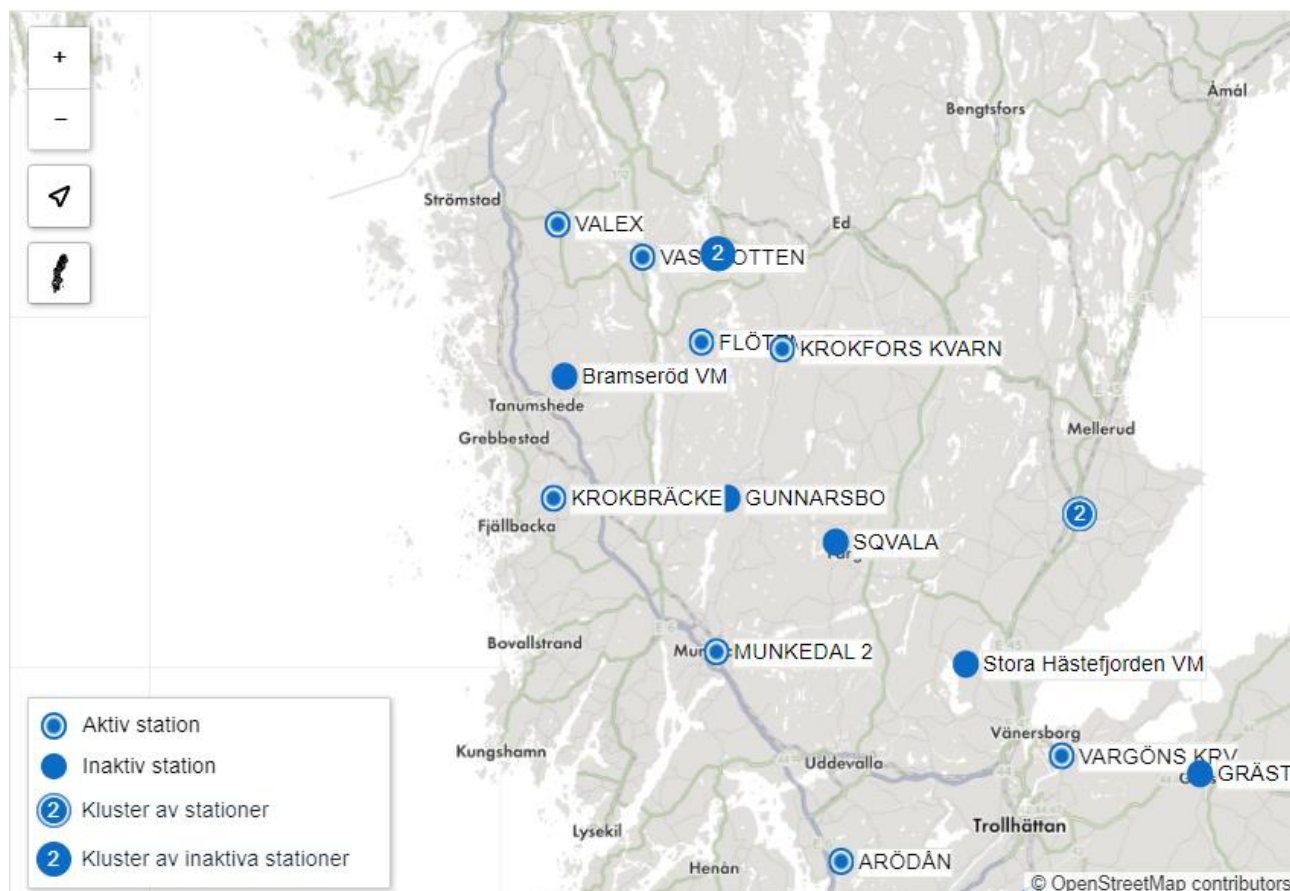
Det foreligger nå data fra svenske vannmerker tilgjengelig på vattenwebb. Det er noen kystnære vannmerker i Sverige som ligger relativt nært Fredrikstad (Figur 4).

Det er utført frekvensanalyse på døgndata for alle disse vannmerkene ved hjelp av Gumbel-ligningen (Vedlegg 5 og Tabell 5). Vannmerkene Valex og Arödån har noe større feltareal enn Veumbekken, og begge disse vannmerker har flere innsjøer/magasiner i nedbørfeltet; vannmerket Arödån ligger rett nedenfor utløpet til en innsjø. Dette kan gi noe demping av flommer, og dermed lavere døgnavannføringer enn i felt med lav effektiv sjøprosent. Krokbräcke har lignende feltareal som Veumbekken og har ingen innsjøer i feltet, og ansees dermed som mest representativ for Veumbekken.

Det er også utført frekvensanalyse på kulminasjonsverdier for Krokbräcke (Vedlegg 5), men resultatene fra dette er ikke fremlagt her fordi dataene fra vannmerkene gir en maksimal vannføring på ca. 430 l/s.km² i flere år fra og med 1993. Dette er trolig fordi vannstandsmålinger og/eller vannføringskurven for vannmerket ikke går forbi denne verdien fra denne datoen, og dataene dermed ikke gir et riktig bilde av kulminasjonsverdier i feltet.

Tabell 5 Flomfrekvensanalyse på svenske vannmerker

Vannmerke	Feltareal (km ²)	Dataperiode	Middelflom (l/s/km ²)	Q ₂₀₀ (l/s/km ²)
2118 Valex	60,4	1973-2022	180	380
2119 Krokbräcke	8,4	1973-2022	210	510
1881 Arödån	22,9	1965-71, 1975-2022	105	210



Figur 4 Vannmerker i Sverige

3.3 PQRUT-modellering

Hovedmetoden for estimering av flomvannføring i ref./1/ er nedbør-avløpsmodellen PQRUT. Flomvannføringen er i ref./1/ estimert ved hjelp av daværende IVF-kurve og modellparametere beregnet i ligninger angitt i ref./5/, med K1-parameteren økt med 0,04 for å ta hensyn til økt avrenning på grunn av myr og urbane områder.

PQRUT har blitt oppdatert med en ny IVF-kurve og modellparameter i henhold til anbefalinger i NVEs nye veileder for flomberegninger (ref./3/).

3.3.1 Modellparametere

I ref./3/ er det anbefalt at modellparametere i PQRUT-modellen blir estimert ved hjelp av et nytt ligningssett (2016-ligninger). I tillegg er det anbefalt at det ikke utføres oppjustering av K1-verdier. Nye modellparametere er basert på feltparametere angitt i Vedlegg 2 (effektiv sjøprosent er kontrollert ved hjelp av NVEs innsjødatabase). Tabell 6 sammenligner modellparametere som estimert i 2015 og 2023.

Tabell 6 Modellparametere for PQRUT som beregnet i 2015 og 2023

Parameter	2015	2023
K1	0,113	0,1097
K2	0,032	0,0159
T	10,9	35,41
KT	1,78	1,76

3.3.2 Nedbørdata

Siden IVF-kurven benyttet i 2015 ble utarbeidet er flere år med nedbørdata gjort tilgjengelig, og alle IVF-kurver i Norge har blitt oppdatert av meteorologisk institutt ved hjelp av en ny metodologi. NVEs nye veileder for flomberegninger (ref./3/) angir nå en ny fremgangsmåte for å estimere nedbør ved beregning av flomvannføringer. Nedbørdataene er derfor oppdatert i henhold til dette.

Data fra klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.no/>) viser at nærmeste målestasjon med IVF-kurve er SN3030 Fredrikstad (30 moh., 1970 - 2010, 30 ses., Kvalitetsklasse 1: God), se Figur 5. IVF-kurven gir en 24-timers verdi for nedbør på 85,2 mm.



Figur 5 IVF-nedbørstasjoner

Det er utført frekvensanalyse på døgndata fra SN3030 Fredrikstad, samt SN3190 Sarpsborg (57 moh, 1900-1957;1991-2022, 89 år med data). Det er lite forskjell i 24-timers 200-års nedbør for disse stasjonene (hvh.

71,3 og 74,5 mm), som tilsvarer 24-timers nedbør på hhv. ca. 81 og 84 mm, jf. ref./3/. Størst registrerte døgnnedbør ved disse stasjonene er hhv. 55,5 og 73 mm, som tilsvarer en 24-timers nedbør på hhv. ca. 63 og 82 mm, jf. ref./3/. Forventet 24-timers verdi fra Figur 15 i Vedlegg 1.9 i ref./3/ er mellom 85 og 115 mm. Det velges en 24-timers verdi for beregning av IVF-kurven på 85,2 mm.

Figur 6 viser IVF-kurven med 200-års gjentakintervall for SN3030 Fredrikstad, samt regionkurve for Østfold-Sørøst fra ref./3/. Som vist i Figur 6, gir IVF-kurven for Fredrikstad høyere verdier enn regionkurven. 60-minutters nedbør fra IVF-kurvene fra nedbørstasjonen og NVEs regionkurve er hhv. 37,6 og 30,7 mm. Begge disse er lavere enn 60-minutters verdi fra isolinjen i Figur 17 i vedlegg 1.9 i ref./3/ (45 mm). Da kurven fra nedbørstasjonen ligger nærmere dette, er denne benyttet i videre beregninger.

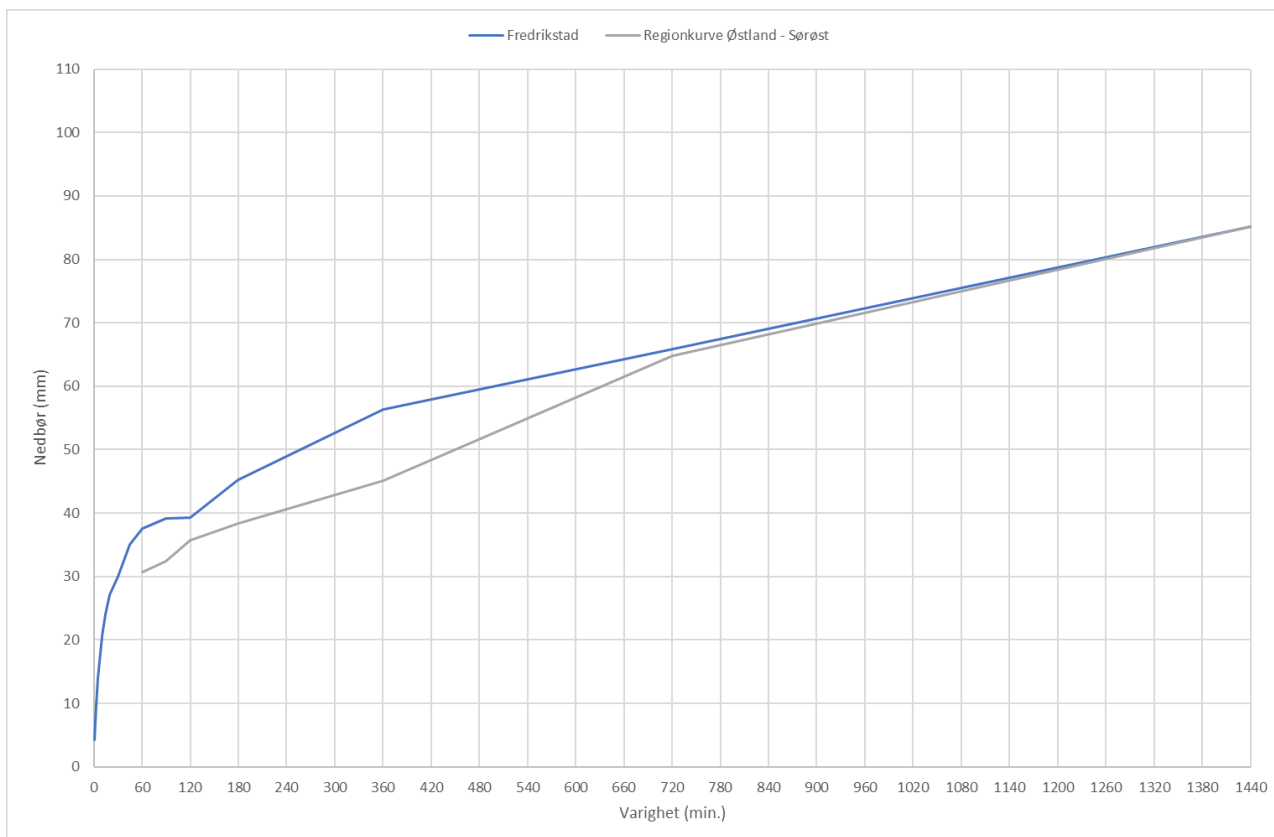
I ref./4/ er det angitt Arealreduksjonsfaktorer (ARF) for nedbør som benyttes for å konvertere punktverdier av nedbør til nedbørverdier over et større areal. Det benyttes ARF for felt med areal på 10 km² ved beregning av nedbør for Veumbekken. Tabell 7 og Tabell 8 sammenligner nedbørverdiene som beregnet i 2015 og 2023. Den oppdaterte IVF-kurven har noe lavere nedbørverdier ved korte varigheter (1-2 timer), men noe større verdier ved lengre varigheter (6+ timer).

