



PORSGRUNN  
KOMMUNE

bypakke  
GRENLAND

OMRÅDEREGULERINGSPLAN

**KNUTEPUNKT**

**PORSGRUNN**

**FLOMSONEKARTLEGGING**

Dokumentnr: FU300



VISTA  
ANALYSE

Norconsult 

**DYRVIK  
ARKITEKTER**

**Oppdragsgiver:** Porsgrunn kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Lars Martin Sørli  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Aleksander Styrvold Kristoffersen  
**Fagansvarlig:** Erlend Brochmann  
**Andre nøkkelpersoner:** Henrik Opaker (KS/fagkontroll)

D02	2023-05-04	For godkjenning hos oppdragsgiver	ERBRO	HEOPA	ASTKR
A01	2022-04-21	For intern kontroll	ERBRO	HEOPA	ASTKR
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

## ► Sammen drag

I forbindelse med reguleringsarbeid med oppdrag "Knutepunkt Porsgrunn" er det utarbeidet en flomsonekartlegging for områdene ved utløpet av elva Leirkup, ved Kjølnes i Porsgrunn kommune.

Flomsonekart er utarbeidet for 200-årsflom inkludert klimapåslag for vassdragsstrekningen. Det finnes flere bruer som krysser elva på strekningen langs planområdet, som fører til noe oppstuvning av vannstanden oppover i elva ved en 200-årsflom. Simuleringene viser dog at oppstuvningen ikke gir noen betydelig endring av flomsonens utbredelse innenfor planområdet.

Sensitivitetsanalyser viser at beregningene, og flomsonens utbredelse er sensitive for økt vannføring og flomtoppens varighet, og mindre sensitive for økt ruhet og vannstandsendringer i Porsgrunnselva.

For planlegging og bruk av resultatene som presenteres på flomsonekartet anbefales en sikkerhetsmargin på 40 cm.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn for flomsonekartleggingen	5
1.2	Avgrensning av prosjektet	5
<b>2</b>	<b>Metode og data</b>	<b>7</b>
2.1	Hydrologiske data og flomberegninger	7
2.2	Topografiske data	9
2.2.1	<i>Terrengmodell</i>	9
2.2.2	<i>Oppmåling av bruer</i>	9
2.2.3	<i>Kalibreringsdata</i>	9
<b>3</b>	<b>Hydrauliske beregninger</b>	<b>10</b>
3.1	Modelloppsett	10
3.2	Grensebetingelser	10
3.3	Spesielt om bruer	11
3.4	200-årsflom med klimapåslag, forklaring og kommentarer	11
3.5	Vannhastighet	12
3.6	Sensitivitetsanalyse	12
3.6.1	<i>Kontrollberegning med og uten brudekker</i>	12
3.6.2	<i>Kontrollberegning med økt ruhet</i>	13
3.6.3	<i>Kontrollberegning med økt vannføring</i>	13
3.6.4	<i>Kontrollberegning med økt nedstrøms vannstand</i>	13
3.6.5	<i>Kontrollberegning med senket nedstrøms vannstand</i>	13
3.6.6	<i>Kontrollberegning med 200-års stormflo og middelflom i elva</i>	13
<b>4</b>	<b>Oppsummering og kommentarer vedrørende usikkerhet</b>	<b>14</b>
4.1	Flomsonen	14
4.2	Hydrauliske beregninger	14
4.3	Andre faremoment i området	15
4.4	Oppsummering	15
<b>5</b>	<b>Flomsonekart</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>18</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for flomsonekartleggingen

I forbindelse med reguleringsarbeid med oppdrag "Knutepunkt Porsgrunn" er det utarbeidet en flomsonekartlegging for områdene ved utløpet av elva Leirkup, ved Kjølnes i Porsgrunn kommune.

Flomsonekartleggingen skal legges til grunn for videre arbeid med regulering av området. I analysene, og ved presentasjon av resultater er det derfor tatt utgangspunkt i planområdet, mens områder utenfor planområdet i mindre grad er kommentert.

## 1.2 Avgrensning av prosjektet

Hydrauliske modeller og tilhørende resultatkart er utarbeidet for strekningen fra utløpet av elva Leirkup (nedenfor Bru 1 vist i Figur 1), til området ved brua for *Kjølnes Ring* (ovenfor Bru 9 vist i Figur 1) like oppstrøms Porsgrunnshallen / Universitetet i Sørøst-Norge.

Resultatene som beskrives i det etterfølgende viser beregnede vannstander i Leirkup, basert på flomberegningen for denne elva. Det er ikke gjort detaljerte simuleringer av mindre sidebekker og eventuelle kulverter, stikkrenner, overvannsanlegg etc. som er forbundet med elva. Videre er det her kun vurdert flom og tilhørende flomvannstander. Evt. følgeskader, som erosjon, skred med mer er ikke vurdert eller kommentert. Det er også i analysene forutsatt at elveløp og bruer er frie for is og drivgods eller andre tilstoppinger.



Figur 1: Oversiktskart, analysestrekning

## 2 Metode og data

### 2.1 Hydrologiske data og flomberegninger

Flomberegninger er utført for elva av Norconsult i 2022 (se egen rapport). Rapporten presenterer følgende flomvannføringer for elva Leirkup, ved utløpet i Porsgrunnselva:

Gjentaksintervall	q (l/s/km <sup>2</sup> ) Døgnmiddel	Q (m <sup>3</sup> /s) Momentanflom
Middelflom	260	36
20-årsflom	440	61.5
200-årsflom	625	87.5
200-årsflom inkl. 30% klimapåslag	813	113.5

I tillegg til flomvannføringene i elva Leirkup vil høye vannstander Frierfjorden påvirke vannstandene i elva Leirkup. NVEs flomsonekartlegging av Skiensvassdraget (NVE, 2004) viser at det er høye vannstander i Frierfjorden som gir de høyeste vannstandene ved utløpet av Leirkup for gjentaksintervall > 10 år. Det fremkommer ikke klart av rapporten til NVE hvilke vannstander som er lagt til grunn i Fjorden ved en 10-årsflom i Porsgrunnselva. Men for 10-årsflommen vises en vannstandsøkning fra Gunnklevfjorden (en liten fjordarm om lag 1 km oppstrøms utløpet i Frierfjorden), til utløpet av Leirkup på ca. 8 cm. Ved en middelflom i Porsgrunnselva, basert på NVEs rapport, forventes denne vannstandsøkningen å være mindre.

Det bemerkes her spesielt at NVEs flomsonekartlegging er fra 2004, og inneholder ikke klimapåslag som det etter dagens praksis er vanlig å vurdere/inkludere.

Om en, litt forenklet, legger til grunn 20% økning av middelflommen benyttet av NVE i 2004, gir dette en flomvannføring på ca. 950 m<sup>3</sup>/s. Dette er fremdeles godt under 10-årsflommen som er beregnet i 2004 på ca. 1120 m<sup>3</sup>/s. En "grov" kontroll, basert på en 2D-simulering der vannstanden i Frierfjorden er satt til kote 1,2 m.o.h., og vannføringen i Porsgrunnselva er satt til 950 m<sup>3</sup>/s viser en vannstandsøkning på ca. 6 cm ved utløpet av Leirkup.

Vannstandsøkningen fra Frierfjorden til utløpet av Leirkup vil sannsynligvis, basert på argumentasjonen over, være liten. Vi har derfor valgt å benytte nivåer for stormflo i Frierfjorden som nedstrøms grense i den hydrauliske modellen. Verdiene som presenteres på [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no) er vist i Figur 3. Ekstremverdiene som gjelder for TEK 10/17 er oppgitt direkte i figuren. For klimajustering av høyvann med 1 års gjentaksintervall har vi benyttet middelveien (også fra [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no)) til utslippsscenario *Høyt utslipp* (RCP8.5) ved årstall 2100 som angitt i Figur 2. Med tillegget på 39 cm, avrundet til nærmeste desimeter som anbefalt på [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no), gir dette en klimajustert verdi for høyvann med 1 års gjentaksintervall på 1,2 m.o.h ved utløpet av Leirkup.

Utslippsscenarioer	2041 — 2060	2081 — 2100	Årstall 2100
Redusert utslipp (RCP4.5)	7 cm (-7 — 20 cm)	15 cm (-10 — 39 cm)	16 cm (-12 — 44 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	10 cm (-4 — 24 cm)	32 cm (3 — 61 cm)	39 cm (5 — 72 cm)
Lavt utslipp (RCP2.6)	6 cm (-9 — 20 cm)	8 cm (-17 — 31 cm)	8 cm (-20 — 36 cm)

Figur 2: Økning i havnivå for Porsgrunn fra [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no)



Figur 3: Tidevannstabell for Porsgrunn, med ekstremmer fra [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no)

## **2.2 Topografiske data**

### **2.2.1 Terrengmodell**

Som grunnlag for modellering er det benyttet siste tilgjengelige laserdata fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no). Laserdata er oppgitt med oppløsning 5 pkt/m<sup>2</sup> fra 2016, NN2000. Det finnes to sett med data, ett som dekker hele analyseområdet, men som ikke viser elvebunnen, og ett der det er benyttet laser som i større grad også fanger opp elvebunnen. Disse datasettene er slått sammen, og områdene der elvebunnen ikke er scannet er skjønnsmessig senket med ca. 1 m (dvs. til kote – 1 m.o.h.). Dette nivået er et estimat for bunnen av elva basert på observasjoner utført på befaring.

Fylkesveg 32 stod ferdig i 2018, og denne, samt tilhørende bru (Bru 5 vist i Figur 1) som krysser elva, er med dette ikke med i laserscannen fra 2016. Det finnes en bildematchingsscan fra 2021 som fanger opp terrenget, men scanningen er mindre brukbar da den inneholder en god del støy i form av kjøretøy, vegetasjon og lignende. Vi har filtrert ut et representativt punktgrunnlag for veien og brua fra 2021 scanningen, som er kombinert med linjer fra kartdata, og satte dette sammen med scanningen fra 2016.

### **2.2.2 Oppmåling av bruer**

Det er 9 bruer på analysestrekningen. Lysåpningen på disse er oppmålt på befaring, og kombinert med nivåer fra topp bru fra laserdata. Pilarer og brukar fra brutegninger er også hensyntatt der disse har vært mulig å fremskaffe.

### **2.2.3 Kalibreringsdata**

Det finnes ingen målinger av vannstand/vannføring i elva Leirkup (noe som for øvrig svært ofte er tilfelle for mindre elver og bekker). Følgelig er ikke den hydrauliske modellen kalibrert mot observerte data.

## 3 Hydrauliske beregninger

### 3.1 Modelloppsett

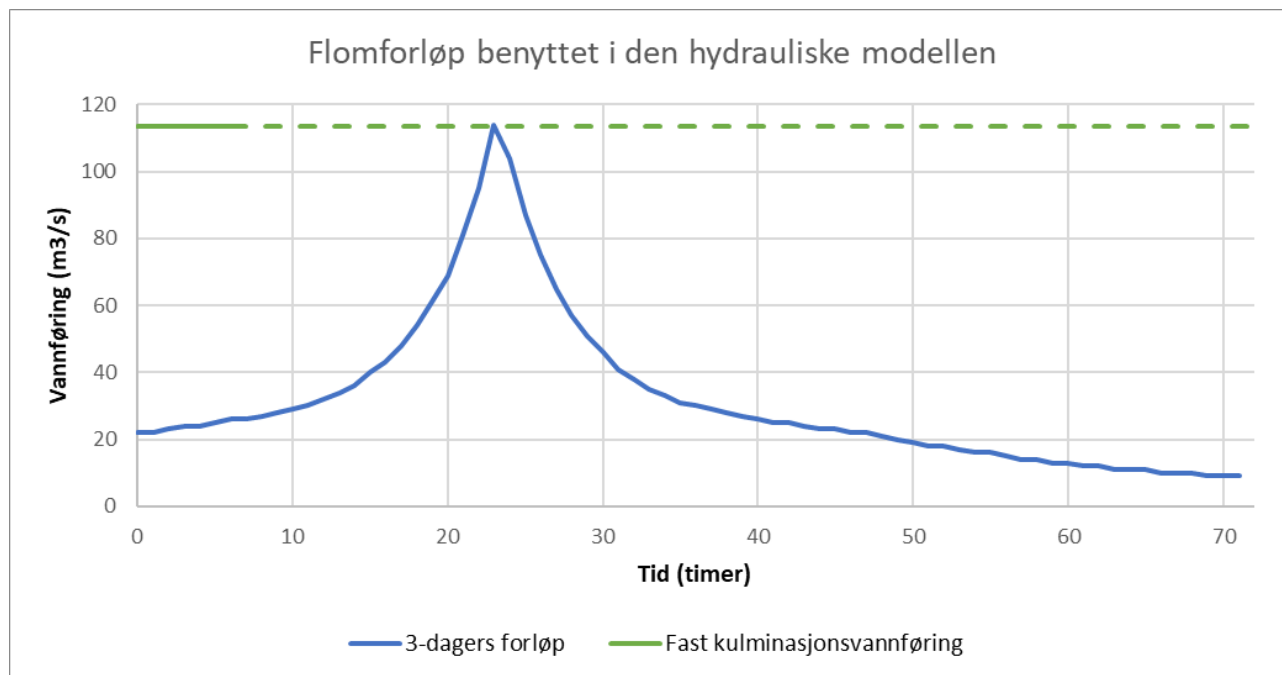
Simuleringene er utført i programmet HEC-RAS, ver. 6.2. Simuleringene er utført som 2D-simuleringer, med et rutenett med cellestørrelse 3x3 m.

Ruhet/Mannings-tall er lagt inn som et rutenett basert på kartverkets arealressurskart. Områdene som får vanddekning ved beregning av flomsone, med tilhørende benyttet Mannings n (M i parentes) er listet opp under:

- Elva,  $n=0,035$  (29)
- Områder med skog/vegetasjon,  $n=0,1$  (10)
- Samferdsel/veger,  $n=0,015$  (67)
- Åpne områder og jordbruksareal,  $n=0,05$  (20)
- Bebygde områder,  $n=0,1$  (10)

### 3.2 Grensebetingelser

Som oppstrøms grensebetingelse er det benyttet 200-års vannføring. Øvre grense i modellen er lokalisert ved "Slottsbru" om lag 3 km oppstrøms utløpet av Leirkup, og om lag 1,5 km oppstrøms området hvor flomvannstander skal vurderes. Det er benyttet kulminasjonsvannføring på 113,5 m<sup>3</sup>/s, kjørt over 6 timer slik at tilnærmet den samme vannføringen oppnås ved utløpet av elva. Det er også simulert et alternativ der det er laget et 3 dagers flomforløp basert på døgnmiddelflommen og kulminasjonsvannføringen for 200-årsflom med klimapåslag fra flomberegningen. Benyttede øvre flomvannføringer i øvre grensebetingelse er vist i Figur 4.