Tabell 7 20-års nedbør (mm) ved forskjellige varigheter

Varighet (timer)	2015 inkl. ARF = 0,95	2023 inkl. ARF fra NVEs Veileder
1	27.2	22,1
2	30.1	25,2
3	32,2	29,8
6	36.8	38,4
12	40.7	47,3
24	50.9	59,7

Tabell 8 200-års nedbør (mm) ved forskjellige varigheter

Varighet (timer)	2015 inkl. ARF = 0,95	2023 inkl. ARF fra NVEs Veileder
1	38.8	34,2
2	41.5	36,5
3	43,5	42,5
6	48.0	53,5
12	51.7	63,9
24	65.6	83,5



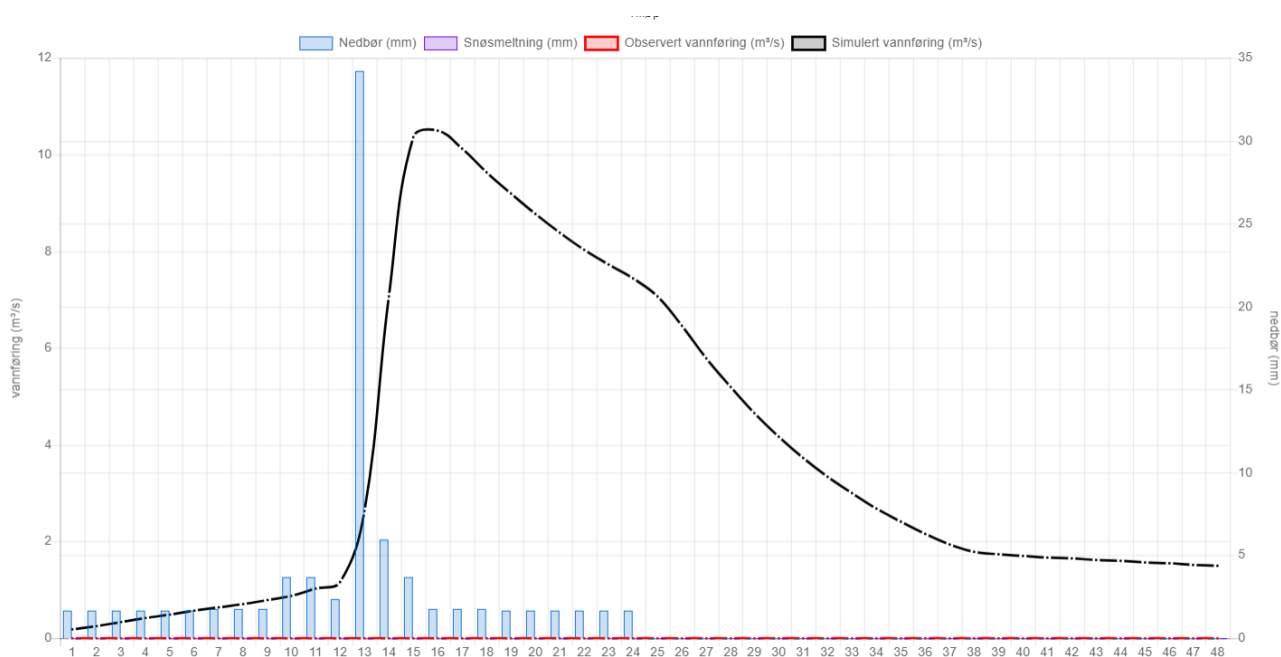
Figur 6 Sammenligning av IVF-kurver

3.3.3 Oppdatert beregning av flomvannføring

Nye estimater av flomvannføring er beregnet ved hjelp av PQRUT med oppdatert nedbørforløp og modellparametere (Tabell 9 og Figur 7). Da feltet til Veumbekken er kystnært er det regnet med mettet felt. Snøsmelting er ikke tatt med, jf. tidligere utførte beregninger. Simulert døgntilsig ved Q_{200} er 550 l/s/km^2 .

Tabell 9 Flomvannføringer (kulminasjonsverdier) som estimert ved hjelp av PQRUT

Flom	2015	2023
Q_{20}	10,7	5,5
Q_{50}	12,4	7,6
Q_{200}	15,0	10,5



Figur 7 Flomforløp for Q_{200} som simulert ved hjelp av PQRUT

3.4 RFFA-2018 / RFFA-NIFS

NVEs Veileder for flomberegninger (ref./3/) angir to metoder for estimering av flomvannføring som ikke var tilgjengelig i 2015.

RFFA-2018 er et ligningssett som kan benyttes for estimering av døgntilsig og kulminasjonsvannføring. RFFA-2018 gir en døgnerverdi for Q_{med} og Q_{200} på hhv. ca. 210 og 500 l/s/km².

Ref./3/ anbefaler at formelverket for små felt (RFFA-NIFS) benyttes for beregning av kulminasjonsverdier for felt med areal mindre enn 60 km². I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av feltareal, normalt årsmiddeltilsig og effektiv sjøprosent. Formelverk for små felt gir Q_{200} som 10,1 m³/s. Se vedlegg 2 for beregnede verdier ved øvrige gjentaksintervaller.

3.5 Valg av dimensjonerende flom

I 2015 var det lite sammenligningsgrunnlag og det ble derfor valgt resultater fra PQRUT som beregnet i 2015.

Tabell 10 viser en sammenligning av kulminasjonsvannføringer som ble benyttet i 2015 mot oppdaterte verdier som er beregnet nå. Flomverdiene som er beregnet ved hjelp av PQRUT i henhold til NVEs nye veileder og RFFA-NIFS er i godt samsvar med hverandre og er vesentlig lavere enn de som ble som beregnet tidligere.

Tabell 10 Beregnede flomvannføringer (kulminasjonsverdier m^3/s) i Veumbekken ved kulvertinnløp

Flom (gj.int. år)	2015	PQRUT 2023	RFFA-NIFS
2	6,0	-	3,5
5	8,0	-	4,4
10	9,3	-	5,3
20	10,7	5,5	6,2
50	12,4	7,6	7,5
100	13,7	-	8,8
200	15,0	10,5	10,1

Q_{200} som angitt av PQRUT 2023 og formelverk for små felt tilsvarer ca. 900 l/s/km². Dette er noe lavere enn verdiene funnet ved hjelp av flomfrekvensanalysen utført på nærliggende vannmerker (Tabell 4), men direkte overføring av kulminasjonsvannføring er ikke helt rett frem på grunn av forskjeller i feltparametere. Kulminasjonsfaktor ved vannmerkene 6.10 Gryta og 16.154 Brusetbekken er hhv. ca. 2 og 1,8 (Tabell 4). Ved et RFFA-2018 estimert døgnverdi for Veumbekken på 500 l/s/km² gir dette en forventet kulminasjonsvannføring på 900 – 1000 l/s/km².

NVEs veileder for flomberegninger gir noen erfaringstall for kulminasjonsverdier i små felt. På Østlandet varierer Q_{200} mellom 500 – 1500 l/s/km², men noen flomverdier er helt oppe i 2000 – 2500 l/s/km² og helt nede i 400 l/s/km². Laveste verdier finner man i større felt og/eller øst på Østlandet. Q_{200} på ca. 900 l/s/km² ligger godt innenfor NVEs erfaringstall.

Flomvannføringer som beregnet ved hjelp av RFFA-NIFS benyttes i videre analyse, jf. ref./3/.

3.6 Klimapåslag

I 2015-rapporten ble det benyttet et klimapåslag på 20%, basert på en NVE rapport fra 2011 (ref./6/).

Gjeldende praksis er å benytte klimapåslag som anbefalt i ref./7/. Denne anbefaler et klimapåslag på minst 20% for alle nedbørfelt på Østlandet med felt mindre enn 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn. Klimaprofil Østfold ([Klimaprofil Østfold - Norsk klima service senter](#)) anbefaler også et klimapåslag på minst 20%. NVEs Veileder for flomberegninger anbefaler et klimapåslag på 40% for alle felt med areal mindre enn 10 km². Feltarealet til Veumbekken er litt større enn dette, men erfaring tilsier at feltet reagerer raskt på nedbør og det ansees derfor som fornuftig å legge til et klimapåslag på 40%.

3.7 Dimensjonerende flomvannføringer i Veumbekken, inkludert påvirkning av flomavledningstunnel

Det er bygget en flomavledningstunnel i feltet. I beregninger i 2015 ble det antatt at flomavledningstunnelen har en kapasitet lik den teoretiske kapasiteten på 8,5 m³/s. I tillegg rapporten fra 2017 ble det regnet med at flomavledningstunnelen kun har 50% av den teoretiske kapasiteten tilgjengelig, med grunnlag i Fredrikstad kommunes erfaring av oppsamling av drivgods på inntaksristen. Fredrikstad kommune har utført utbedringstiltak på risten ved inntaket til flomavledningstunnelen og har forbedret oppfølgingsrutinene for vedlikehold før og under flom. Etter dialog med Fredrikstad kommune er det forutsatt at overføringstunnelen kan overføre vann fra Veumbekken til Selevla ved full kapasitet. Tabell 11 og Tabell 12 oppsummerer vannføringer i Veumbekken ved forskjellige gjentakintervaller uten og med denne tunnelen i drift. Det er antatt et minstevannføringsslipp på 0,1 m³/s til Veumbekken ved flomavledningstunnelen og en tunnelkapasitet på 8,5 m³/s. Flomvannføringer ved flomavledningstunnelen er estimert ved hjelp av

formelverk for små felt (Vedlegg 2.2). Flomvannføringer ved utløpet av Veumbekken er estimert ved hjelp av arealskalering.

200-års flom i Veumbekken ved utløp i Vestreelva inkludert klimapåslag ble beregnet til hhv. 19,7 og 11,2 m³/s uten og med flomavledningstunnelen i drift i 2015. Oppdaterte estimater for disse vannføringene er hhv. 16,0 og 7,5 m³/s.