Figur 4: Flomvannføringer 200-årsflom, øvre grensebetingelse i den hydrauliske modellen

Som nedstrøms grensebetingelse er det benyttet fast vannstand kote 1,2 m.o.h. i Porsgrunnselva.

Øvrige simuleringsalternativer er beskrevet under avsnittet som beskriver sensitivetsanalyser.

### 3.3 Spesielt om bruer

I den benyttede underliggende terrengmodellen er brukarene lagt inn som en del av terrenget (fra laserdata og oppmåling på befaring), og brudekker og evt. pilarer er lagt inn som hydrauliske konstruksjoner/bruer direkte i 2D-modellen.

### 3.4 200-årsflom med klimapåslag, forklaring og kommentarer

Elva Leirkup er slak og har svært lite fall gjennom analysestrekningen. Vannstanden i Porsgrunnselva/fjorden står inn i Leirkup ved tørrvær/ingen avrenning fra nedbørsfeltet. Simuleringene med 200-årsflom viser underkritisk strømning i elva i hele analyseområdet (dog nærmere kritisk gjennom brua ved utløpet i Porsgrunnselva). Vannstandene ved flom i Leirkup vil med dette være påvirket av vannstanden i Porsgrunnselva/fjorden.

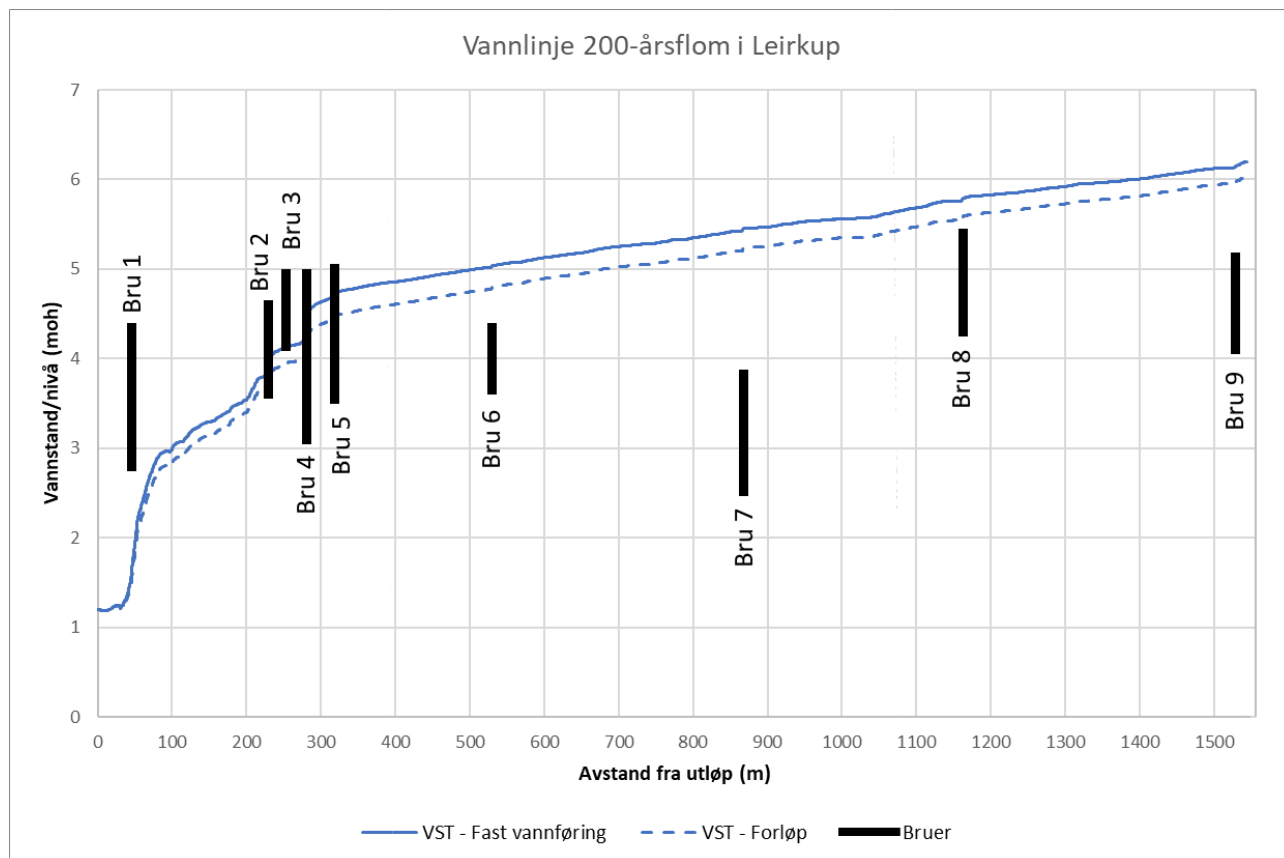
Den smalere nedre delen, ca. 350 m fra utløpet har 5 bruer (Bru 1-5 vist i Figur 1) som krysser elva. Ingen av disse vises overtoppet/oversvømt ved 200-årsflommen, men flomvannstanden står høyere enn underkanten av alle bruene med unntak av den nederste delen ved utløpet i Porsgrunnselva.

Bruene og det, relativt sett, smalere elveløpet gir noe oppstuvning som forplanter seg oppover elva og fører til at gangbruene oppstrøms oversvømmes.

Flomslettene langs elva er brede og flate. Små vannstandsendringer vil derfor gi utslag i flomsonens utbredelse. Ved simulering med fast kulminasjonsvannføring (113,5 m<sup>3</sup>/s) i 6 timer viser modellen mellom ca. 15 og 25 cm høyere vannstand i elva, enn kjøringen der vannføringen er lagt inn som et forløp. Flomtoppen (maksimal vannføring) ved utløpet i Porsgrunnsfjorden vises i modellen om lag 7 m<sup>3</sup>/s (6-7%) lavere ved simuleringen med forløp sammenlignet med fast vannføring over 6 timer. Flomtoppens varighet er kortere i simuleringen med forløp, noe som gjør at et noe mindre område på flomslettene blir utsatt før flommen trekker seg tilbake.

Både i simuleringen med fast vannføring og forløp vises områdene ved universitetet berørt, samt deler av bebyggelsen på sørsiden av elva ved Gimlevegen/Bjørkealeen/Gjerpensgata (like sør for Bru 7 vist i Figur 1).

I simuleringen med forløp renner det ikke vann ut av elva mot bebyggelsen på nordsiden oppstrøms brua for fylkesvegen (Bru 5 vist i Figur 1), mens i simuleringen med fast vannføring over 6 timer vises områdene mellom Sørligata og Dr. Munks gate berørt. Vannstanden som vises i disse områdene er i størrelsesorden ca. 5-20 cm, med enkelte lavpunkt som gir en noe større dybde. Vannhastighetene som vises i disse områdene er mindre enn 0,5 m/s i enkelte steder der vannet strømmer i/langs veiene, men ellers svært lave/tilnærmet 0 m/s.



Figur 5: Vannlinje/vannstand midt i elva for 200-årsflom, for simuleringer med både fast vannføring og forløp. Bruene er vist med omtrentlig underkant og overkant bru

### 3.5 Vannhastighet

Ved simulering av 200-årsflom med klimapåslag vises maksimale hastigheter på mellom 1 m/s og 1,5 m/s i elva oppstrøms jernbanen/Fylkesvei 32. Bruene og tilhørende smalere elveløp fra jernbanen/fylkesveien til brua ved utløpet i Porsgrunnselva øker hastighetene til maksimalt mellom ca. 1,5 m/s og 2,6 m/s. Gjennom brua ved utløpet i Porsgrunnselva vises den største hastigheten i analyseområdet på maksimalt ca. 4,1-4,2 m/s.

### 3.6 Sensitivitetsanalyse

Det er utført kontrollberegninger der det er endret noe på forutsetningene som er valgt, for på denne måten å si noe om hvor robuste beregningene er, samt å komme frem til en fornuftig sikkerhetsmargin/påslag for vannstandene som presenteres i kartet. Kontrollene er presentert nedenfor.

#### 3.6.1 Kontrollberegning med og uten brudekker

Beregninger med bruene lagt inn direkte i modellen kan skape instabiliteter som forstyrrer resultatene. Det er derfor utført en kontroll der kun brukarene, og ikke brudekkene er lagt inn i modellen.

Beregning uten brudekker, kun brukar som en del av terrengmodellen, viser en reduksjon i vannstanden (sammenlignet med beregningen der bruene er lagt inn som konstruksjoner i modellen) på om lag 25 cm ved

fylkesvegen (Bru 5 vist i Figur 1), og gradvis avtagende ned mot en reduksjon på om lag 8-10 cm ved brua oppstrøms universitetet (Bru 9 vist i Figur 1).

Uten brudekkene blir flomsonen tilnærmet lik som simuleringen med brukar der det er benyttet et 3-dagers forløp for flommen (og ikke fast vannføring over 6 timer)

### **3.6.2 Kontrollberegning med økt ruhet**

Da det ikke finnes kalibreringsdata er det gjort en simulering der ruheten i modellen, Mannings n, er økt med 20%. Ved simulering med 20% økt Mannings n viser modellen en vannstandsøkning i elva på mellom ca. 10 og 18 cm.

Dette gir en økning i flomsonens utbredelse på både sørsiden og nordsiden av elva.

### **3.6.3 Kontrollberegning med økt vannføring**

Flomvannføringen for en 200-årsflom inkl. 30% klimapåslag, simulert med kulminasjonsvannføringen over 6 timer er i utgangspunktet en konservativ tilnærming. En videre økning av vannføringen på 20% kan synes i overkant konservativt, og er her kort medtatt for å undersøke hvor sensitiv simuleringen er for økte vannføringer.

20% økning av kulminasjonsvannføringen, kjørt over 6 timer, gir en vannstandsøkning på om lag 40 cm i elva, med store konsekvenser for flomslettene, spesielt med tanke på økt vannstand/oversvømte områder på nordsiden av elva.

### **3.6.4 Kontrollberegning med økt nedstrøms vannstand**

For å undersøke effekten av en noe høyere vannstand i nedstrøms ende av modellen er det utført en kontrollberegning der vannstanden er økt med 10 cm, til kote 1,3 m.o.h. i Porsgrunnselva/fjorden. Simuleringen viser at det i praksis ikke er vannstandsendringer (< 1 cm) oppstrøms brua ved utløpet (Bru 1), sammenlignet med beregningen der initialvannstanden i nedstrøms ende er satt til kote 1,2 m.o.h.

### **3.6.5 Kontrollberegning med senket nedstrøms vannstand**

Ved å senke vannstanden til kote 0 i Porsgrunnselva/fjorden viser simuleringene ingen endringer av vannstandene i Leirkup ved en 200-årsflom. Bakgrunnen for dette er at strømning ved Bru 1 er nær kritisk. Ved å senke vannstanden nedstrøms brua går strømningen gjennom kritisk ved brua.

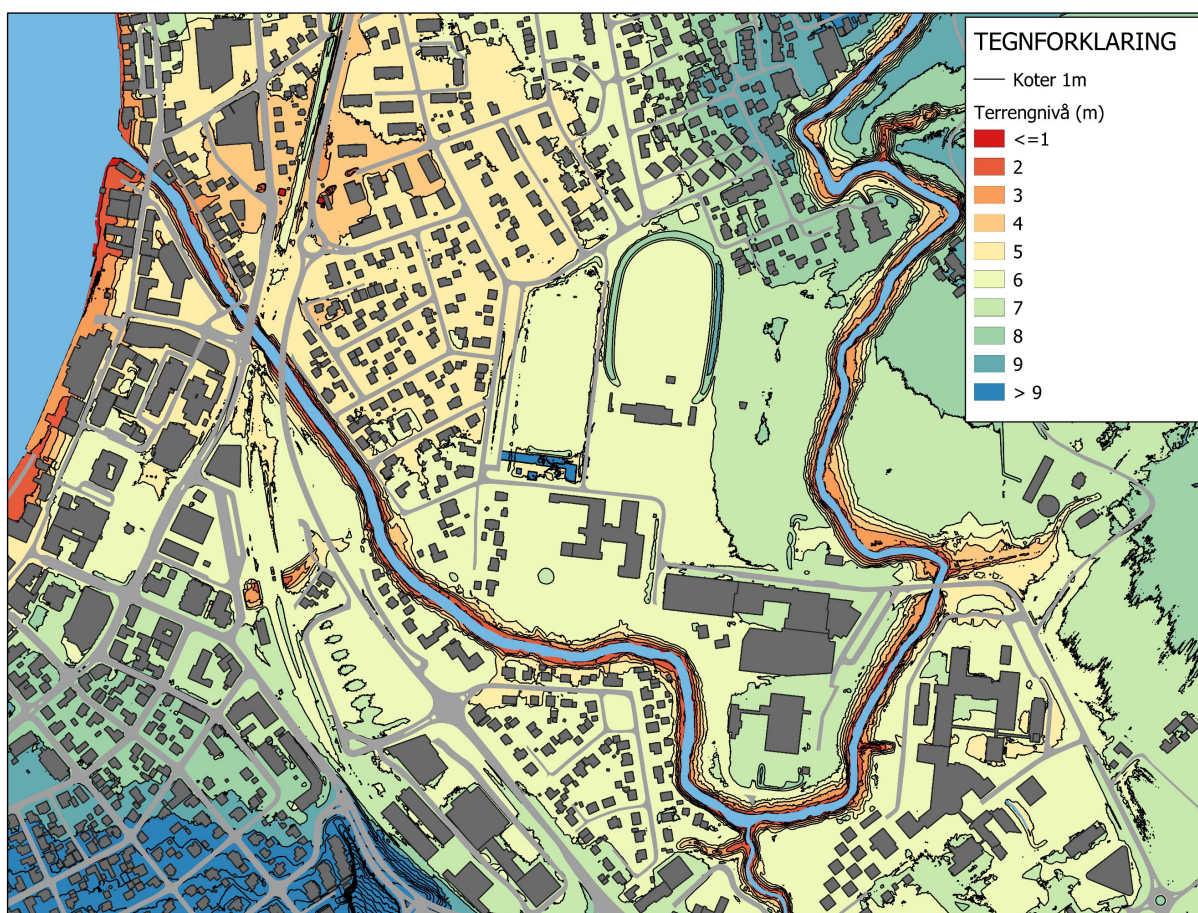
### **3.6.6 Kontrollberegning med 200-års stormflo og middelflom i elva**

200-års stormflo i Porsgrunnselva/fjorden på kote 2,1 m.o.h., i kombinasjon med middelflom i Leirkup (ca. 47 m<sup>3</sup>/s inkl. klimapåslag) gir lavere vannstander enn 200-årsflom i elva i kombinasjon med høyvann med 1-års gjentaksintervall i Porsgrunnselva/fjorden.