Tabell 11 Flomvannføringer i Veumbekken uten flomavledningstunnel inkludert 40% klimapåslag

Flom	Ndf. flomavledningstunnel	Kulvertinnløp	Utløp i Vestreelva
2	3.4	4.9	5.5
5	4.3	6.2	7.0
10	5.2	7.4	8.4
20	6.2	8.7	9.8
50	7.4	10.5	11.9
100	8.7	12.3	13.9
200	9.9	14.1	16.0

Tabell 12 Flomvannføringer i Veumbekken med flomavledningstunnel inkludert 40% klimapåslag

Flom	Ndf. flomavledningstunnel	Kulvertinnløp	Utløp i Vestreelva
2	0,1	1,6	2,3
5	0,1	1,9	2,7
10	0,1	2,3	3,3
20	0,1	2,6	3,8
50	0,1	3,2	4,6
100	0,2	3,8	5,4
200	1,4	5,6	7,5

4 Eksisterende flomrisiko

HEC-RAS modellen benyttet i ref./1/ og ref./2/ er benyttet for å vurdere flomrisiko med eksisterende kulvert. Siden de tidligere rapportene ble utarbeidet har Fredrikstad stadion (kvartalet ved Eirk Madsens vei, Mads W. Stangs gate og Gamle Stadion) blitt utviklet til leilighetsbygg. I forbindelse med dette har Veumbekken-kulverten blitt omlagt i dette området. Det forutsettes at denne omleggingen ikke har en vesentlig påvirkning på kapasiteten til kulverten mellom jernbanen og Oslogata.

I ref./1/ er flomvannføringer kombinert med 1-års stormflo (1 moh.). NVEs nye veileder for vurdering av flomfare (ref./4/) presiserer at vannføring med klimapåslag bør kombineres med 1-års stormflo med klimaframskrivning. Dette vil si at man bør bruke et stormflonivå på kote 1,49 som nedstrøms grensebetingelse. Dette er en konservativ forutsetning (man antar at kulminasjonsvannføring på grunn av intens nedbør inntreffer samtidig som høyvann ved 1-års stormflo). De laveste områdene på Holmen vil oversvømmes allerede ved fremtidig 1-års stormflo (Figur 3). Det er vist resultater med nedstrøms grense på både 1 og 1,49 moh. Merk at et stormflonivå på 1 moh. er vesentlig høyere enn fremtidig Høyeste Astronomiske Høyvann ($0,26+0,53 = 0,79$ moh.).

Med flomavledningstunnelen i drift og nye lavere flomvannføringer er den estimerte hyppighet av oversvømmelse ved innløpet til eksisterende kulvert redusert sammenlignet med ref./2/. I 2015 var det estimert at oversvømmelse av et større område på grunn av begrenset kulvertkapasitet vil oppstå med et gjentakintervall på ca. 50 år med klimaendring.

Terrengdata viser at man vil få lokal oversvømmelse av terrenget ved kulvertinnløpet ved en vannstand på kote ca. 2,8. Et større område vil bli berørt dersom vannstanden stiger over det høyeste punktet i gangveien sør for jernbanelinjen, som ligger på kote ca. 3,3. Basert på de oppdaterte flomvannføringene med flomavledningstunnel vist i kapittel 3.7 vil overtopping av sadlepunktet skje ved ca. en 100-års flom med klimaendring. Dette forutsetter ingen falltap gjennom, eller tilstopping av risten ved kulvertinnløpet.

5 Flomrisiko med gjenåpnet bekk

En HEC-RAS modell av den planlagte gjenåpnede bekken ble utarbeidet i ref./2/.

Planlagt bekkeåpning er ikke endret siden de tidligere rapportene, med unntak av at linjeføring av bekken mellom Borggata og Vestreelva er endret slik at bekkens utløp ligger litt lengre vest enn tidligere (Figur 8). Dette gir en knekk i linjeføringen ved Borggata. Da vinkelendringen i bekkens linjeføring er liten (mindre enn 10 grader), er det ikke forventet at dette vil føre til merkbare falltap (jf. ref./8/).

Det tilrettelegges for fundamentering av en eventuell ny bru ved Trosvikstranda mellom strandpromenade og Borggata. Denne broen er ikke en del av Veumbekken-planen og det foreligger derfor ikke detaljerte tegninger av denne brua (Figur 9). Det antas i denne rapporten at en eventuell tilleggsbru vil utformes slik at den ikke vil ha vesentlig betydning for flomvannstand.

Basert på dette er geometrien til den foreliggende modellen fra ref./2/ ikke oppdatert i denne rapporten. Konsekvensene av de reviderte flomvannføringer er imidlertid vurdert.

5.1 Flomrisiko ved kulvertinnløp

Med gjenåpnet bekk fra Oslo gata vil oversvømmelse ved kulvertinnløp begynne ved en flom med gjentakintervall på ca. 200 år med klimaendring (forutsatt ingen tilstopping av risten ved kulvertinnløpet). Dette er en forbedring sammenlignet med eksisterende situasjon.

Ved oversvømmelse ved kulvertinnløp, vil vann renne ut av bekken oppstrøm jernbanelinjen og deretter sørover langs Holmegata mot den gjenåpnede bekken (ref./9/). Konsekvensene av dette er ikke vurdert i denne rapporten. Det antas i beregningene at alt vann som renner ned Holmegata føres tilbake til den gjenåpnede bekken.

Fredrikstad kommune har planer om utbedring av kulverten fra kulvertinnløpet til Oslo gata i forbindelse med bygging av ny InterCity og innfartsåre. Man forventer derfor at flomrisikoen ved kulvertinnløpet vil reduseres i fremtiden, men dette er ikke vurdert i denne rapporten. Gjenåpning av bekken legger til rette for denne utbedringen.



Figur 8 Illustrasjon som viser ny linjeføring av Veumbekken med den tidligere linjeføringen vist med stiplet linje



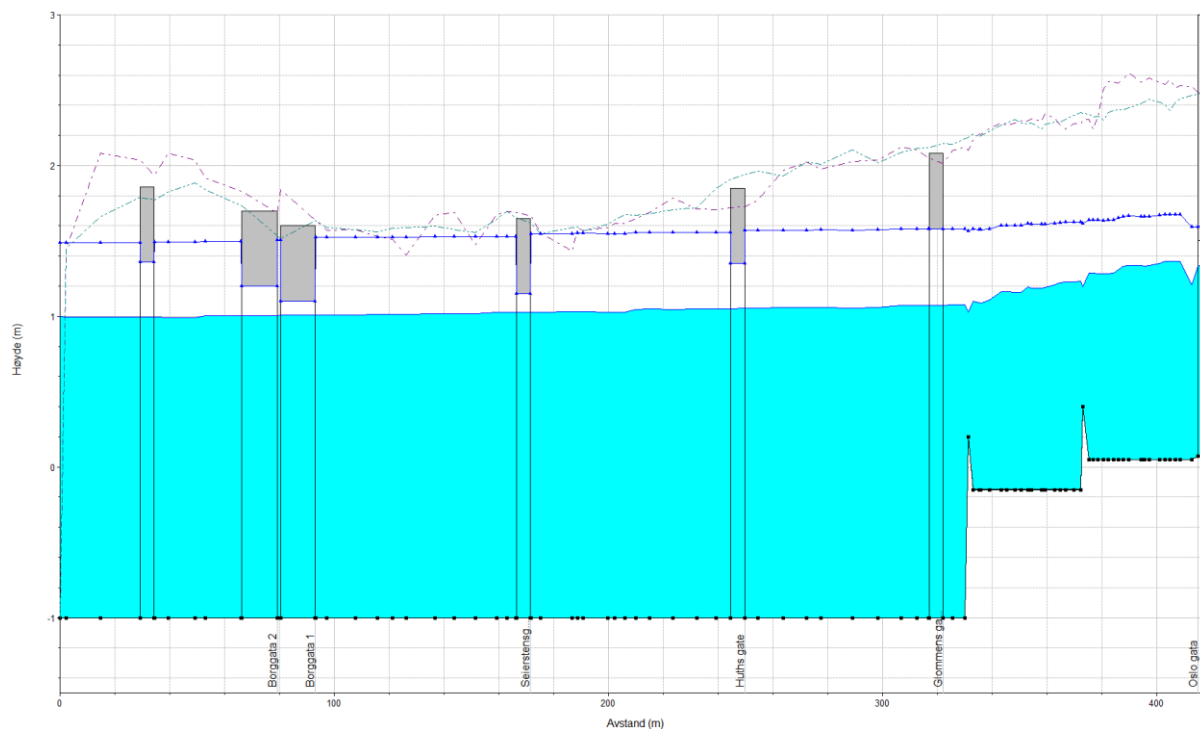
Figur 9 Utsnitt av utkast til landskapsplanen for Trosvikstranda fra 2023 illustrerer to bruer sør for Borggata

5.2 Flomrisiko ved den gjenåpnede bekken

5.2.1 Flom

Modellen av planlagt bekkeåpning er kjørt med oppdaterte flomvannføringer som angitt i Tabell 12. Figur 10 viser lengdeprofilen ved 200-års flom inkludert klimafaktor. Topp elvebredd er basert på eksisterende terrengnivåer ved omtrent plassering av den gjenåpnede bekken. Ved stormflo på 1 moh. er vannstanden i den gjenåpnede bekken lavere enn antatte bruunderkanter, og vannstanden i kanalen er ca. 0,4 m lavere

enn laveste terrengnivå. Ved fremtidig 1-års stormflo vil vannstanden i bekken bli høyere enn eksisterende terrengnivå i noen områder mellom ca. 20 m oppstrøms Seierstengsgata og ca. 20 m oppstrøms Borggata. Vannstanden er lavere enn eksisterende terrengnivå over mesteparten av den gjenåpnede strekningen.



Figur 10 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor og nedstrøms grense på hhv. 1 og 1,49 moh.

5.2.2 Stormflo

Området er utsatt for flomrisiko fra stormflo (kapittel 2). Ved eksisterende forhold vil tidevann renne inn i de laveste områdene via sluk og kumlokk, og senere over elvepromenaden over en lengre strekning (Figur 3). Åpning av bekken vil forlenge kystlinjen langs Vesterelva og flommekanismer ved stormflo vil bli endret (ref./1/). Nivået på stormflo vil ikke endres på grunn av den planlagte gjenåpningen av Veumbekken.

5.3 Sikkerhetsmargin

Iht. ref./4/ er det anbefalt å inkludere en sikkerhetsmargin for å ta hensyn til usikkerheten i beregning av flomfare. Sikkerhetspåslag bestemmes ut ifra en vurdering av kvalitetsklassen til flomberegninger og den hydrauliske modellen, se Figur 11.

Prosentvis påslag på vannføringen

Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %	40 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %	30 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %	25 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2

Figur 11 Foreslått prosentvis påslag på vannføring basert på klassifisering av flomberegning og hydraulisk modell, fra NVEs Veileder for Sikkerhet mot flom: Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak

5.3.1 Klassifisering av flomberegninger

Kvaliteten til flomberegningene er tidligere vurdert i ref./1/ å ligge i kvalitetsklasse 2 'Brukbar hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget' (Figur 12). Dette med grunnlag i at det er flere vannmerker med lignende feltparametere som gir relativt lite variasjon i døgnverdier for Q_{200} . Dette ansees fortsatt som rimelig. Det er noe usikkerhet forbundet med virkningen av flomavledningstunnelen på flomvannføringene.