## 4 Oppsummering og kommentarer vedrørende usikkerhet

### 4.1 Flomsonen

Områdene langs elva Leirkup er svært flate, og når elva stiger over elvas bredder vil de berørte områdene kunne bli store. Et kart som viser en høydeanalyse av terrenget langs Leirkup er vist i figur 6. I så flate områder kan detaljer i terrenget/terrengmodellen som eksempelvis mindre murer, kantstein, grøfter etc., være av betydning for flomsonen utbredelse. Videre vil også varigheten til flomtoppen/kulminasjonsverdien være av betydning for hvor langt innover på flomslettene som flomsonen vil strekke seg. Selv om flomslettene i liten grad bidrar aktivt til strømmingen i selve elva, vil en beskjeden overtopping av elvebreddene over tid sakte men sikkert "fylle opp" flomslettene, og flomsonen utvide seg, inntil flomtoppen har passert og elva trekker seg tilbake.



Figur 6: Høyder langs Leirkup (elv/sjø er vist med blå farge og inngår ikke i høydeanalysen)

### 4.2 Hydrauliske beregninger

Det vil alltid være usikkerheter forbundet med resultater fra en hydraulisk modell, og spesielt der det ikke har vært mulig å kalibrere modellen. Simuleringene viser at bruene på strekningen som er analysert i varierende grad vil bli berørt, og føre til oppstuvninger. Dette introduserer også en usikkerhet i beregningsresultatene.

Beregningsresultatene er avhengig av en underliggende terrengmodell, som ligger til grunn for hvordan vannet strømmer i modellen. Den siste modellen vi har hatt tilgang til er fra 2016, og terrenget er endret

siden den tid i form av etableringen av en ny fylkesveg som krysser analysestrekningen. Selv om den nye vegen er lagt inn basert på kart og en bildematchingsmodell fra kartverket/hoydedata.no, er eksakte terrengnivåer i disse områdene usikre.

Videre er det også en usikkerhet knyttet til faktiske bunnforhold i elva Leirkup, da kun deler av strekningen er utført med grønn laser, som fanger opp elvebunnen. Områdene der elvebunnen er scannet er ikke fullstendig (flekvis datagrunnlag, med manglende "hull"), slik at det har vært nødvendig å gjøre manuelle tilpasninger/justeringer for å komme fram til et beste estimat for bunnen i elva.

I simuleringene er det forutsatt at terrenget ikke endrer form på grunn av is, skred, utglidninger etc., og at alle bruer er frie for tilstopninger. Under en stor flom i elva vil ikke dette nødvendigvis være tilfelle, men det er svært vanskelig å hensynte slike endringer i forbindelse med en ordinær kartlegging av flomsone.

### **4.3 Andre faremoment i området**

I denne rapporten er det utelukkende vurdert flomvannstander i elva. Andre faremomenter og følgeskader som resultat av flom i elva er ikke vurdert. Slike følgeskader kan være erosjon, massetransport, tilstopping/blokkering av bruer og elveløp, skred med mer.

Det bemerkes at det langs Leirkup er påvist soner med kvikkleire med høy faregrad, og på Porsgrunn kommunes hjemmeside informeres det (09.02.2022), at NVE gjennomfører utredning av disse sonene for å kartlegge reel faregrad. Evt. kvikkleireproblematikk knyttet opp mot flom er ikke vurdert i denne rapporten.

### **4.4 Oppsummering**

De hydrauliske simuleringene av Leirkup viser at det er en 200-årsflom i kombinasjon med 1-års høyvann i Porsgrunnselva/fjorden som gir de høyeste vannstandene i Leirkup. Bruene som krysser elva vil trolig gi noe oppstuvning, men simuleringene viser at dette ikke gir vesentlig endringer av flomsoneens utbredelse i områdene som dekkes av planområdet.

Sensitivitetsanalysene viser at beregningene, og flomsoneens utbredelse er sensitive for økt vannføring og flomtoppens varighet, og mindre sensitive for økt ruhet og vannstandsændringer i Porsgrunnselva.

For planlegging og bruk av resultatene som presenteres på flomsonekartet anbefales en sikkerhetsmargin på 40 cm.

## 5 Flomsonekart

Flomsonekartet er vedlagt til slutt i rapporten. I det vedlagte flomsonekartet vises flomsoneen til en 200-årsflom i Leirkup med klimapåslag i området for planområdet til "Knutepunkt Porsgrunn". I kartet er det forutsatt at bruene skaper noe oppstuvning i elva, og at vannstanden i Porsgrunnselva/fjorden er på kote 1,2 m.o.h.

## **6 Vedlegg**

1. Flomsonekart
2. Flomberegning

## 7 Referanser

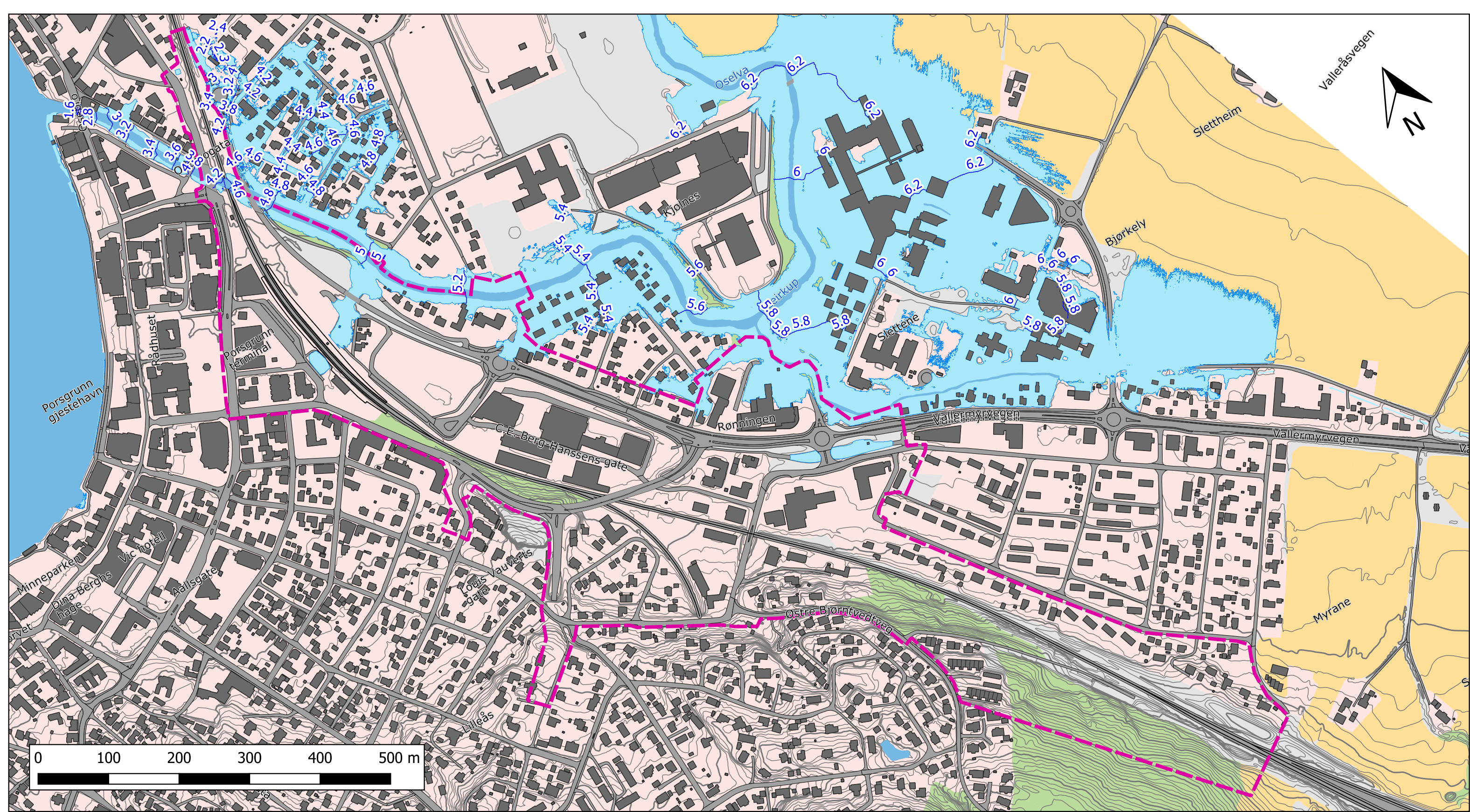
Chow, V. T. (1959). *OPEN-CHANNEL HYDRAULICS*. McGraw Hill Book Company.

Norconsult AS. (2022). *Flomberegning Leirkup*.

NVE. (2004). *Rapport nr 10/2004, Flomsonekart, Delprosjekt Skien*.

US Army Corps of Engineers. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

US Army Corps of Engineers. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System User's Manual Version 5.0*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.



**TEGNFORKLARING**

- Ca. planområde fra kommune kart
- Normalvannstand fra kart
- Flomsone 200-årsflom
- Flomsone vannstand

**HENVISNINGER**

For forklaringer og beregninger, se rapport "Flomsonekartlegging - Leirkup ved utløp"

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

<b>PORSGRUNN KOMMUNE</b>	Målestokk <b>1:5000</b>
<b>Flomsone Leirkup 200-årsflom</b>	
Norconsult	Oppdragsnummer <b>52109618</b>
	Tegningsnummer <b>-</b>

Porsgrunn kommune

# ► Flomberegning

Leirkup

Oppdragsnr.: 52109618 Dokumentnr.: FU300\_2 Versjon: D02 Dato: 2023-05-04



**Oppdragsgiver:** Porsgrunn kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Lars Martin Sørli  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Aleksander Styrvold Kristoffersen  
**Fagansvarlig:** Erlend Brochmann  
**Andre nøkkelpersoner:** Jon Olav Stranden (KS/fagkontroll)

D02	2023-05-04	For godkjenning hos oppdragsgiver	ERBRO	JOS	ASTKR
A01	2022-03-03	For intern kontroll	ERBRO	JOS	ASTKR
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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

Det er utarbeidet flomberegninger for elva Leirkup i Skien og Porsgrunn kommune. Elva har sitt utløp ved Kjølnes i Porsgrunn kommune. I forbindelse med utarbeidelse av en områderegeringsplan med konsekvensutredning for områdene ved jernbanestasjonen i Porsgrunn, er flomstørrelser ved utløpet av elva vurdert for en middelflom (QM), 20-årsflom ( $Q_{20}$ ) og 200-årsflom ( $Q_{200}$ ).

Det er også presentert resultater for 200-årsflom der klimapåslag er lagt til.

Resultatene vi har kommet frem til er representative estimater for flomstørrelser, utarbeidet ved bruk og sammenligning av flere ulike metoder. For Leirkup gir våre analyser følgende estimater:

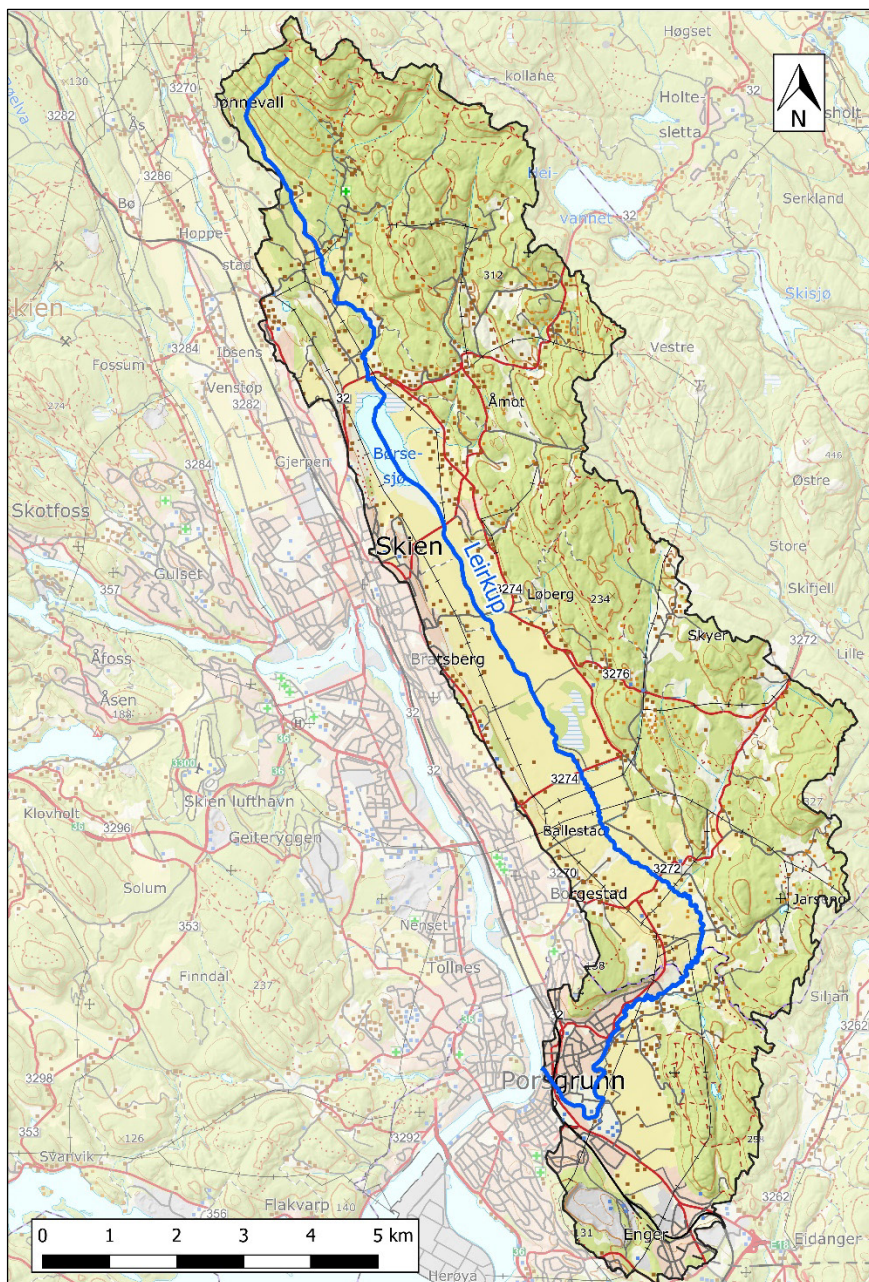
Gjentaksintervall	q (l/s/km <sup>2</sup> ) Døgnmiddel	Q (m <sup>3</sup> /s) Momentanflom
Middelflom	260	36
20-årsflom	440	61.5
200-årsflom	625	87.5
200-årsflom inkl. 30% klimapåslag	813	113.5

# Innhold

<b>1</b>	<b>Feltbeskrivelse</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Flomberegninger</b>	<b>7</b>
2.1	Vurdering av årsavløp	7
2.2	Regionale flomformler, RFFA 2018 og NIFS (nasjonalt formelverk)	7
2.3	Flomsesong	7
2.4	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	8
2.4.1	<i>Observerte flommer</i>	10
2.4.2	<i>Kulminasjonsfaktor</i>	10
2.5	Nedbør-avløpsmodell (PQRUT)	11
2.5.1	<i>Nedbørdata</i>	11
2.5.2	<i>Konsentrasjonstid</i>	13
2.5.3	<i>Resultater</i>	13
2.6	Erfaringstall fra NVE	14
2.7	Endelig valg av flomstørrelser	14
2.7.1	<i>200-årsflom</i>	14
2.7.2	<i>20-årsflom</i>	15
2.7.3	<i>Middelflom</i>	15
2.7.4	<i>Klimapåslag</i>	15
<b>3</b>	<b>Sammenstilling flomstørrelser Leirkup</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Referanser</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>18</b>

# 1 Feltbeskrivelse

Nedbørfeltet til Leirkup ligger i Skien og Porsgrunn kommune, i Vestfold og Telemark fylke, i vassdragsområde 016 *Skiensvassdraget/Langesundfjorden*. Nedbørfeltet er om lag 70 km<sup>2</sup>, og ligger på øst- og nordsiden av Skienselva, Porsgrunn og Skien. Elva Leirkup renner gjennom feltet i omtrentlig nord-sør retning, og bukker seg mot vest før utløpet i Skienselva/Porsgrunnselva like vest for Kjølnes. Et kart som viser nedbørfeltet er vist i figur 1, og tabeller som oppsummerer nøkkeldata for feltet er sammensatt i figur 2 (hentet fra NVEs nedbørfelt og vannføringsindeksanalyse NEVINA).



Figur 1 Nedbørfelt Leirkup

Feltparametere		
Areal (A)	70.0	km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0.34	%
Elvleengde (E <sub>L</sub> )	23.0	km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	15.8	m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	2.2	m/km
Helning	8.3	°
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.4	km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	16.1	km

Arealklasse		
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0	%
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	24.6	%
Myr (A <sub>MYR</sub> )	0.6	%
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	31.9	%
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	55.5	%
Sjø (A <sub>SJO</sub> )	1.0	%
Snau fjell (A <sub>SF</sub> )	0.0	%
Urban (A <sub>U</sub> )	5.0	%
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	13.3	%

Figur 2 Nøkkeldata for nedbørfelt fra NEVINA

Hypsografisk kurve		
Høyde <sub>MIN</sub>	1	m
Høyde <sub>10</sub>	20	m
Høyde <sub>20</sub>	29	m
Høyde <sub>30</sub>	50	m
Høyde <sub>40</sub>	75	m
Høyde <sub>50</sub>	116	m
Høyde <sub>60</sub>	156	m
Høyde <sub>70</sub>	183	m
Høyde <sub>80</sub>	219	m
Høyde <sub>90</sub>	289	m
Høyde <sub>MAX</sub>	549	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q <sub>N</sub> )	15.2	l/s*km <sup>2</sup>
Sommernedbør	407	mm
Vinternedbør	501	mm
Årstemperatur	5.4	°C
Sommertemperatur	12.7	°C
Vintertemperatur	0.2	°C

## 2 Flomberegninger

Flomberegningene for Leirkup skal benyttes i utredning og planlegging, i områdereguleringsplan for Knutepunkt Porsgrunn med konsekvensutredning for områdene rundt jernbanestasjonen og fv. 32 i Porsgrunn. Det er derfor valgt å vurdere flommer med gjentaksintervall middelflom ( $Q_M$ ), 20-årsflom ( $Q_{20}$ ) og 200-årsflom ( $Q_{200}$ ).

### 2.1 Vurdering av årsavløp

NVEs avrenningskart (1961-90) gir et årsmiddeltlig på 15,2 l/(s\*km<sup>2</sup>) for feltet til Leirkup. Denne verdien er imidlertid lav vurdert i forhold til beliggenheten til feltet, med eksponeringen mot fuktig luft fra Skagerrak, og våre erfaringstall for kystnære felt lengre nord. Observasjoner fra nærliggende felt underbygger dette: 12.192 Sundbyfoss  $\approx$  23 l/(s\*km<sup>2</sup>), 15.174 Istreelva  $\approx$  22 l/(s\*km<sup>2</sup>) og 16.154 Brusetbekken  $\approx$  18 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Som et estimat for årsmiddeltliget for Leirkup har vi derfor valgt å legge oss litt høyere enn de observerte verdiene ved Brusetbekken (et mindre felt, med tilsvarende medianhøyde, men som ligger noe mer inn i landet enn Leirkup), men litt lavere enn de observerte verdiene ved Sundbyfoss (tilsvarende avstand til kysten som feltet til Leirkup, men med noe høyere medianhøyde) og Istreelva (et mindre felt, med noe lavere medianhøyde helt ute ved kysten).

Basert på argumentasjonen over, er 21 l/(s\*km<sup>2</sup>) benyttet som årsmiddeltlig for Leirkup i videre analyser.

### 2.2 Regionale flomformler, RFFA 2018 og NIFS (nasjonalt formelverk)

I NVEs veileder for flomberegninger presenteres regionale flomformler og tilhørende flomfrekvensfaktorer (se NVEs veileder for flomberegninger for ytterligere forklaringer). Beregnings/kalibreringsgrunnlaget for disse ligningene begynner å bli utdatert, og ligningene skal også benyttes med forsiktighet for felt med areal < 100 km<sup>2</sup>. Ved bruk av ligningene for høstflom (region H3) og årsflom (region K2), gir ligningene spesifikk 200-årsflom (døgnmiddel) på hhv. 345 l/(s\*km<sup>2</sup>) og 363 l/(s\*km<sup>2</sup>). Med kulminasjonsfaktor 1,6 (beregnet for høstflom i veilederen) gir dette en 200-årsflom (momentanverdi) på hhv. ca. 39 m<sup>3</sup>/s og 41 m<sup>3</sup>/s.

Flomestimer ved RFFA-2018, *Regional flomfrekvensanalyse 2018*, er beregnet med NVEs NEVINA applikasjon. I beregningene er årsmiddeltliget justert til 21 l/(s\*km<sup>2</sup>). Beregningen gir en 200-årsflom (døgnmiddel) på 36 m<sup>3</sup>/s ( $\approx$  515 l/(s\*km<sup>2</sup>)), og en kulminasjonsfaktor på 1,22. Dette gir et estimat for en 200-årsflom (momentanverdi) på ca. 44 m<sup>3</sup>/s. Utskrift fra NEVINA for RFFA-2018 er vedlagt.

Med sitt feltareal på ca. 70 km<sup>2</sup> ligger feltet til Leirkup utenfor gyldighetsområdet til NIFS-ligningssettet (maks. areal for metoden er 50-60 km<sup>2</sup>). Verdier for en 200-årsflom er her kun medtatt som et sammenligningsgrunnlag, uten å vies noe videre vektning ved valg av endelig flomstørrelse. Beregningen ved bruk av NIFS gir en 200-årsflom (momentanverdi) på ca. 65 m<sup>3</sup>/s.

### 2.3 Flomsesong

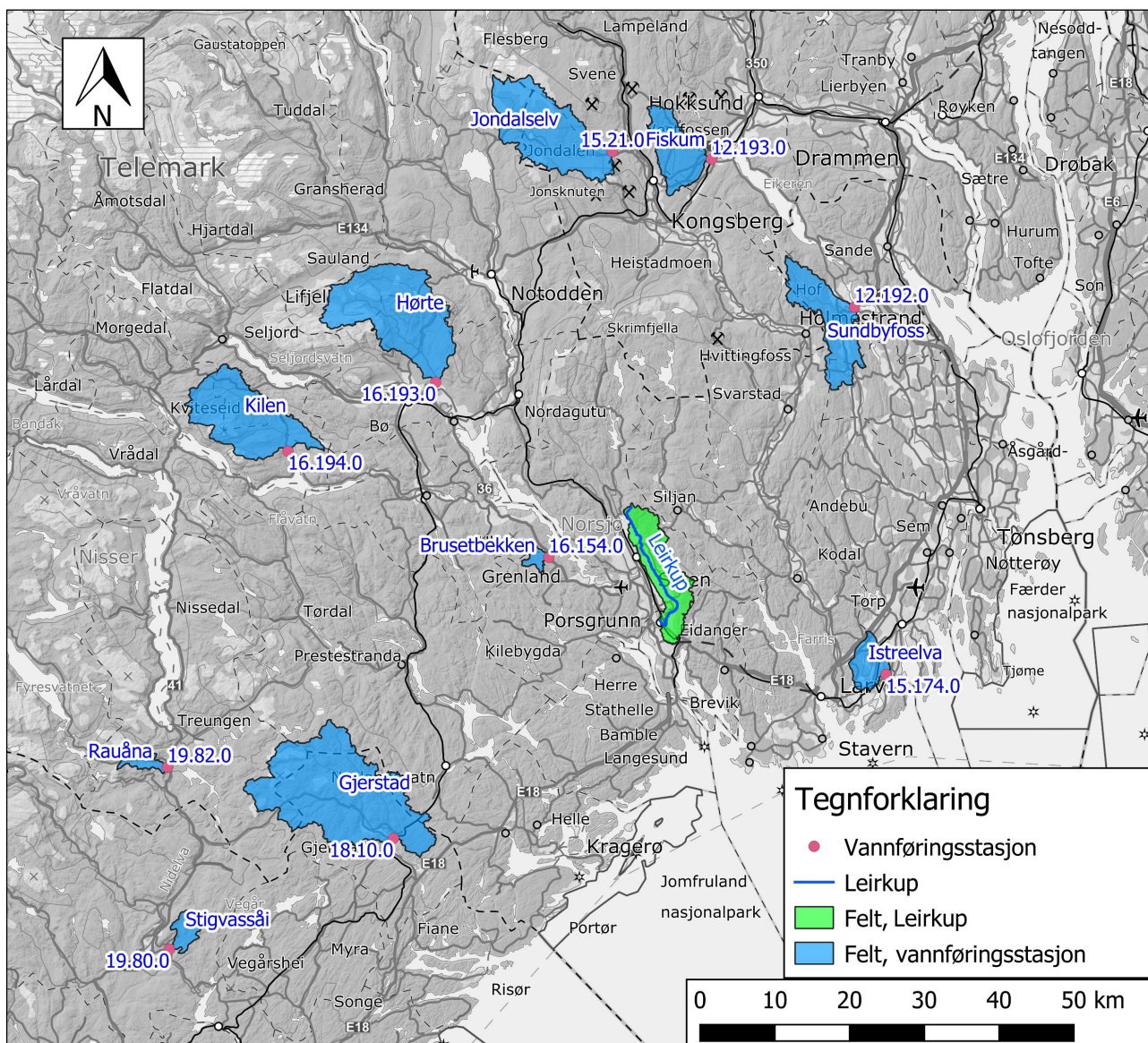
Nærliggende målestasjoner (beskrevet nærmere i avsnitt 2.4) viser at de største årlige vannføringene kan forekomme både i vår- og høstsesongen. Ved 7 av de 10 målestasjonene er det registrert flere årsmaks i høstsesongen (Aug. – Des.) enn i vårsesongen (Jan. – Jul.). Den største observerte og målte vannføringen ved de fleste stasjonene (8 av 10) er også observert og målt i høstsesongen.

Det er utført en kontroll der flomfrekvensanalysen (beskrevet nærmere i avsnitt 2.4) for  $Q_{200}$  er beregnet med sesonginndeling for vår-, høst- og årsflommer. Beregningen viser om lag de samme verdiene for høst- og årsflommer, mens verdiene for vårflommer ligger betydelig lavere.

NVEs overordnede anbefaling er å legge årsflommer til grunn ved flomfrekvensanalyse, da dette er den enkleste tilnærmingen, og som i de fleste tilfeller gir tilfredsstillende og robuste estimater. For målestasjonene vi har benyttet, viser også frekvensanalyse med sesonginndeling ingen betydelig forskjell mellom estimater beregnet for høstflom og for årsflom. Vi har derfor valgt å legge årsflommer til grunn i videre analyser.

## 2.4 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

For å estimere flomstørrelser i feltet til Leirkup er det utført flomfrekvensanalyse av nærliggende og/eller representative nedbørfelt, der vannføringen er målt over mange år. Et kart som viser plassering av felt og målestasjoner er vist i figur 3. Egenskapene til de utvalgte feltene, og resultatene fra flomfrekvensanalysene er vist i tabell 1 og tabell 2. Som et sammenligningsgrunnlag er feltegenskapene til Leirkup vist i tabell 3.



Figur 3 Oversiktsskisse, plassering av utvalgte felt og målestasjoner

Tabell 1 Utvalgte målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalysen

Målestasjon	A (km <sup>2</sup> )	Periode	Høyde (m.o.h.) (min-med-max)	Eff.sjø (%)	Snaufjell (%)	Årsavløp (l/s/km <sup>2</sup> )
12.192 Sundbyfoss*	74.70	1977 -	54-194-625	0.42	0.0	22.4
12.193 Fiskum	51.60	1976 -	80-277-646	0.11	0.0	16.2
15.174 Istreelva	25.60	2007 -	10-36-113	0.03	0.0	22.3
15.21 Jondalselv	126.00	1993 -	229-574-920	0.25	9.4	25.5
16.154 Brusetbekken	7.43	1987 -	64-126-308	0.48	0.0	18.5
16.193 Hørte	157.00	1961 -	96-502-1204	0.27	18.4	30.5
16.194 Kilen	119.00	1962 -	120-491-1070	0.85	9.3	19.8
18.10 Gjerstad	236.00	1980 -	50-313-657	0.19	2.9	29.6
19.80 Stigvassåi	14.50	1972 -	148-263-429	0.24	0.0	27.8
19.82 Rauåna	8.93	1972 -	222-396-760	0.00	1.2	25.4

\*1976-flommen ved Sundbyfoss er utelatt i analysen, da denne har en mistenkelig høy verdi. Ved flomfrekvensanalyse der 1976 flommen er inkludert i analysegrunnlaget, har 1976-flommen et gjentaksintervall som ligger om lag 20% høyere enn en 1000-årsflom. 1976-flommen har en maksimal døgnverdi på 1078 l/s/km<sup>2</sup> 23. okt. Døgnnedbør fra stasjonen Lardal-Hærland (observasjoner fra 1976-2002), som ligger om lag 10 km sør-vest for Sundbyfoss, viser den høyeste verdien målt ved stasjonen i hele måleperioden (77 mm) 15. okt 1976, og også mye nedbør i dagene før og etter maksdøgnet. Selv om det har blitt observert en kraftig nedbørhendelse i samme tidsrom som den store flommen, er det underlig/urealistisk at flomtoppen kommer om lag en uke senere.