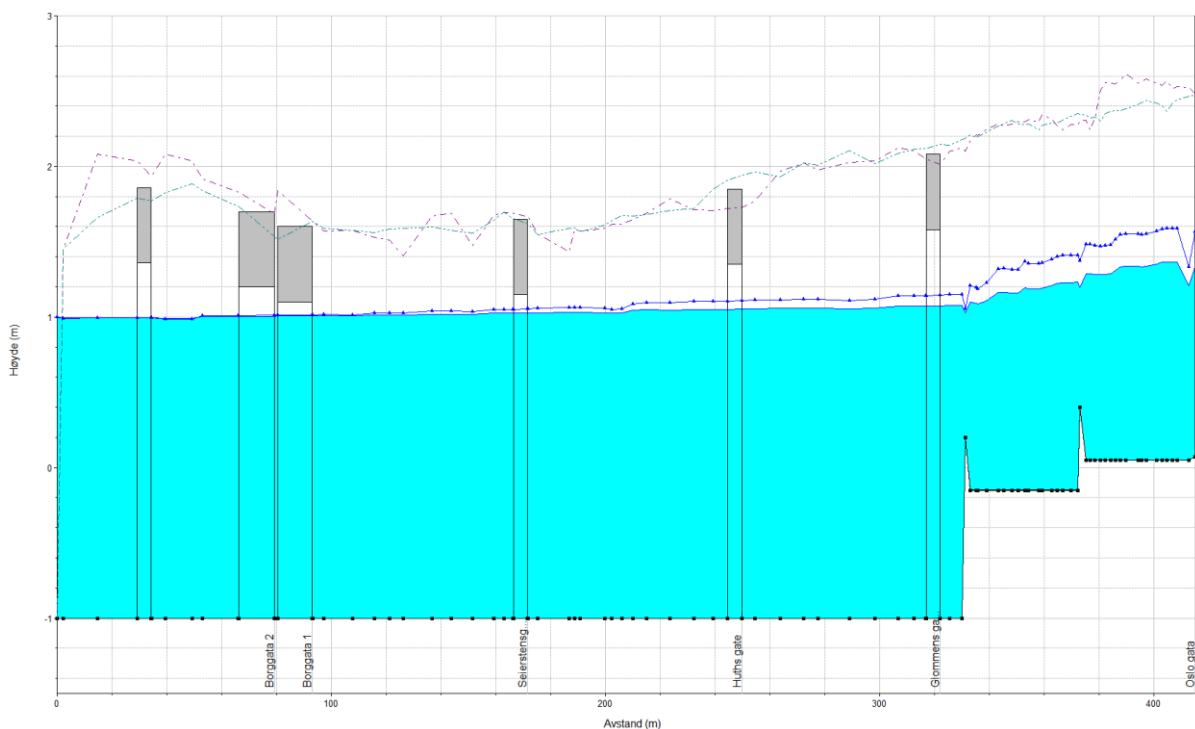
Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbar hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbar hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.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

Figur 12 Klassifisering av flomberegning, fra NVEs Veileder for Sikkerhet mot flom: Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak

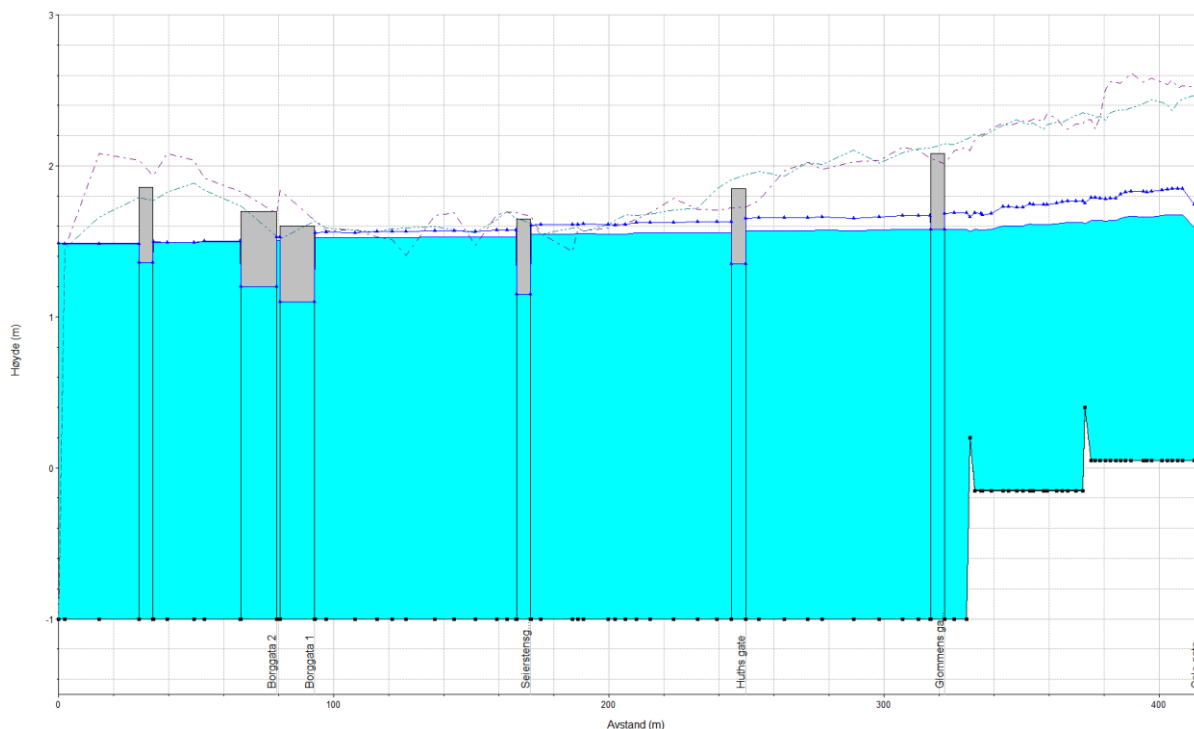
5.3.2 Klassifisering av hydraulisk modell

Iht. ref./4/ er det kjørt følsomhetsanalyse med 20% økning av vannføringen. En 20% økning i tilløpsflommen vil gi en noe større prosentvis økning i vannføring nedenfor flomavledningstunnellen, da kapasiteten til flomavledningstunnelen (8,5 m³/s) er en mindre andel av totalvannføringen. Følsomhetsanalysen er basert på en vannføring i Veumbekken på 10,7 m³/s (Figur 13 og Figur 14). Følsomhetsanalysen viser en endring i vannstand i den gjenåpnede kanalen på maksimalt ca. 0,2. Modellen skal i henhold til Figur 15 plasseres i klasse E, da modellen ikke er tilpasset mot en målt vannlinje. Modellen simulerer imidlertid en prosjektert bekk med relativ enkel geometri og strømningsforhold, og følsomhetsanalyse viser at endringer i vannstander er ca. 0,2 m med 20% økning av vannføring. Det er derfor skjønsmessig vurdert at modellen av den gjenåpnede bekken bør plasseres i klasse D (Figur 15).

Man får en mye større endring i simulert vannstand ovenfor kulvertinnløpet. Modellen av kulverten oppstrøms den gjenåpnede bekken plasseres i klasse E.



Figur 13 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor og nedstrøms grense på 1 moh., uten og med 20% påslag.



Figur 14 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor og nedstrøms grense på 1,49 moh., uten og med 20% påslag.

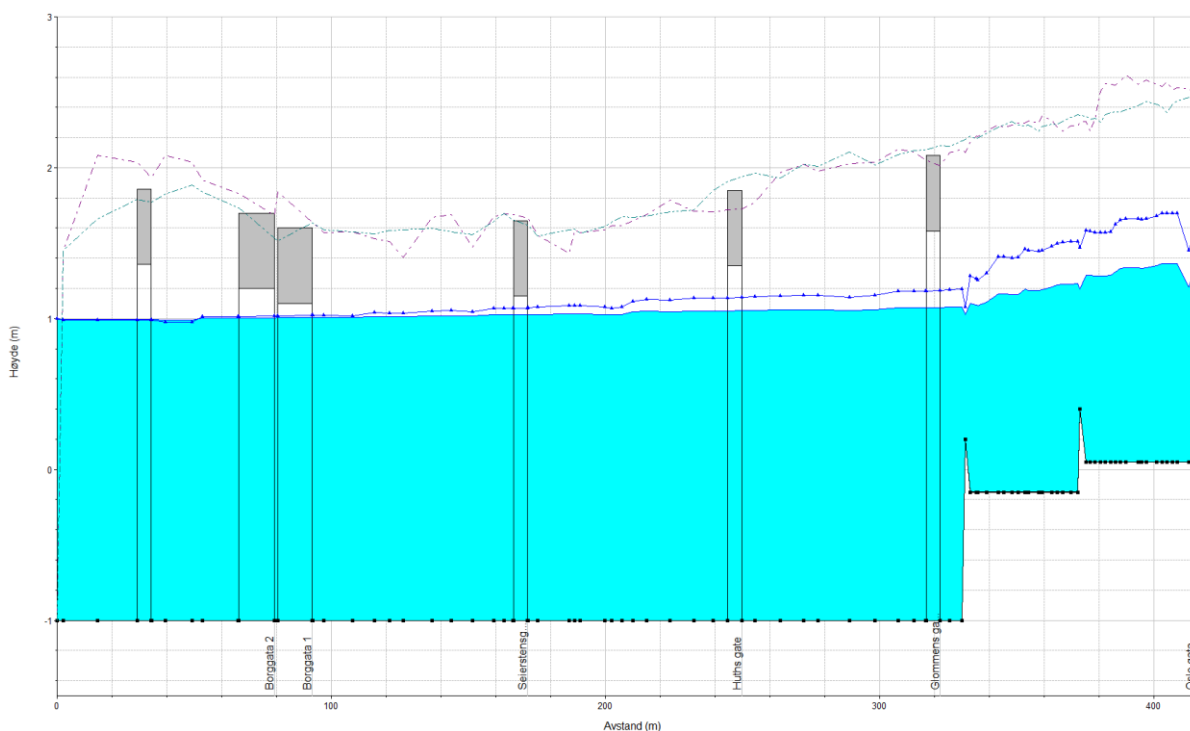
Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.

Figur 15 Klassifisering av hydraulisk modell, fra NVEs Veileder for Sikkerhet mot flom: Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak

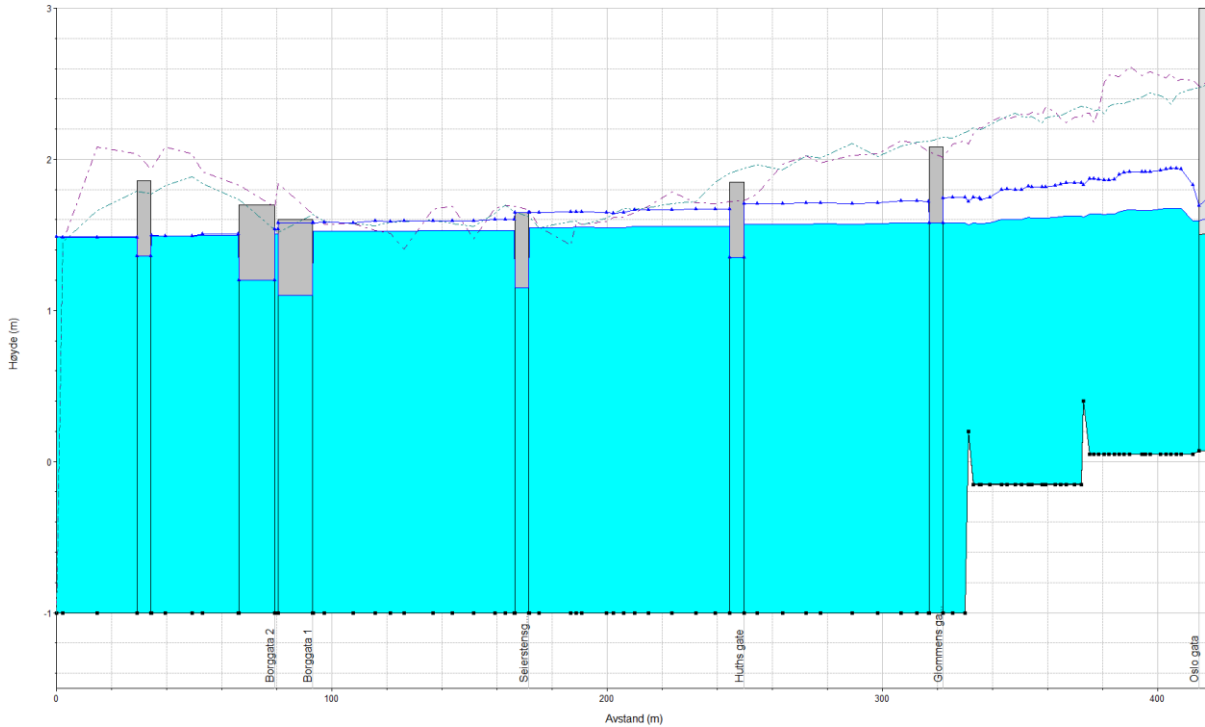
5.3.3 Anbefalt sikkerhetspåslag

Med grunnlag i Figur 11 bør det benyttes et sikkerhetspåslag på 30% ved prosjektering av den gjenåpnede bekken, som gir en vannføring på 12,3 m³/s. Modelleringen viser at den planlagte bekken er stor nok å ta unna denne vannføringen uten oversvømmelse ved stormflo på 1 moh. i Vestreelva, men at vannspeilet når underkanten av flere bruer (Figur 16). Dette stemmer også dersom man antar at den hydrauliske modellen har kvalitetsklasse E (45% sikkerhetspåslag, vannføring på 14,7 m³/s).