Tabell 2 Flomfrekvensanalyse for årsflommer (døgnmiddel) ved de utvalgte målestasjonene

Målestasjon	Ant år	Q <sub>M</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>20</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>200</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>20</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	Fordeling
12.192 Sundbyfoss	44	258	435	608	1.69	2.36	GUMBEL
12.193 Fiskum	45	215	400	650	1.86	3.03	VISUELL
15.174 Istreelva	13	300	521	736	1.74	2.45	GUMBEL
15.21 Jondalselv	27	290	490	685	1.69	2.36	GUMBEL
16.154 Brusetbekken	34	265	469	659	1.77	2.49	GUMBEL
16.193 Hørte	52	336	595	846	1.77	2.52	GUMBEL
16.194 Kilen	57	220	400	610	1.82	2.77	VISUELL
18.10 Gjerstad	40	389	598	802	1.54	2.06	GUMBEL
19.80 Stigvassåi	49	430	810	1250	1.88	2.91	VISUELL
19.82 Rauåna	48	354	593	824	1.68	2.33	GUMBEL
<b>Gjennomsnitt</b>	-	<b>308</b>	<b>539</b>	<b>780</b>	<b>1.76</b>	<b>2.56</b>	-

Tabell 3 Feltegenskaper for nedbørfeltet til Leirkup

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Høyde (m.o.h.) (min-med-max)	Årsavløp (l/s/km <sup>2</sup> )	Eff.sjø (%)	Bre (%)	Snau fjell (%)
Leirkup	70	1-116-549	21	0.34	0	0

Grafer som viser flomfrekvensanalysen ved stasjonene, er vedlagt i vedlegg 2.

### 2.4.1 Observerte flommer

Som et sammenligningsgrunnlag gis det i tabell 4 en oversikt over de største observerte flommene ved målestasjonene som ble undersøkt i forbindelse med flomfrekvensanalysen. "Maks. obs" er den største vannføringen fra målestasjonen (basert på vannføringskurven til stasjonen). Mens "Maks. målt" angir hvor stor vannføring som faktisk er målt (målinger som ligger til grunn for stasjonens vannføringskurve). Kolonnen lengst til høyre angir hvor store vannføringer som faktisk er målt, i forhold til beregnet flomvannføring fra frekvensanalysen.

Tabell 4: Observerte store flommer (døgndata)

Målestasjon	Periode	Obs. år	Obs. dato	Maks. obs. (l/s/km <sup>2</sup> )	Maks. obs. / Q <sub>200</sub>	Maks. målt / maks. obs	Maks. målt / Q <sub>200</sub>
12.192 Sundbyfoss	1977-2020	2015	02-SEP	511	0.84	1.47	1.24
12.193 Fiskum	1976-2020	2015	03-SEP	556	0.86	0.82	0.70
15.174 Istreelva	2007-2020	2015	02-SEP	524	0.71	1.13	0.80
15.21 Jondalselv	1993-2020	2015	03-SEP	614	0.90	1.00	0.89
16.154 Brusetbekken	1987-2021	2015	17-SEP	605	0.92	0.66	0.61
16.193 Hørte	1961-2021	1964	05-AUG	726	0.86	0.40	0.34
16.194 Kilen	1962-2021	1967	05-JUN	552	0.90	1.29	1.16
18.10 Gjerstad	1980-2020	1981	20-SEP	741	0.92	1.11	1.02
19.80 Stigvassåi	1972-2020	1990	06-JUN	1111	0.89	0.79	0.71
19.82 Rauåna	1972-2020	2001	05-APR	756	0.92	0.76	0.69
<b>Gjennomsnitt</b>						0.86	0.80

Som det fremgår av tabell 4 er det både målt og observert høye vannføringer ved de fleste av stasjonene, relativt til Q<sub>200</sub> beregnet i flomfrekvensanalysen. Enkelte stasjoner viser at det er målt høyere vannføringer enn det som er observert ved stasjonen. Forklaringen til dette er at de observerte verdiene i tabell 4 er døgn gjennomsnitt, mens de maksimale målte verdiene er momentanverdier. En kontroll mot knekkpunkts-/momentanverdier for stasjonene viser naturlig nok et noe lavere forholdstall mellom "maks. målt" og "maks. obs."

### 2.4.2 Kulminasjonsfaktor

Flomstørrelsene som er beregnet ved flomfrekvensanalysen er døgnmiddel-verdier. Flomtoppen, eller momentanverdien/kulminasjonsverdien, vil være større enn den gjennomsnittlige maks-verdien i døgnet. For Leirkup er kulminasjonsfaktoren, beregnet med ligning for høstflommer i NVEs veileder for flomberegninger = 1,6. RFFA-2018 gir en kulminasjonsfaktor på 1,22. Beregningen med PQRUT, beskrevet i det

etterfølgende, gir en gjennomsnittlig kulminasjonsfaktor på ca. 2,5. Forklaringen på det høye forholdstallet fra PQRUT er at flomforløpet kun er kjørt over ett døgn.

Ved målestasjonene Fiskum, Istreelva og Jondalselv er den høyeste observerte døgnmiddelverdien og momentanverdien observert i samme døgn (2. og 3. sept. 2015). Kulminasjonsfaktoren for flommen ved disse målestasjonene er hhv. 1,16 (Fiskum), 1,77 (Istreelva) og 1,29 (Jondalselv). Ved Sundbyfoss viser 2015-flommen en kuminasjonsfaktor på ca. 2,2.

En direkte sammenligning av kulminasjonsverdi vs. døgnverdi for et enkelt døgn, kan gi et upresist bilde av reel kulminasjonsfaktor. Det er derfor utført en kontroll med flomfrekvensanalyse basert på knekkpunktsdata fra målestasjonene presentert i avsnitt 2.4 for q200, og sammenlignet disse med verdiene for flomfrekvensanalysen basert på døgnverdier. 9 av de 10 stasjonene gir  $Q_{mom}/Q_{døgn}$  i intervallet 1,2-2,25, med et gjennomsnitt på 1,6 (Sundbyfoss ligger høyest av disse, med 2,25). Rauåna skiller seg ut med  $Q_{mom}/Q_{døgn}$  på 2,9. Da Rauåna har et betydelig mindre feltareal enn Leirkup, har skrinne løsmasser, er blant feltene som ligger lengst unna geografisk, og ligger høyere enn feltet til Leirkup, er det ikke urimelig å utelate dette feltet i vurderingen.

Basert på ligning for høstflommer i NVEs veileder for flomberegninger, ligger alle stasjonene i intervallet 1,44-2,01, med et gjennomsnitt på 1,67. Ved Sundbyfoss ligger  $Q_{mom}/Q_{døgn}$  basert på frekvensanalysene på 2,25, og 1,57 basert på NVEs ligning for høstflommer. Ved Brusetbekken gir flomfrekvensanalysen og ligningen for høstflommer om lag det samme resultatet. Ved Fiskum og Istreelva gir flomfrekvensanalysen lavere verdier enn ligningen for høstflommer.

Da vi vurderer Sundbyfoss som det feltet som best representerer egenskapene til Leirkup, har vi valgt å gå litt opp på kulminasjonsfaktor sammenlignet med verdiene beregnet med NVEs ligning for Leirkup og Sundbyfoss, og gjennomsnittlige verdier for Sunbyfoss, Istreelva, Fiskum og Brusetbekken fra for  $Q_{mom}/Q_{døgn}$  fra frekvensanalysene. Kulminasjonsfaktor 2,0 er lagt til grunn for videre analyser/resultater.

## 2.5 Nedbør-avløpsmodell (PQRUT)

For Leirkup er det også gjort en analyse med nedbør-avløpsmodellen PQRUT for 200-årsflom.

Den beste måten å bestemme modellparameterne til NVEs flommodell PQRUT er ved kalibrering mot observerte data med fin nok tidsoppløsning. Da slike data ikke finnes, er parameterne som inngår i PQRUT beregnet med formelverket i NVEs retningslinjer, basert på feltparametere for nedbørfeltet. Videre finnes to ligningssett for å estimere modellparameterne i PQRUT: Ett fra 1983 og ett nyere fra 2016. Vi har benyttet begge ligningssettene i PQRUT-modellen for Leirkup.

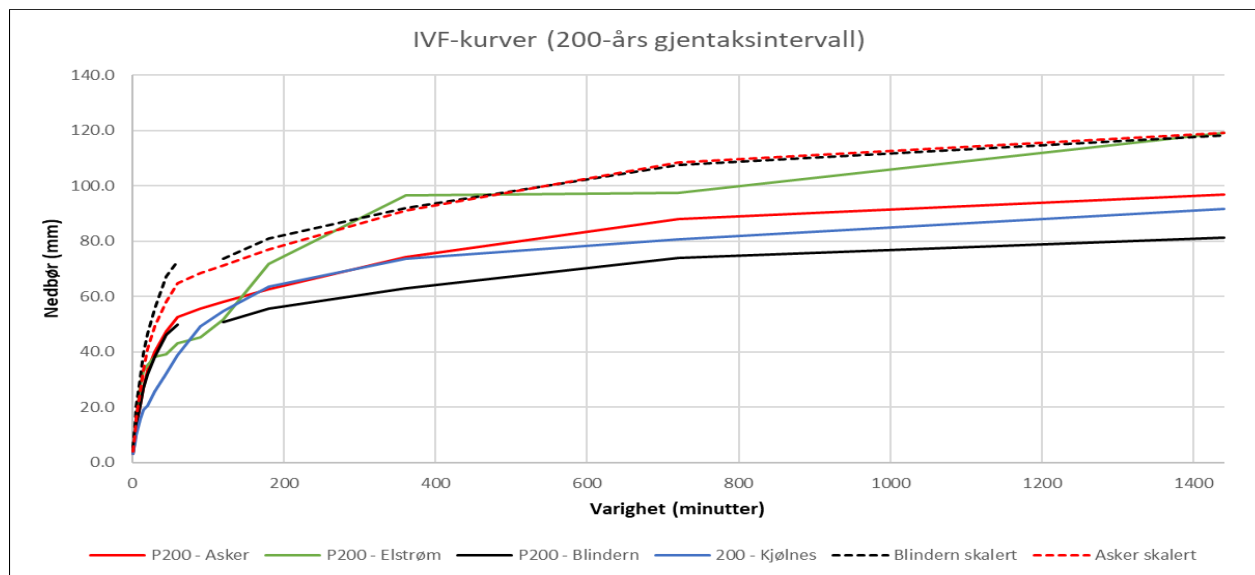
I det etterfølgende redegjøres kort for de viktigste forutsetningene for flomestimatene beregnet med PQRUT. Øvrige forutsetninger, tabeller, datagrunnlag og beregninger er vedlagt.

### 2.5.1 Nedbørdata

Som et utgangspunkt for nedbørdata har vi benyttet IVF-kurvene ved Elstrøm og Kjølnes. Kjølnes ligger plassert om lag ved utløpet av Leirkup, mens Elstrøm ligger om lag på høyde med midten av nedbørfeltet til Leirkup, på vestsiden at Skienselva. Selv om disse målestasjonene ligger relativt nær hverandre geografisk, viser Elstrøm betydelig høyere nedbørverdier. Kurven ved Elstrøm har en ujevn form, med flere sprang og flatere partier, mens Kjølnes har en jevnere og mer gradvis utvikling. Da Elstrøm gir høyest nedbørverdier, har vi valgt å legge disse til grunn ved oppsett av nedbørforløp i PQRUT.

Som en kontroll på verdiene fra Elstrøm, da kurven som nevnt er ujevn/springende, har vi utført en frekvensanalyse på døgn-nedbøren fra nedbørmålerne som ligger til grunn for IVF-kurvene ved Asker, Blindern og Elstrøm. Frekvensanalysen for døgn-nedbør med 200-års gjentaksintervall gir et forholdstall

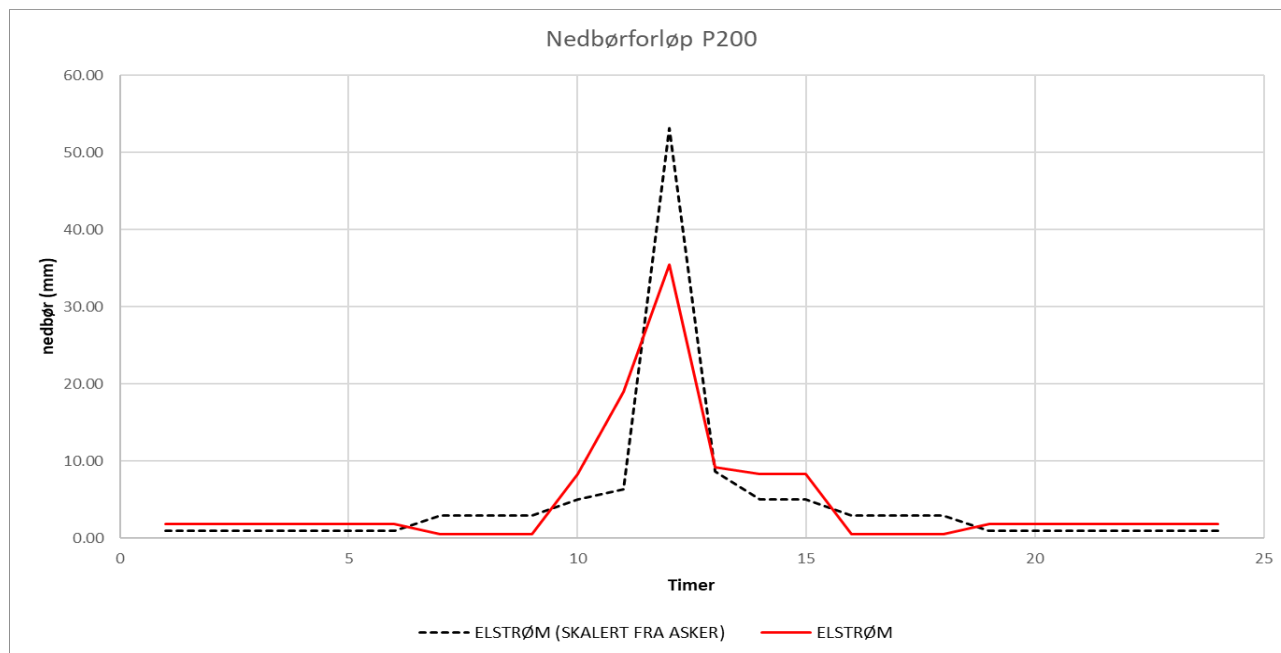
mellom nedbøren ved Elstrøm/Asker  $\approx 1,22$  og Elstrøm/Blindern  $\approx 1,45$ . Ved å multiplisere alle nedbørverdier for ulike varigheter ved Asker og Blindern med disse forholdstallene får vi resultater for 200-års nedbør/IVF-kurve som vist i Figur 4:



Figur 4: IVF-kurver

De skalerte kurvene fra Asker og Blindern gir omtrentlig sammenfallende linjer, spesielt for varigheter lengre enn 2 timer er det god match. Siden den skalerte kurven Asker er sammenhengende, har vi valgt denne som utgangspunkt for oppsett av nedbørforløp til PQRUT.