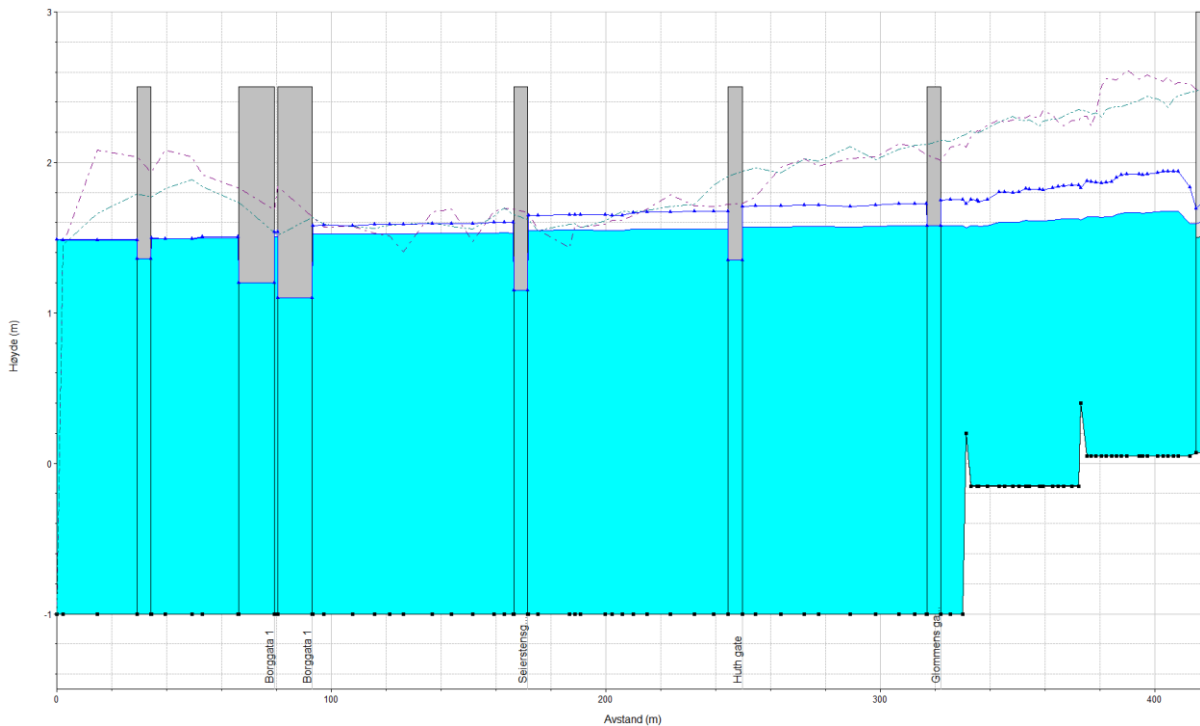
Ved stormflo på 1,49 moh. vil vannstanden stige over terrengnivået flere steder mellom Huths gate og Borggata (Figur 17). Som i ref./2/ er det kjørt en modell der elvebreddene og brutopper er hevet over flomvannstandene (Figur 18). Dersom området skal sikres mot en 200-års flom inkludert klimapåslag som sammenfaller med fremtidig 1-års stormflo, må toppen på elvebreddene heves med opp til ca. 0,2 m over eksisterende terrengnivå i de lavest liggende områdene. Dette er noe mindre enn det som ble funnet i ref./2/. Dersom man legger til grunn et 45% sikkerhetspåslag på vannføring bør toppen av elvebreddene heves med opp til ca. 0,3 m over eksisterende terrengnivå i de lavest liggende områdene. Området vil fortsatt bli utsatt for flomrisiko på grunn av stormflo. Simulerte vannstander i den gjenåpnede bekken med 200-års flom inkludert klima- og sikkerhetspåslag er vesentlig lavere enn fremtidig 200-års stormflo (kote 2,16). Stormflo er den dominerende mekanismen for flomrisiko i dette området.



Figur 16 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor uten og med 30% sikkerhetspåslag og nedstrøms grense på 1 moh.



Figur 17 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor uten og med 30% sikkerhetspåslag og nedstrøms grense på 1,49 moh.



Figur 18 Lengdeprofil i den gjenåpnede Veumbekken med 200-års flom inkludert klimafaktor med 30% sikkerhetspåslag og nedstrøms grense på 1,49 moh – med flomsikring.

6 Konklusjoner og anbefalinger

Reguleringsplanen omfatter gjenåpning av Veumbekken ved å erstatte en eksisterende kulvert i dårlig forfatning med en åpen kanal. Denne oppdaterte vurderingen av flo- og flomforhold gir noen endrede verdier for stormflo, flomvannføringer og flomvannstander, men endrer ikke hovedkonklusjonene sammenlignet med de i ref./1/ og ref./2/.

Innløpet til eksisterende kulvert ligger utenfor planområdet. Den eksisterende kulverten har ikke tilstrekkelig kapasitet, og vann vil strømme ut av bekken oppstrøms kulverten og renne nedover Holmegata.

Gjenåpning av bekken nedenfor Oslogata vil forbedre kulvertkapasiteten og redusere hyppigheten av oversvømmelse oppstrøms kulvertinnløpet, samt legge til rette for eventuell fremtidig forbedring av kulvertstrekningen ovenfor Oslogata. Det vil fortsatt være oversvømmelse ved kulvertinnløpet som fører til at vann vil renne ned Holmegata mot den gjenåpnede bekken frem til at kulverten ovenfor Oslogata utbedres. Utforming av den gjenåpnede bekken bør gjøres slik at vann som strømmer sørover langs Holmegata føres tilbake til den gjenåpnede bekken.

Kanalen er dimensjonert slik at det ikke vil oppstå oversvømmelse på grunn av høy vannføring i bekken ved en moderat tidevannstand. Ved toppen på elvebreddene lik eksisterende terrengnivå vil det ikke oppstå oversvømmelse ved en 200-års flom inkludert klimafaktor som inntreffer samtidig som et stormflonivå på kote 1. Ved 200-års flom inkludert klimafaktor samt fremtidig 1-års stormflo vil vannstanden i bekken være lavere enn terrengnivå over mesteparten av den gjenåpnede bekken, men vannstanden vil bli høyere enn toppen på elvebreddene ved de lavest liggende stedene. Dersom man vil sikre området mot denne kombinasjonen av flomvannføring og stormflo, må toppen på elvebreddene heves med opp til ca. 0,2 – 0,3 m over eksisterende terrengnivå de stedene der ikke er tilstrekkelig sikkerhetsmargin. Heving av bruene, bruk av slankere brudekker enn antatt her, og/eller senkning av bekkens bunnivå kan eventuelt redusere vannstander i området på grunn av høye vannføringer.

Området vil fortsatt bli utsatt for flom på grunn av stormflo. Simulerte vannstander i den gjenåpnede bekken med 200-års flom inkludert klima- og sikkerhetspåslag er vesentlig lavere enn fremtidig 200-års stormflo. Stormflo er bestemmende for flomrisiko i dette området. Gjeldene kommuneplan tillater ikke etablering av nye bebyggelse lavere enn kote 2,5, med mindre det utføres tiltak som sikrer nye bebyggelse i tråd med kravene i byggeteknisk forskrift.

Videre detaljering av kanalen, brukonstruksjoner og terrengutforming skal hensynta flomforhold.

7 Referanser

1. Norconsult (2015) Veumbekken Vurdering av reguleringsplan for planlagt gjenåpning. Flo- og flomforhold.
2. Norconsult (2017) Veumbekken Vurdering av flo- og flomforhold. Tilleggsrapport.
3. NVE (2022) Veileder for flomberegninger. NVE Veileder 1/2022.
4. NVE (2022) Sikkerhet mot flom Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. NVE Veileder 3/2022.
5. NVE (2011) Retningslinjer for flomberegninger.
6. NVE (2011) Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE Rapport 5-2011.
7. NVE (2016) Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE Rapport 81-2016.
8. CIRIA (2010) Culvert design and operation guide. CIRIA Report C689.
9. Norconsult (2010) Veumbekken – flomveier nedstrøms innløpet til Veumbekken kulvert.

8 Vedlegg

Vedlegg 1: Tidevannstander

Vedlegg 2: NEVINA

Vedlegg 3: Avrenningskart for perioden 1991-2020

Vedlegg 4: Flomfrekvensanalyse på vannmerker i Norge

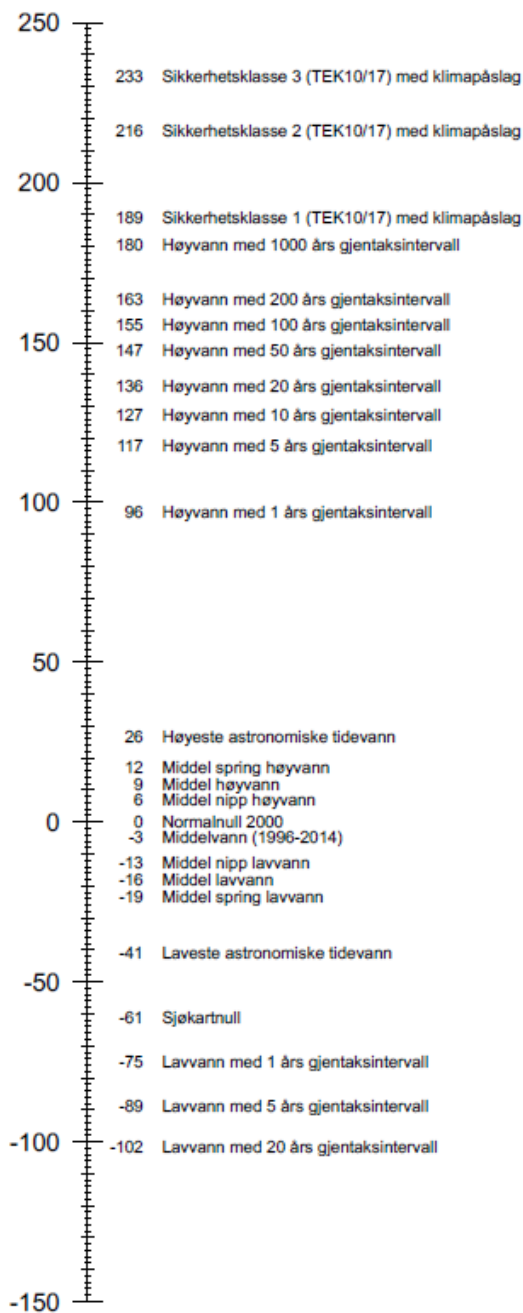
Vedlegg 5: Flomfrekvensanalyse på vannmerker i Sverige

Vedlegg 1: Tidevannstander

N59°13,1' E10°55,8'
Nivåskisse

FREDRIKSTAD

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Vikør, justert med faktor 1,03.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 24. august 2021. Lastet ned: 11. september 2023.