Nedbørforløpene til PQRUT fra Elstrøm-kurven og den skalerte Asker-kurven er satt opp med maksverdi etter 12 timer, med øvrige varigheter symmetrisk fordelt på totalt 24 timer (alle intensiteter og varigheter fra 1-24 timer fra IVF kurven lagt inn). Da feltet er 70 km<sup>2</sup> stort, har vi også redusert nedbørintensitetene med en arealreduksjonsfaktor for omregning av punktnedbør til arealnedbør. Benyttede nedbørforløp er vist i figur 5.



Figur 5: Nedbørforløp

### 2.5.2 Konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden til feltet er beregnet etter formler gjengitt i Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (NVE, 2015). Det er benyttet følgende ligninger ( $L$ =lengste dreinsveg i feltet [m],  $H$  = høydeforskjell i feltet [m],  $E_{ff}$ . sjø% = effektiv sjøprosent,  $L_F$ = Feltaksens lengde [km],  $V_{avg}$ = anslått gjennomsnittlig vannhastighet [m/s]) :

- $T_{CSVV} = 0,6 * L * H^{-0,5} + 30 * E_{ff}.sjø\%$  [minutter]
- $T_{CPRAG} = L_F / V_{avg}$  [timer]

Ved målte og antatte  $L=20\ 000\ m - 23\ 000\ m$ ,  $H=549\ m$ ,  $E_{ff}.sjø\%=0,34$ ,  $L_F=16,1\ km$  og  $V_{avg}=1,5\ m/s$ , gir ligningene hhv. 8,7 timer, 10,0 timer og 10,7 timer.

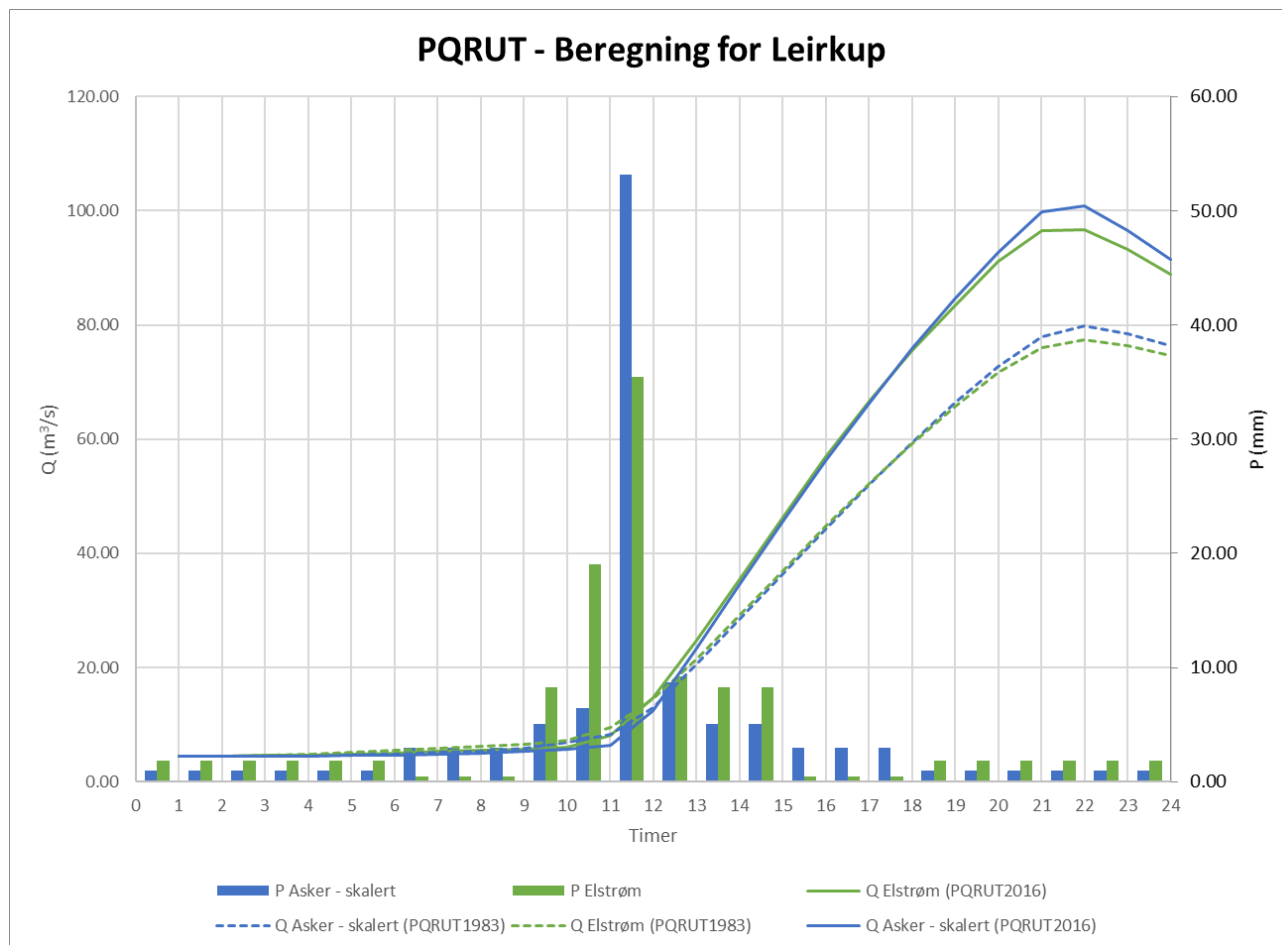
Vi velger 10 timer som konsentrasjonstid for feltet til Leirkup.

### 2.5.3 Resultater

Beregninger med PQRUT gir resultater som vist i Tabell 5 og Figur 6. Benyttede modellparametere er vedlagt.

Tabell 5: Beregningsresultater PQRUT

Nedbørforløp	Modellparametre	Tc (timer)	Q <sub>200</sub> - momentan (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> -døgn (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>200</sub> - momentan (l/s*km <sup>2</sup> )	q <sub>200</sub> -døgn (l/s*km <sup>2</sup> )	Q <sub>mom</sub> /Q <sub>døgn</sub>
Fra Elstrøm	2016	10	97	39	1382	553	2.50
Fra Elstrøm	1983	10	77	32	1105	455	2.43
Fra Asker-skalert	2016	10	101	39	1442	556	2.59
Fra Asker-skalert	1983	10	80	32	1142	456	2.51



Figur 6: PQRUT Leirkup

## 2.6 Erfaringstall fra NVE

NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 2011) gir erfaringstall for døgnmiddelverdier for  $q_{1000}$  (spesifikk 1000-årsflom) for middels store felt (50 - 500 km<sup>2</sup>) på Østlandet (uten klimapåslag). Normalt ligger disse mellom 350-1100 l/s/km<sup>2</sup>, under 500 l/s/km<sup>2</sup> lengst øst, og over 1000 l/s/km<sup>2</sup> aller lengst vest. Ved å anta at forholdet  $Q_{200}/Q_{1000} \approx 0,85$ , gir dette et intervall på ca. 425 – 850 l/s/km<sup>2</sup> for Leirkup (det er da sett bort fra verdier aller lengst øst og vest).

## 2.7 Endelig valg av flomstørrelser

### 2.7.1 200-årsflom

Av målestasjonene som inngår i frekvensanalysen har vi valgt å vektlegge Sundbyfoss, Fiskum, Istreelva og Brusetbekken som mest representative for å estimere flomstørrelsen ved Leirkup. De øvrige feltene ligger betydelige høyere enn Leirkup, og de fleste av disse har også en større andel snaufjell, samt høyere årsavløp enn estimatet for Leirkup. Videre tilhører de tre målestasjonene med høyest døgnmidelestimat for spesifikk 200-årsflom vassdragsområder tilhørende Sørlandet (område 18 og 19) som erfaringsmessig har høyere flomverdier enn feltene på Østlandet (område 1-16). Gjennomsnittet av feltene i frekvensanalysen tilhørende Østlandet for spesifikk 200-årsflom (døgnmiddel) er på 685 l/s/km<sup>2</sup>. Tilsvarende middelverdi for

Sundbyfoss, Fiskum, Istreelva og Brusetbekken er 663 l/s/km<sup>2</sup>. Det nærmeste feltet til Leirkup, Brusetbekken, har en verdi på ca. 660 l/s/km<sup>2</sup>. Feltet, dog betydelig mindre enn Leirkup, ligger et stykke lengre inn i landet. Feltene til Sundbyfoss og Istreelva ligger nærmere kysten, og har spesifikke 200-års døgnmiddelværdier på hhv. 608 og 736 l/s/km<sup>2</sup>. Særlig Sundbyfoss-feltet er likt som Leirkup mhp. feltparametre, selv om årsmiddeltilsiget er 5-10 % høyere.

Fra frekvensanalysen tilsier derfor datagrunnlaget en spesifikk døgnmiddelflom på 625 l/s/km<sup>2</sup>, som er litt under gjennomsnittet til de aktuelle målestasjonene, og litt over Sundbyfoss. Med en kulminasjonsfaktor på 2,0 gir dette en momentanverdi for 200-årsflom for Leirkup på 87,5 m<sup>3</sup>/s.

Verdiene for en 200-årsflom fra RFFA-2018 gir betydelig lavere verdi: Med utgangspunkt i døgnmiddel på 515 l/s/km<sup>2</sup> blir momentanverdien for Leirkup hhv. ca. 44 m<sup>3</sup>/s med momentanfaktor 1,22, og ca. 72 m<sup>3</sup>/s med momentanfaktor 2,0.

Momentanverdiene for 200-årsflom fra nedbør-avløpsmodellen PQRUT ligger i spennet 77-101 m<sup>3</sup>/s, avhengig av hvilke nedbørdata og modellparametere som legges til grunn.

Et anslag for erfaringstall fra NVEs veileder for 1000-årsflom, omregnet til 200-årsflom med momentanfaktor 1,6, gir et intervall på ca. 60 – 119 m<sup>3</sup>/s.

Som et estimat for en 200-årsflom (momentanverdi) i Leirkup velger vi 87,5 m<sup>3</sup>/s. Verdien tilsvarer estimatet fra flomfrekvensanalysen, og omtrentlig gjennomsnittet av verdiene fra PQRUT. Verdien er for øvrig også omtrent middelværdien i erfaringstallene fra NVE.

### 2.7.2 20-årsflom

Flomfrekvensanalysen, med samme argumentasjon som for 200-årsflom, gir en spesifikk døgnerverdi på ca. 440 l/s/km<sup>2</sup>. Med momentanfaktor 2,0 gir dette et estimat for 20-årsflom på 61,5 m<sup>3</sup>/s for Leirkup. Dette gir et forholdstall  $Q_{20}/Q_{200}$  på ca. 0,7. Dette harmonerer godt med forholdstallet i vekstkurven til de regionale flomformlene i NVEs veileder for årsflommer, men ligger høyere enn forholdstallet for høstflommer.

RFFA-2018 gir også for 20-årsflom betydelig lavere spesifikk flomverdi enn flomfrekvensanalysen (ca. 23 m<sup>3</sup>/s), men med et forholdstall  $Q_{20}/Q_{200}$  på ca. 0,72.

Som et estimat for en 20-årsflom (momentanverdi) i Leirkup velger vi å legge til grunn verdien fra flomfrekvensanalysen, 61,5 m<sup>3</sup>/s.

### 2.7.3 Middelflom

Med samme argumentasjon som for 200- og 20-årsflom er middelflom i Leirkup valgt til 260 l/s/km<sup>2</sup>. Med momentanfaktor 2,0 gir dette et estimat på 36 m<sup>3</sup>/s. Forholdstallene  $Q_{20}/Q_m$  og  $Q_{200}/Q_m$  blir med dette hhv. 1,7 og 2,4. Sammenligner vi disse tallene med vekstkurven til de regionale flomformlene ligger disse litt over forholdstallene for årsflommer (K2), men lavere enn forholdstallet for høstflommer (region H3).

### 2.7.4 Klimapåslag

NVEs veileder for klimaendringer og fremtidige flommer i Norge anbefaler minst 20% klimapåslag for felt <100 km<sup>2</sup> i regionen. Ved Elstrøm anbefaler [www.klimaservicesenter.no](http://www.klimaservicesenter.no) 30% påslag på nedbør med varighet >3-24 timer. En kontrollberegning med PQRUT der nedbøren ved Elstrøm økes med 30% gir en økning av avløpet (kulminasjonsverdien) på 31-35 %, avhengig av valg av modellparametere.

For Leirkup velger vi derfor 30% klimapåslag.