Vedlegg 2: NEVINA

Vedlegg 2.1 Ved kulvert innløp

Nedbørfeltparametere

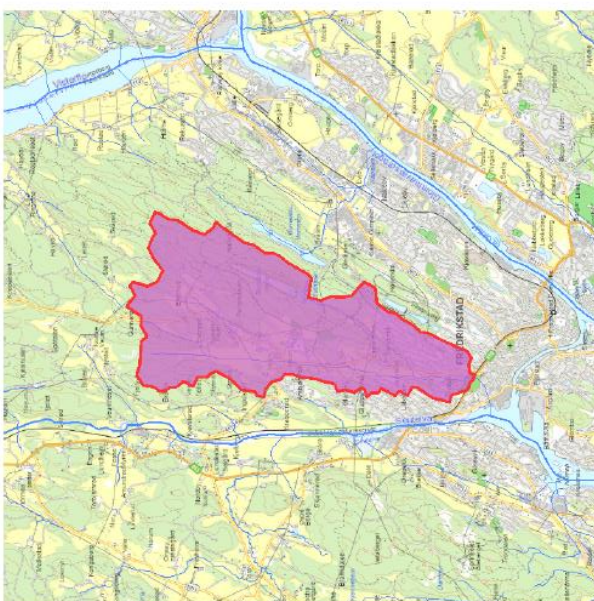
Vassdragsnr.: 002.2A
 Kommune.: Fredrikstad
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Seutelva

Feltparametere	
Areal (A)	11.3 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.03 %
Elveengde (E _L)	6.4 km
Elvegradient (E _G)	5.4 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	6.0 m/km
Helning	5.2 ‰
Dreneringstetthet (D _T)	1.1 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	6.3 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	18.8 %
Myr (A _{MYP})	0.8 %
Leire (A _{LEIRE})	42.9 %
Skog (A _{SKOG})	60.9 %
Sjø (A _{SJØ})	0.5 %
Snaufell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	13.7 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	5.4 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	5 m
Høyde ₁₀	21 m
Høyde ₂₀	33 m
Høyde ₃₀	38 m
Høyde ₄₀	42 m
Høyde ₅₀	49 m
Høyde ₆₀	55 m
Høyde ₇₀	62 m
Høyde ₈₀	74 m
Høyde ₉₀	83 m
Høyde _{MAX}	115 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	12.9 l/s*km ²
Sommernedbør	375 mm
Vinternedbør	466 mm
Årstemperatur	5.9 °C
Sommertemperatur	13.5 °C
Vintertemperatur	0.5 °C



Norges vassdrags- og energidirektorat

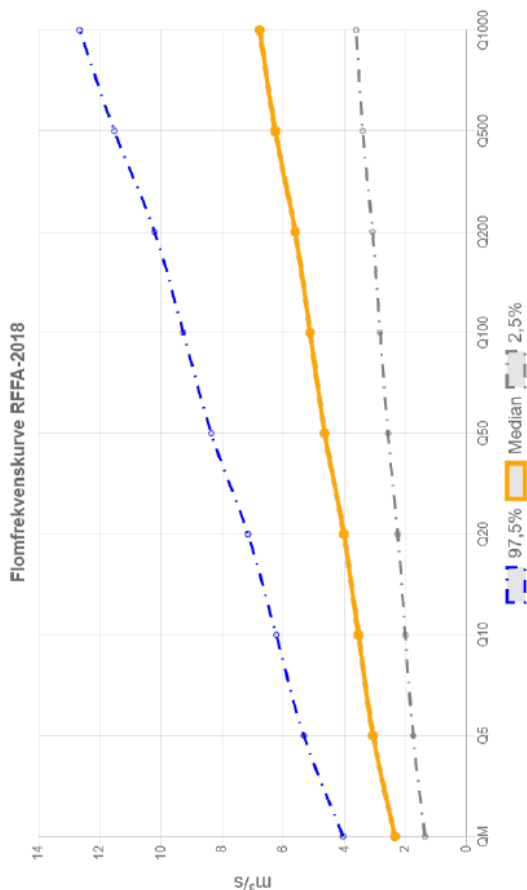
Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Projeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 267679 E
 6571795 N

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

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.2A
 Kommune.: Fredrikstad
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Seutelva
 Nedbørfeltareal: 11.3 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.klimaservice.senter.no).
 Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	208	l/s*km ²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	1.45	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	305	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Annet		
Tiløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{700-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.30	1.51	1.71	1.97	2.18	2.39	2.66	2.88	-
Flomverdier, m ³ /s	2.4	3.1	3.5	4.0	4.6	5.1	5.6	6.3	6.8	5.6
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	4.0	5.3	6.2	7.2	8.4	9.3	10.2	11.5	12.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	1.4	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.6	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.27	1.52	1.79	2.19	2.54	2.93	3.54	4.07	-
Flomverdier, m ³ /s	3.5	4.4	5.3	6.2	7.5	8.8	10.1	12.2	14.1	14.2
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	6.1	7.9	9.7	11.7	14.7	17.5	20.2	24.4	28.1	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	1.9	2.4	2.8	3.3	3.9	4.4	5.1	6.1	7.0	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdierne kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Vedlegg 2.2 Ved flomavledningstunnel

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.2A
 Kommune.: Fredrikstad
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Seutelva

Feltparametere		Hypsografisk kurve	
Areal (A)	7.1 km ²	Høyde _{MIN}	16 m
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %	Høyde ₁₀	29 m
Eivleengde (E _L)	4.7 km	Høyde ₂₀	35 m
Eivgradient (E _G)	4.7 m/km	Høyde ₃₀	39 m
Eivgradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	5.1 m/km	Høyde ₄₀	42 m
Helning	5.5 ‰	Høyde ₅₀	47 m
Dreneringstetthet (D _T)	1.0 km ⁻¹	Høyde ₆₀	52 m
Feltlengde (F _L)	4.8 km	Høyde ₇₀	57 m
Høyde ₈₀		Høyde ₈₀	63 m
Høyde ₉₀		Høyde ₉₀	76 m
Høyde _{MAX}		Høyde _{MAX}	110 m

Feltparametere Tilløp

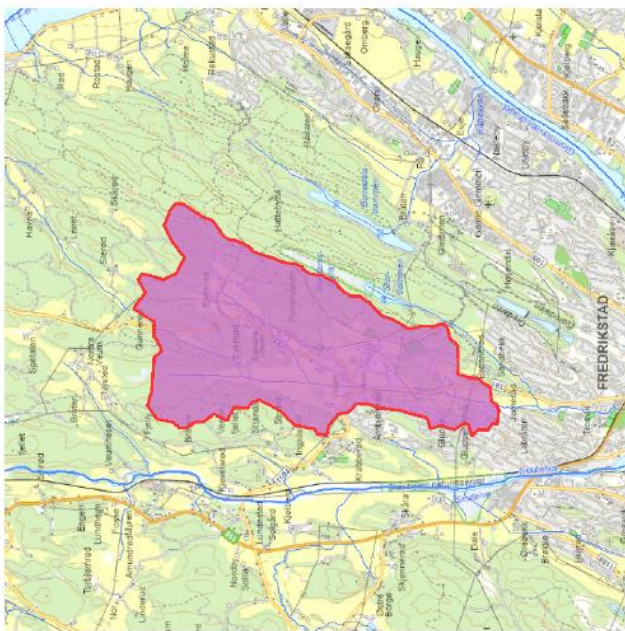
Effektiv sjø – Tilløp (A _{SE,T})	0 %
Feltlengde – Tilløp (F _{L,T})	4.8 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORB})	26.4 %
Myr (A _{MVR})	0 %
Leire (A _{LEIRE})	46.9 %
Skog (A _{SKOG})	63.6 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snauffjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	5.2 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	4.9 %

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (O _N)	13.0 l/s*km ²
Sommernedbør	375 mm
Vinternedbør	466 mm
Årstemperatur	5.9 °C
Sommertemperatur	13.4 °C
Vintertemperatur	0.5 °C



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 267699 E
 6573356 N



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

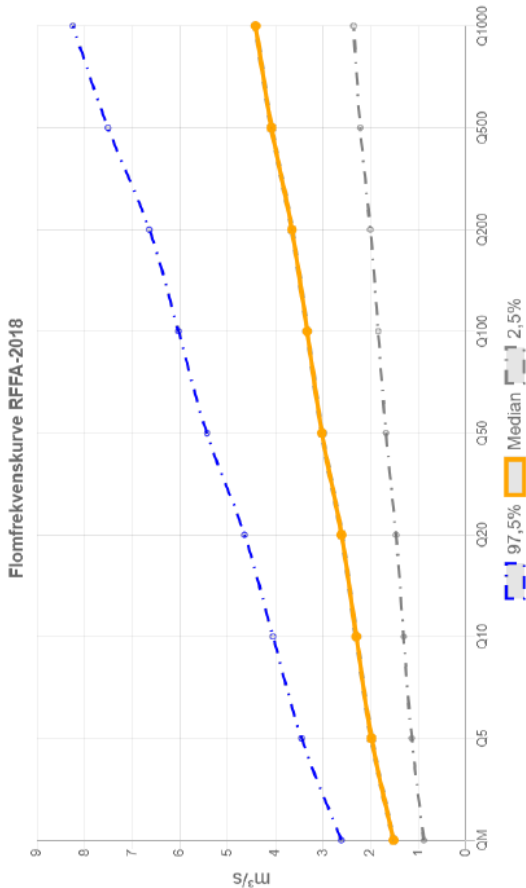
1) Verdien er editert

Rapportdato: 9/12/2023 © nevina.nve.no

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.2A
 Kommune.: Fredrikstad
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Seutelva
 Nedbørfteareal: 7.14 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørftelet 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).
 Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



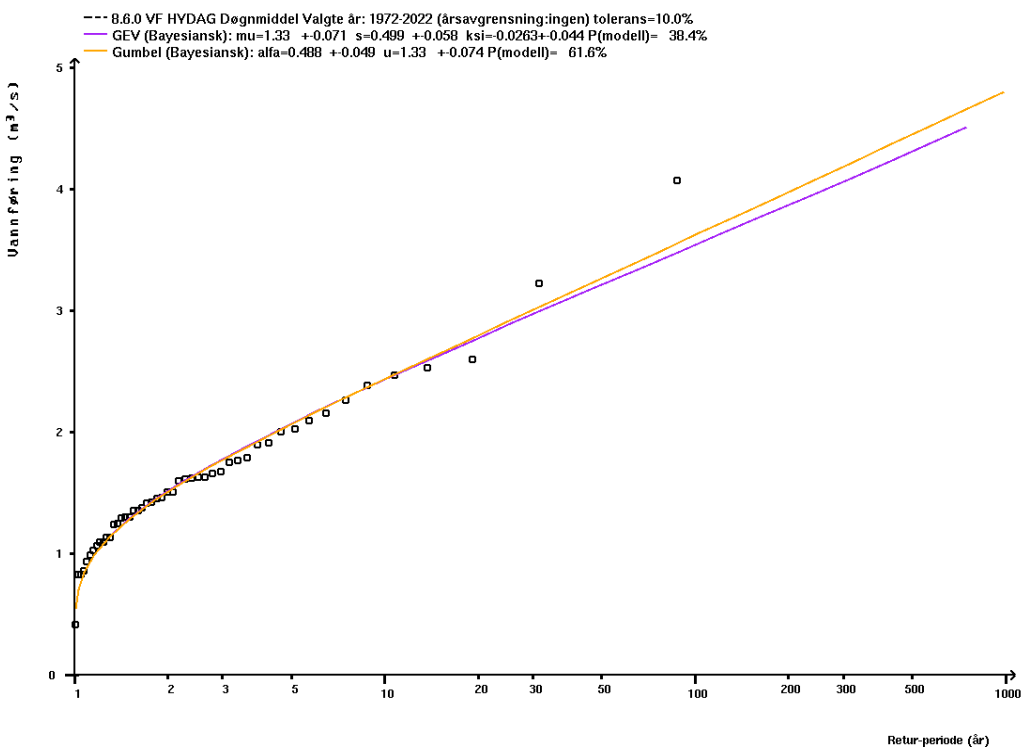
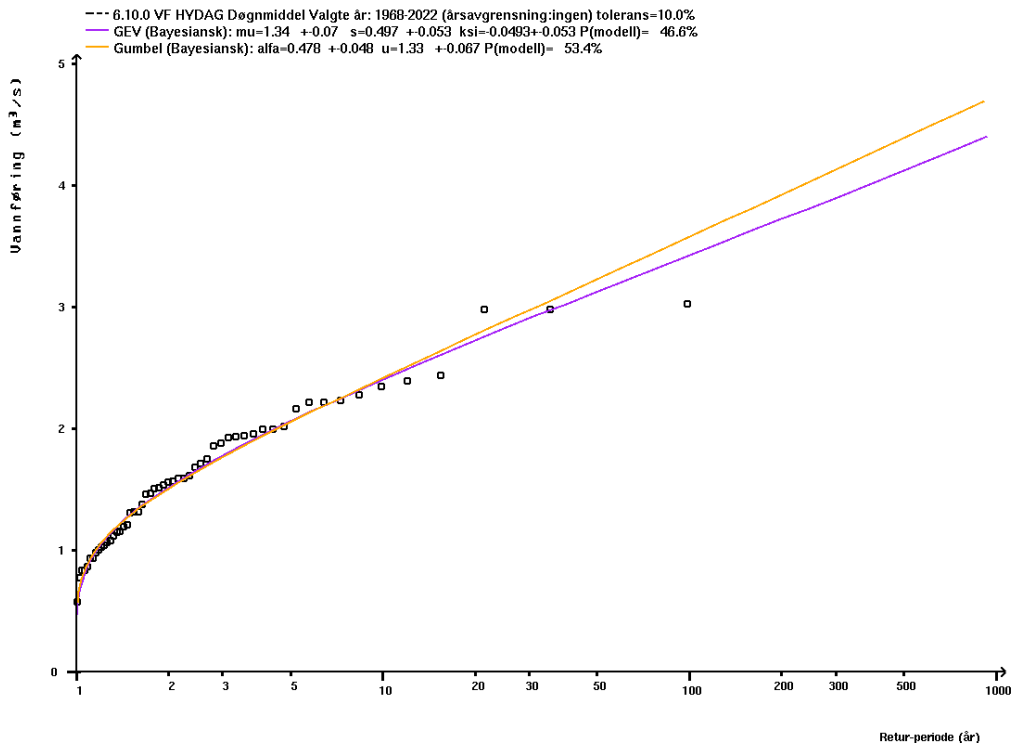
RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	213 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.46 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	340 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførsflom	Nei -

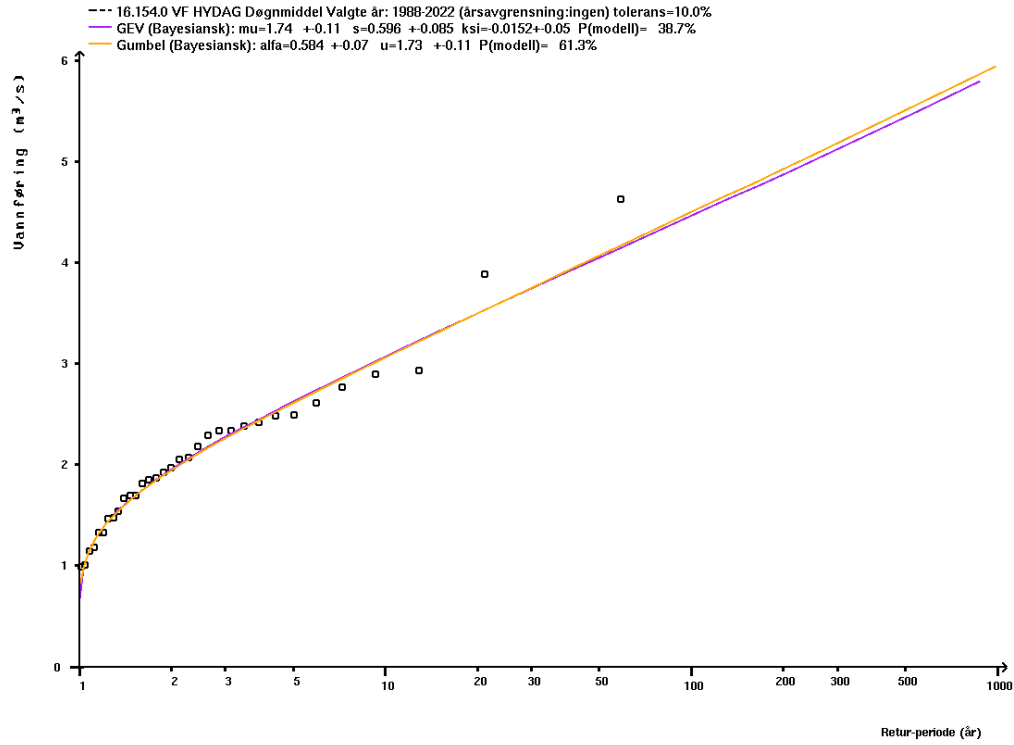
RFFA-2018 (døgngjennomsnitt)											
	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}	
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.30	1.51	1.72	1.99	2.19	2.40	2.68	2.90	-	
Flomverdier, m ³ /s	1.5	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	4.1	4.4	3.6	
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	2.6	3.4	4.0	4.6	5.4	6.0	6.6	7.5	8.2	-	
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	-	
NIFS (kulminasjon)											
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.28	1.52	1.79	2.19	2.53	2.93	3.53	4.07	-	
Flomverdier, m ³ /s	2.4	3.1	3.7	4.3	5.3	6.2	7.1	8.6	9.9	10.0	
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	4.3	5.6	6.8	8.2	10.4	12.3	14.2	17.2	19.8	-	
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	1.4	1.7	2	2.3	2.7	3.1	3.6	4.3	4.9	-	

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.

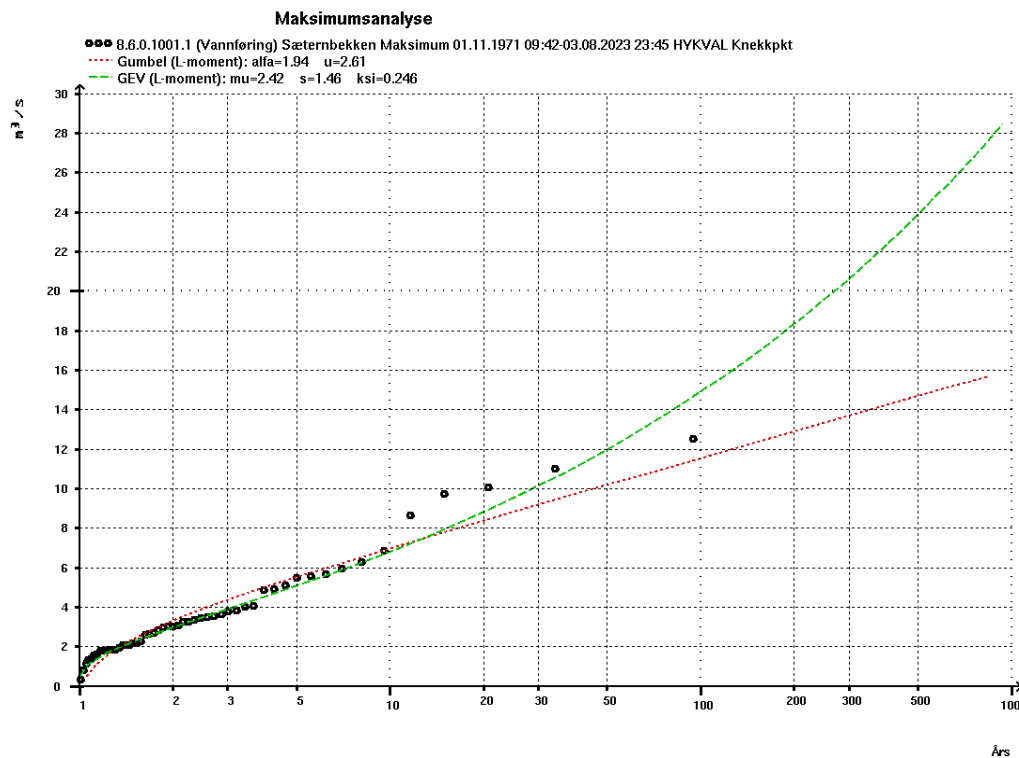
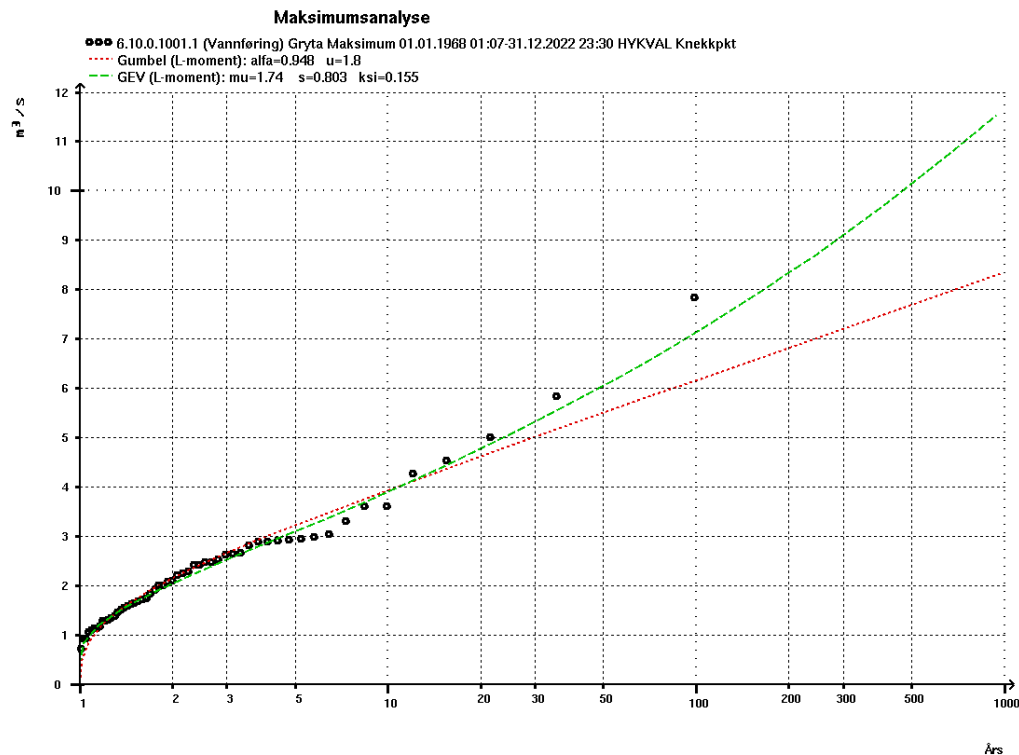
Vedlegg 4 Flomfrekvensanalyse på vannmerker i Norge

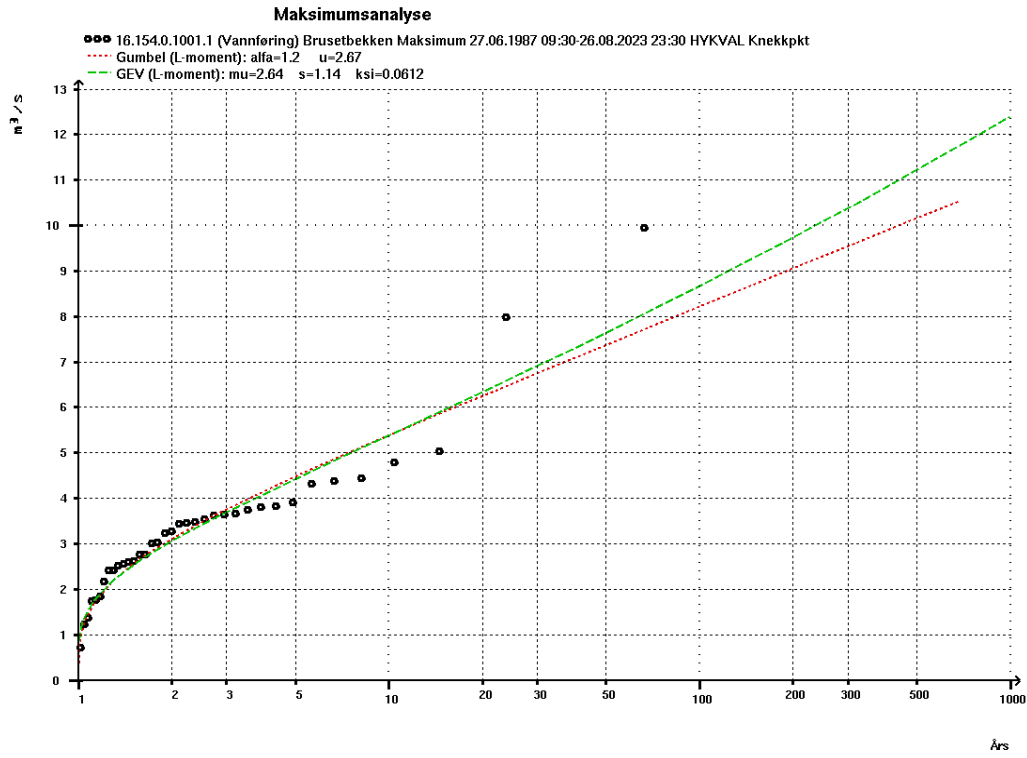
Vedlegg 4.1 Døgndata



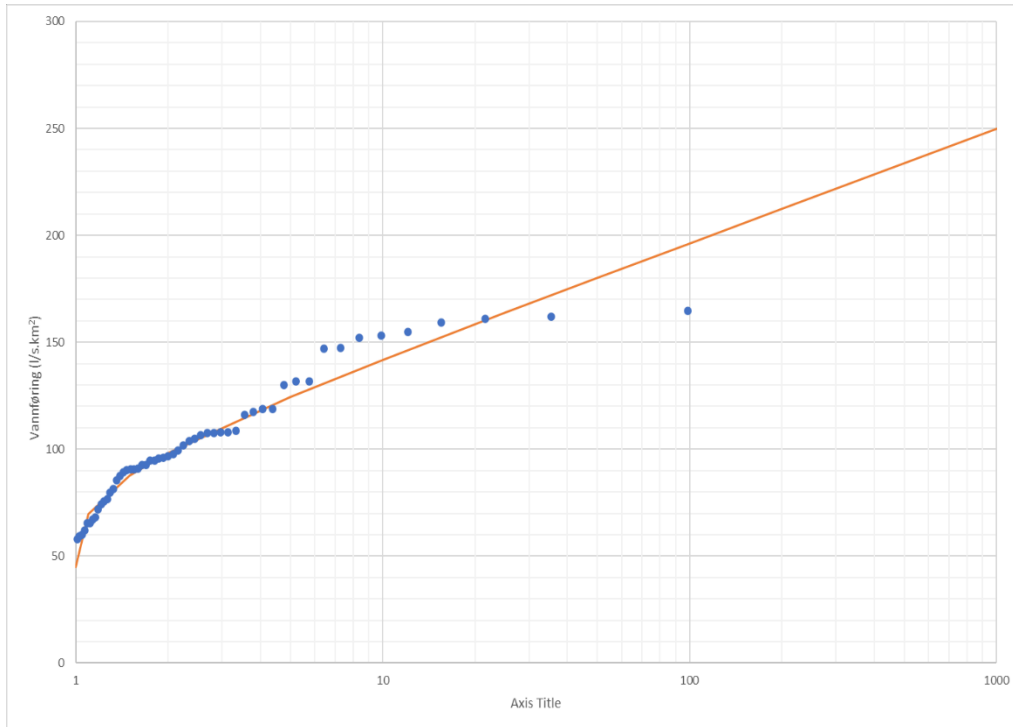


Vedlegg 4.2 Kulminasjonsvannføringer

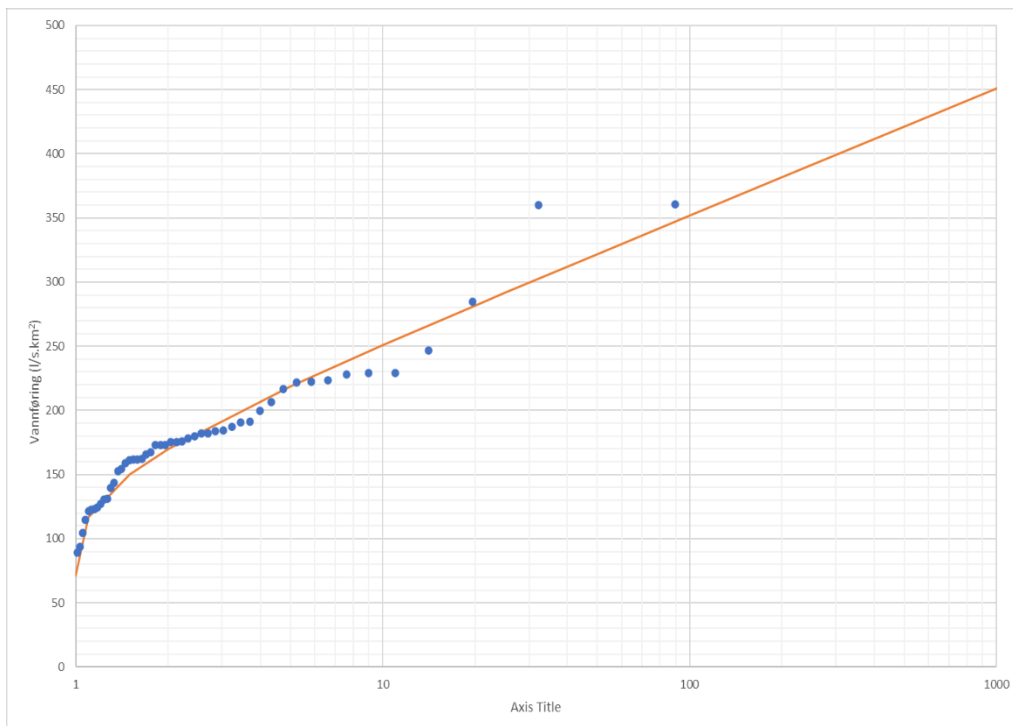




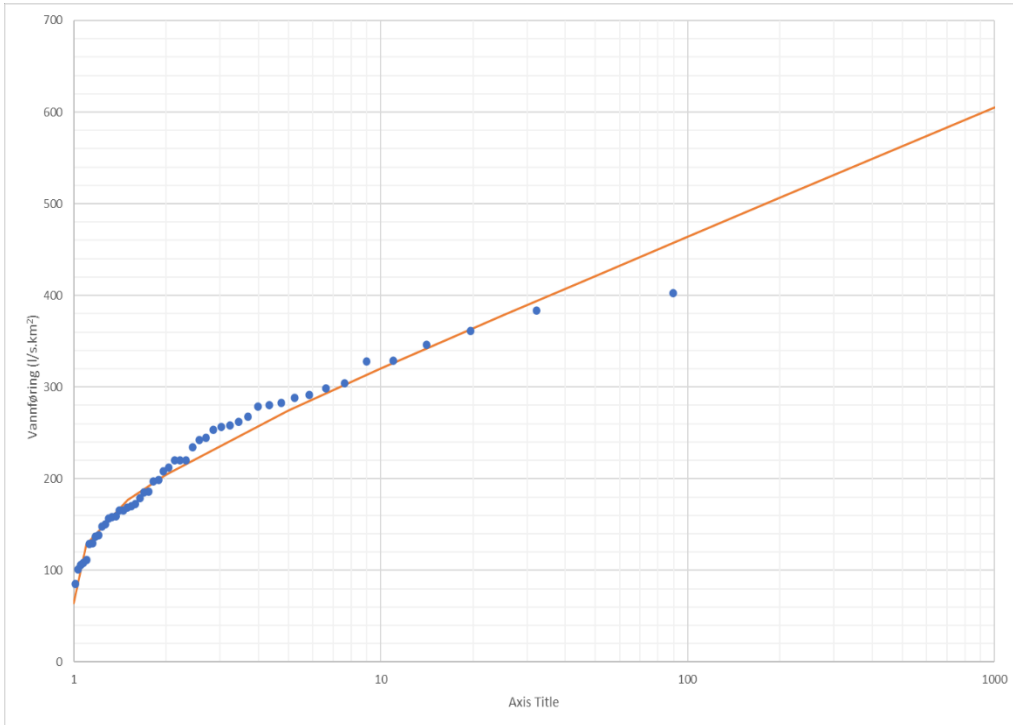
Vedlegg 5 Flomfrekvensanalyse på vannmerker i Sverige



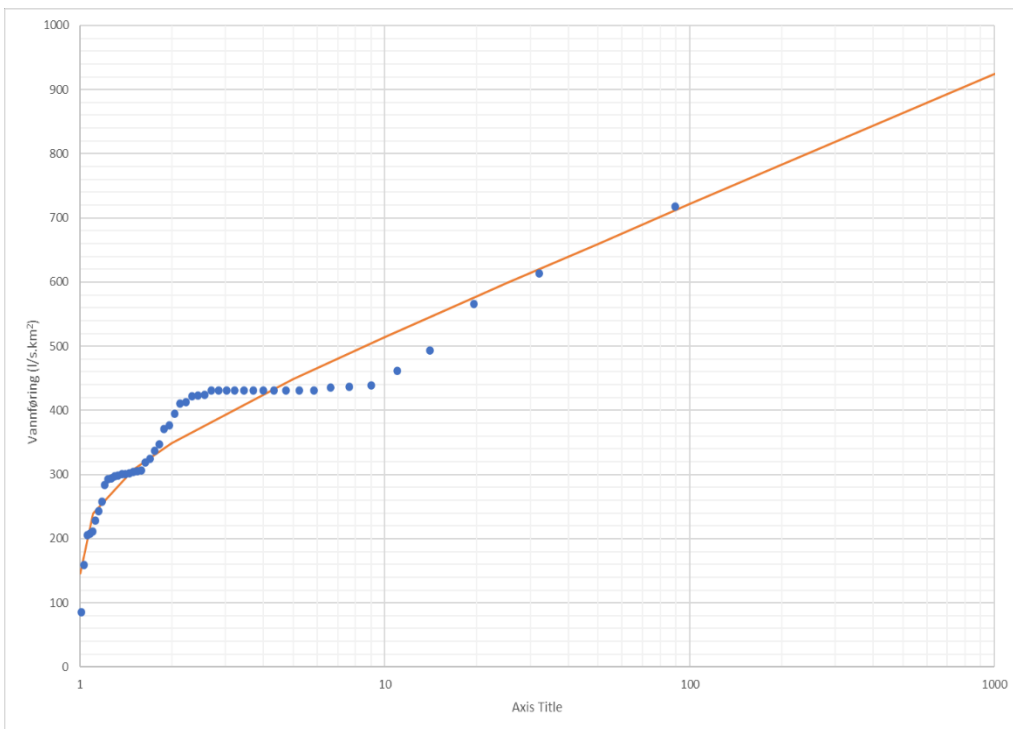
Figur V5.1 Flomfrekvensanalyse for Arödån, døgnvannføringer



Figur V5.2 Flomfrekvensanalyse for Valex, døgnvannføringer



Figur V5.3 Flomfrekvensanalyse for Krokbrække, døgnvannføringer



Figur V5.4 Flomfrekvensanalyse for Krokbrække, kulminasjonsvannføringer