### 3 Sammenstilling flomstørrelser Leirkup

I Tabell 6 er resultatene for Leirkup oppsummert:

Tabell 6: Resultater Leirkup

Gjentaksintervall	q (l/s/km <sup>2</sup> ) Døgnmiddel	Q (m <sup>3</sup> /s) Momentan
Middelflom	260	36
20-årsflom	440	61.5
200-årsflom	625	87.5
200-årsflom inkl. 30% klimapåslag	813	113.5

## 4 Referanser

NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger. NVE-rapport 4-2011*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-rapport 7-2015*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

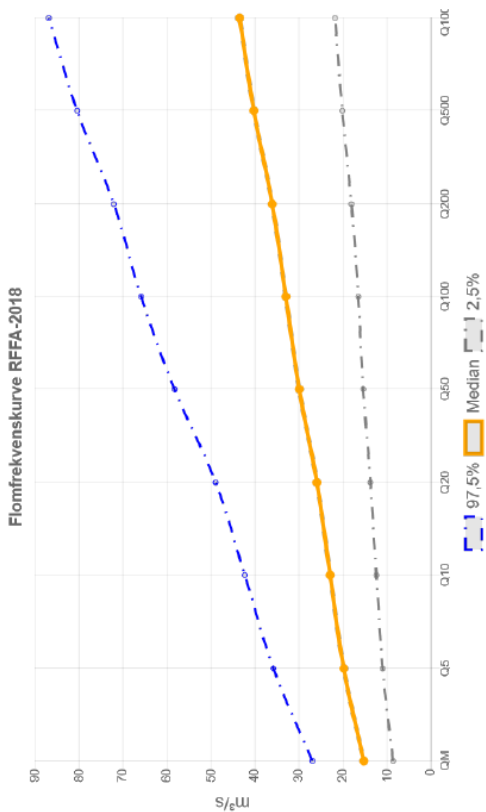
NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger. NVE Veileder nr. 1/2022*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

## 5 Vedlegg

1. RFFA-2018
2. Flomfrekvensanalyse
3. Grunnlag for beregning med PQRUT

Vedlegg 1: RFFA-2018 fra NEVINA



**Regional flomberegning**  
**Vassdragsnr.:** 016.A1Z  
**Kommune.:** Porsgrunn  
**Fylke.:** Vestfold og Telemark  
**Vassdrag.:** Leirkup  
**Nedbørfeltareal:** 70.0 km<sup>2</sup>

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km<sup>2</sup>, 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.klimaservicecenter.no).  
 Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

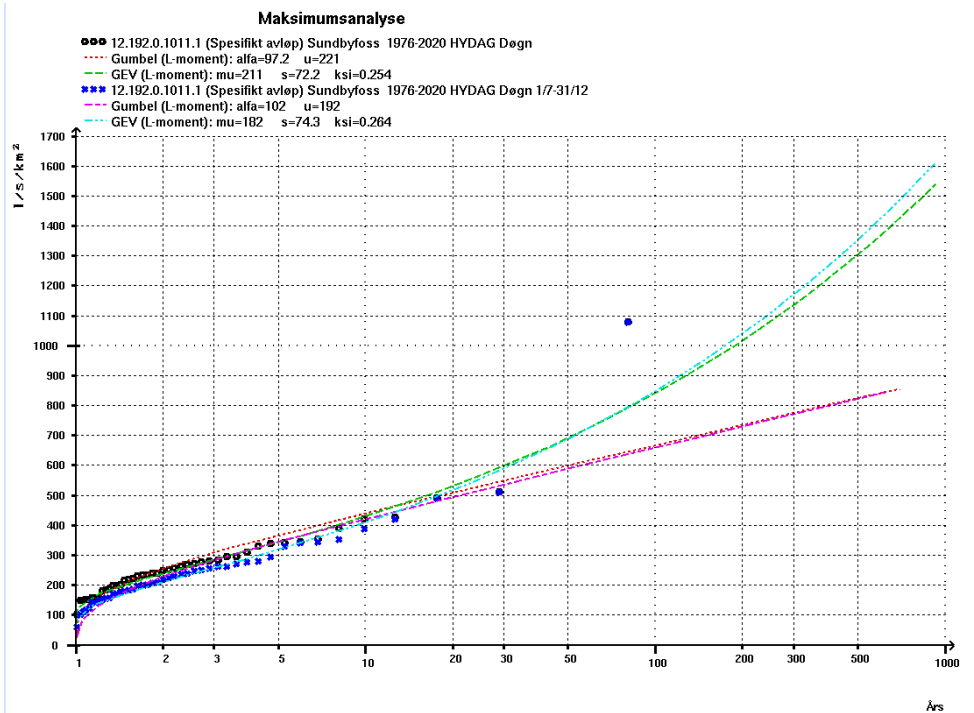
RFFA-2018 (døgnmiddel)												
	Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>300</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>200-klima</sub>		
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.30	1.50	1.70	1.97	2.17	2.37	2.65	2.86	-		
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	15.2	19.7	22.8	25.9	29.9	32.9	36	40.2	43.4	36		
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	26.9	35.7	42.2	48.9	58.2	65.8	72	80.3	86.8	-		
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	8.6	10.9	12.3	13.7	15.3	16.4	18	20.1	21.7	-		
<b>NIFS (kulminasjon)</b>	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km <sup>2</sup>											
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)												
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s												
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s												
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s												

RFFA-2018		NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Døgn -	Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	217 l/s*km <sup>2</sup>	Indeksflom (QM): Middelflom	- l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	0 %	Klimapåslag	- %
Kulminasjonsfaktor	1.22 -	Annnet	
		Tilleggsflom	Nei -

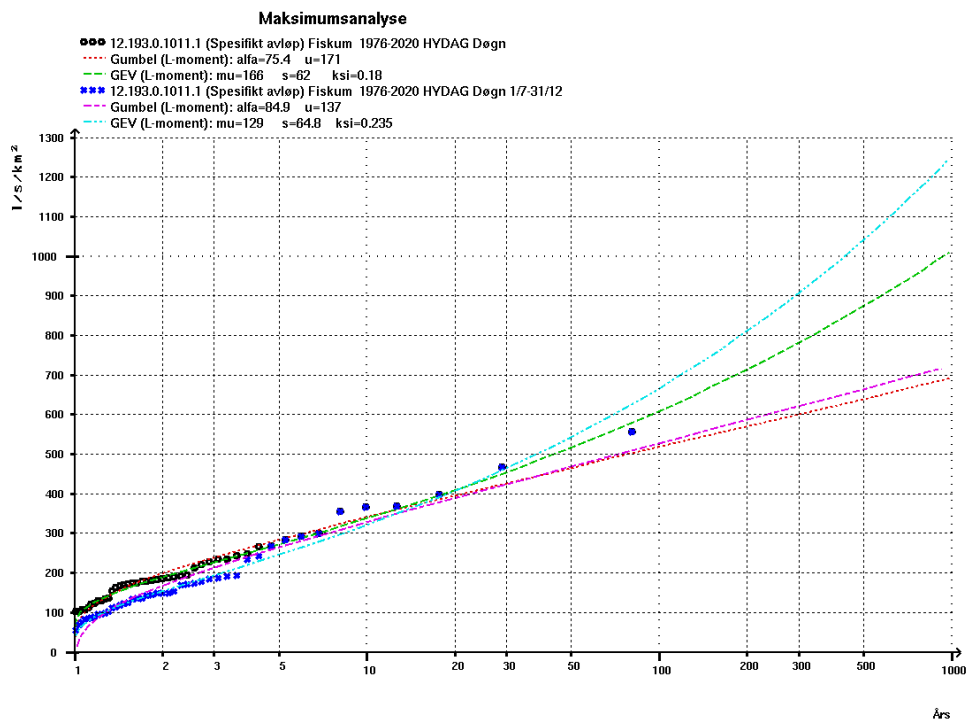
Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Vedlegg 2: Flomfrekvensanalyser

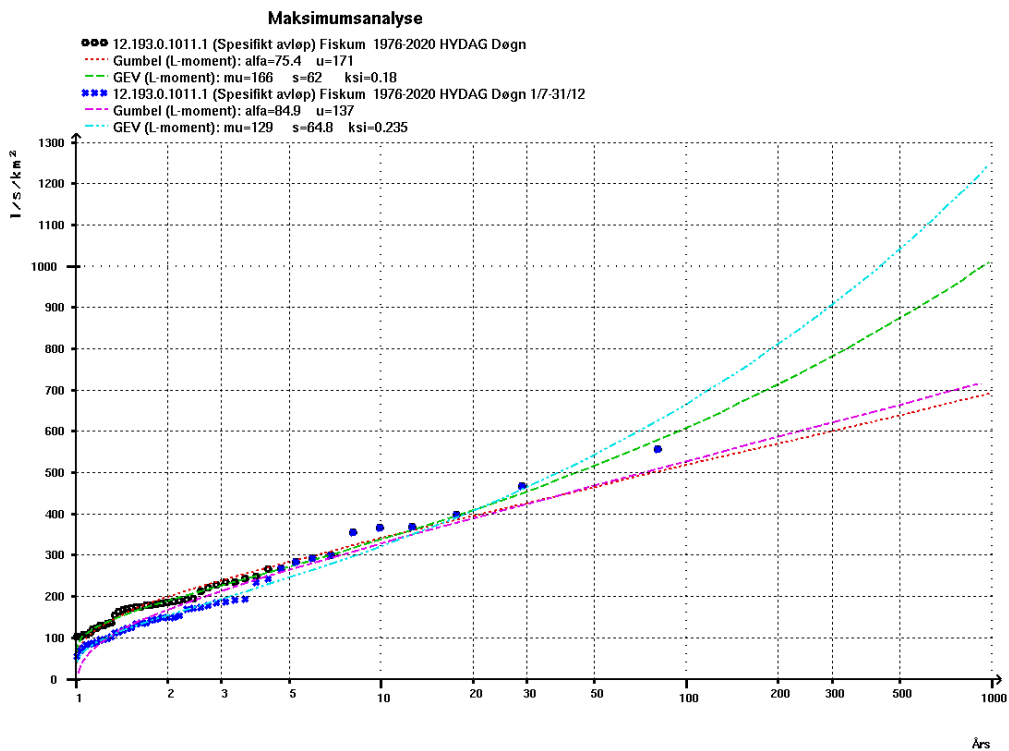
Sundbyfoss:



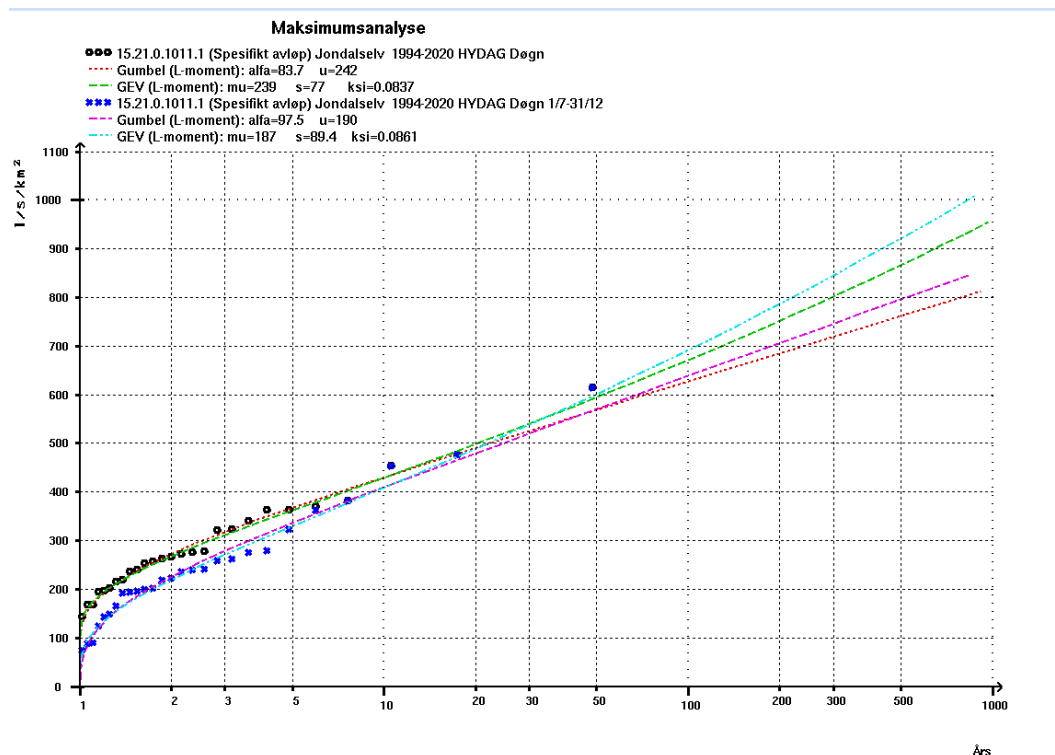
Fiskum:



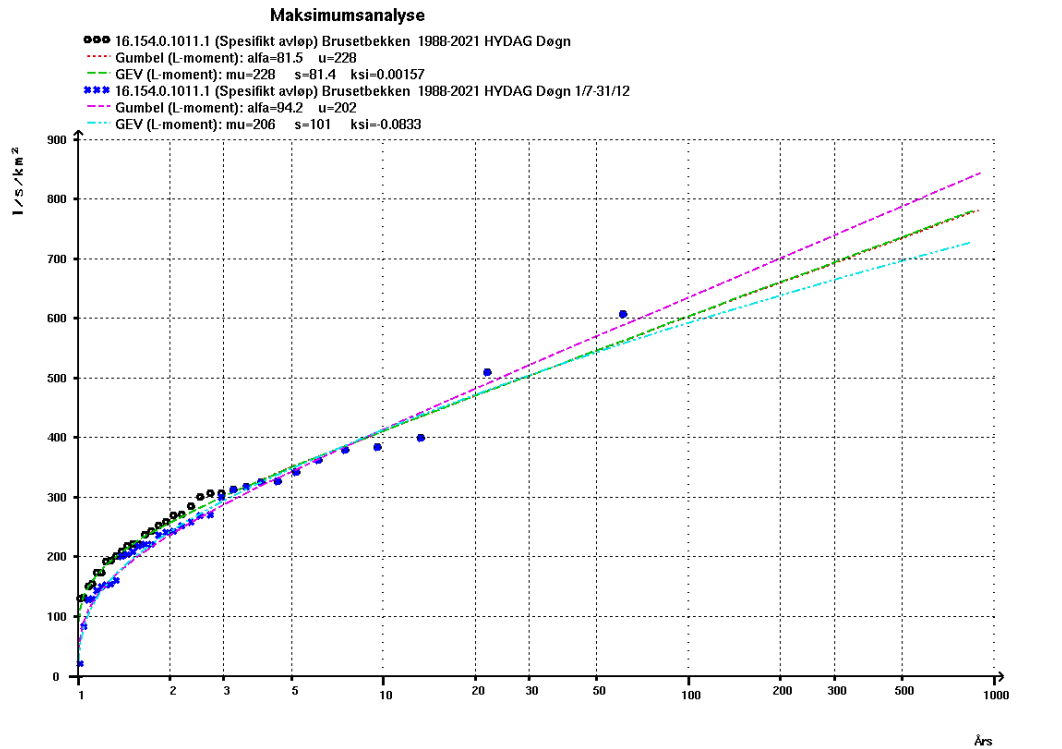
Istreelva:



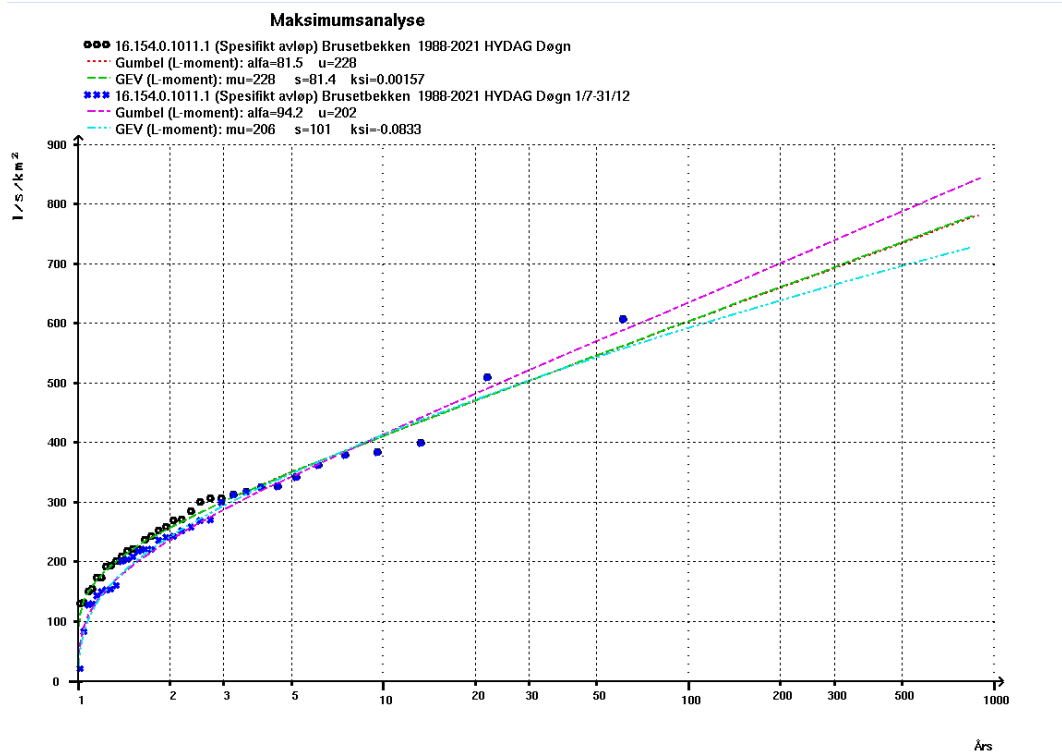
Jondalselv:



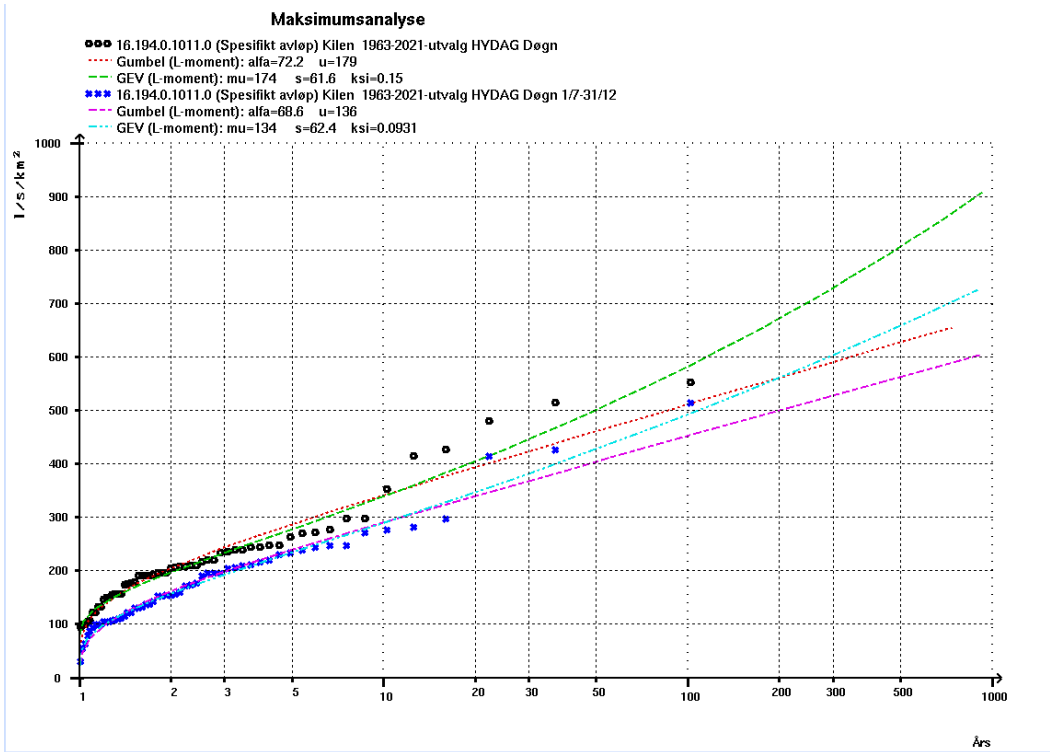
Brusetbekken:



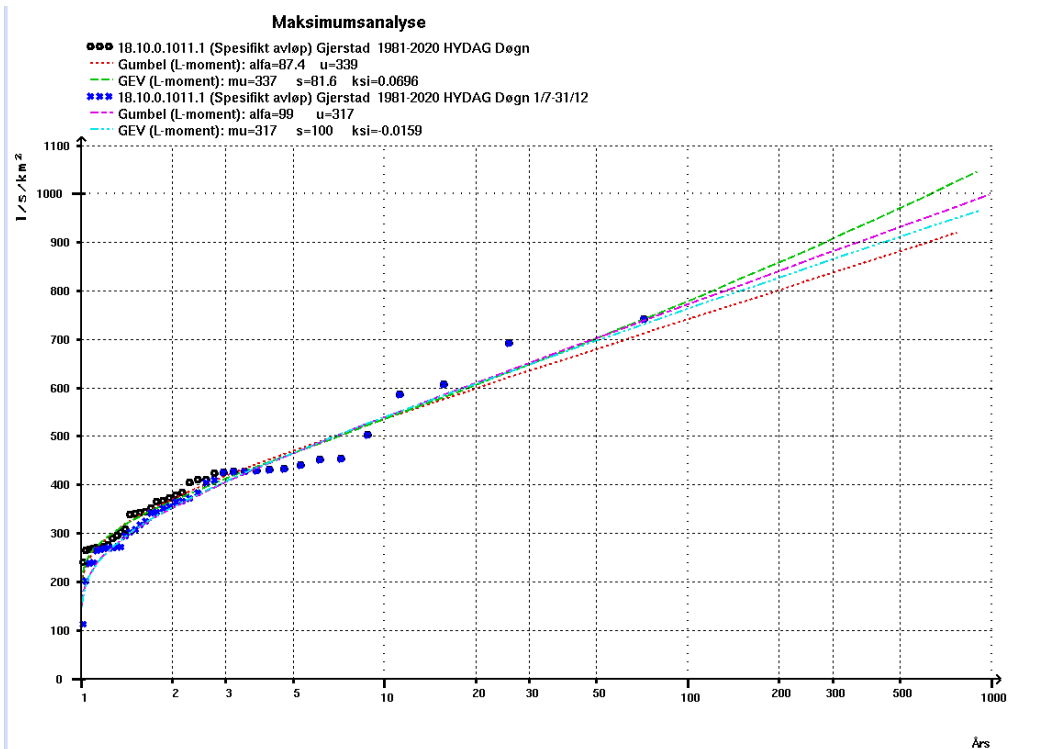
Hørte:



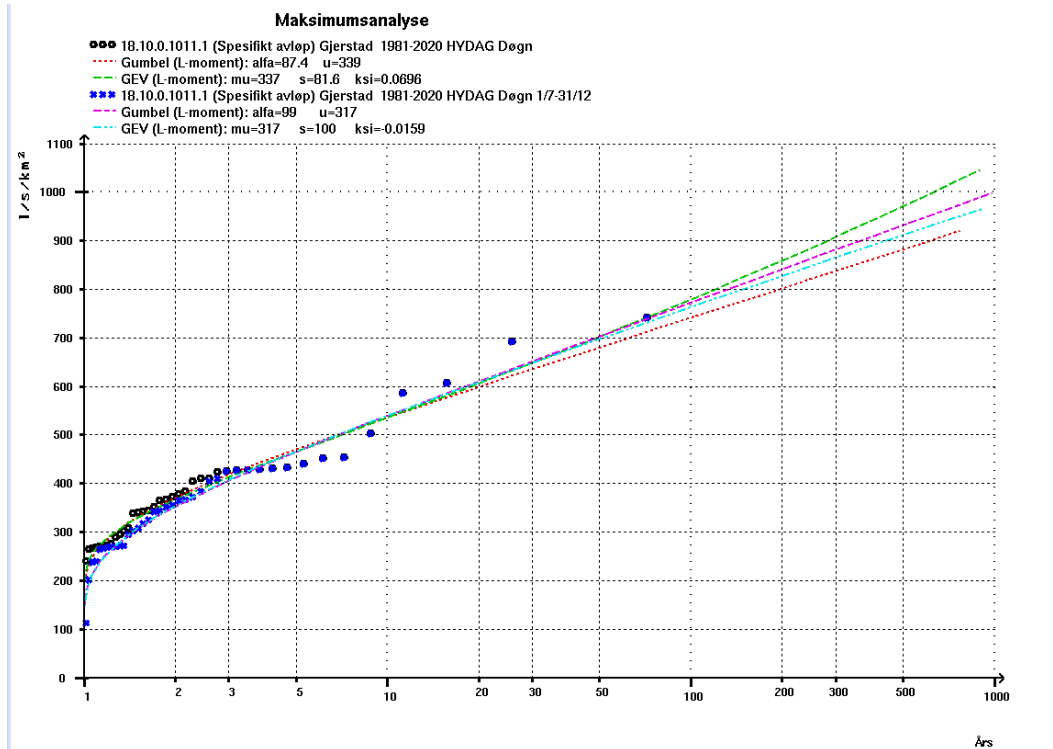
Kilen:



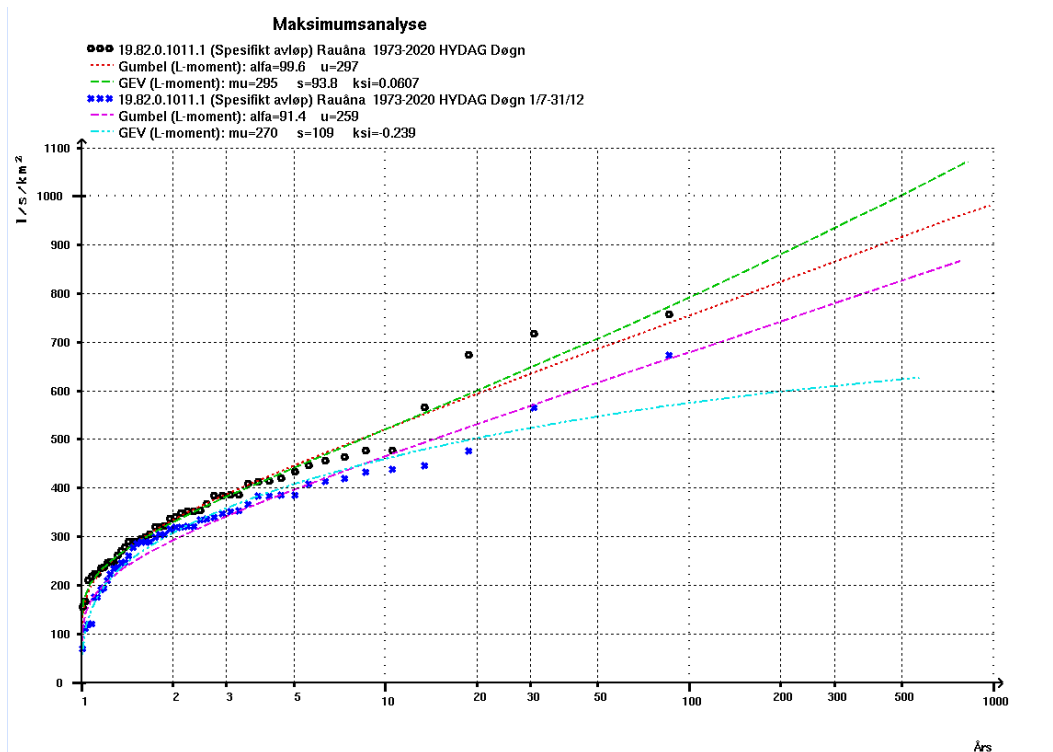
Gjerstad:



Stigvassái:



Rauåna:



Vedlegg 3: Grunnlag for PQRUT

Modelloppsett:

Feltparametre					
Areal (km <sup>2</sup> )	A <sub>eff</sub> Effektiv sjipprosent (%)				
70	0.34				
Hypsografisk kurve (m)	H25 Høydeforskjell				
201	H75 - H25 = 161.50 m				
Normal avløp (l/s/km <sup>2</sup> )	L <sub>r</sub> Relief forhold				
21	H50 / L <sub>r</sub> = 10.03 m/km				
Dreneringstetthet (km <sup>-1</sup> )	P <sub>skog</sub> Andel skog (%)				
1.4	0.555				
Beregne modellparametre					
Øvre lønnekonstant (l/time)	K1	Nedre lønnekonstant (l/time)	K2	Terskelverdi (mm)	T
0.05835	0.01915	0.01915	21.08186	1983	
0.05835	0.01915	0.01915	21.08186	2016	
Tilleggsparametre					
Konsentrasjonstid (tidskritt)	T <sub>c</sub>	Perkolasjon (mm/time)	Perc	Tømming nœre (mm/time)	kiz
10	0.0025	0.00042	0.00042	0.00042	
Feltkapasitet (mm)	F <sub>c</sub>	Innsjipprosent (%)	A <sub>s</sub>	Fordampning (mm/døgn)	E <sub>p</sub>
150	1	2	2	2	
Startlistander					
Markfuktighet (%)	Sim	Q <sub>start</sub> (m <sup>2</sup> /s)			
100		4.41			

Frekvensanalyse på døgn-nedbør:

ÅR					
Parameter GUMBEL		Asker	Oslo - Blindern	Porsgrunn - Kjølnes	Skien - Elstrøm
$\sigma$		7.934	7.4242	10.944	11.577
$\mu$		43.287	32.701	30.787	43.589
	Gj.tak (år)				
P		$Q_{GUMBEL}$ År (mm)	$Q_{GUMBEL}$ År (mm)	$Q_{GUMBEL}$ År (mm)	$Q_{GUMBEL}$ År (mm)
0.00100	1.001	27.95	18.35	9.63	21.21
0.00990	1.01	31.15	21.35	14.05	25.88
0.09091	1.1	36.35	26.21	21.22	33.46
0.33333	1.5	42.54	32.00	29.76	42.50
0.50000	2	46.19	35.42	34.80	47.83
0.80000	5	55.19	43.84	47.20	60.95
0.90000	10	61.14	49.41	55.42	69.64
0.95000	20	66.85	54.75	63.29	77.97
0.98000	50	74.24	61.67	73.49	88.76
0.99000	100	79.78	66.85	81.13	96.84
0.99500	<b>200</b>	<b>85.30</b>	<b>72.02</b>	<b>88.74</b>	<b>104.90</b>
0.99800	500	92.59	78.83	98.79	115.52
0.99900	1000	98.09	83.98	106.38	123.55

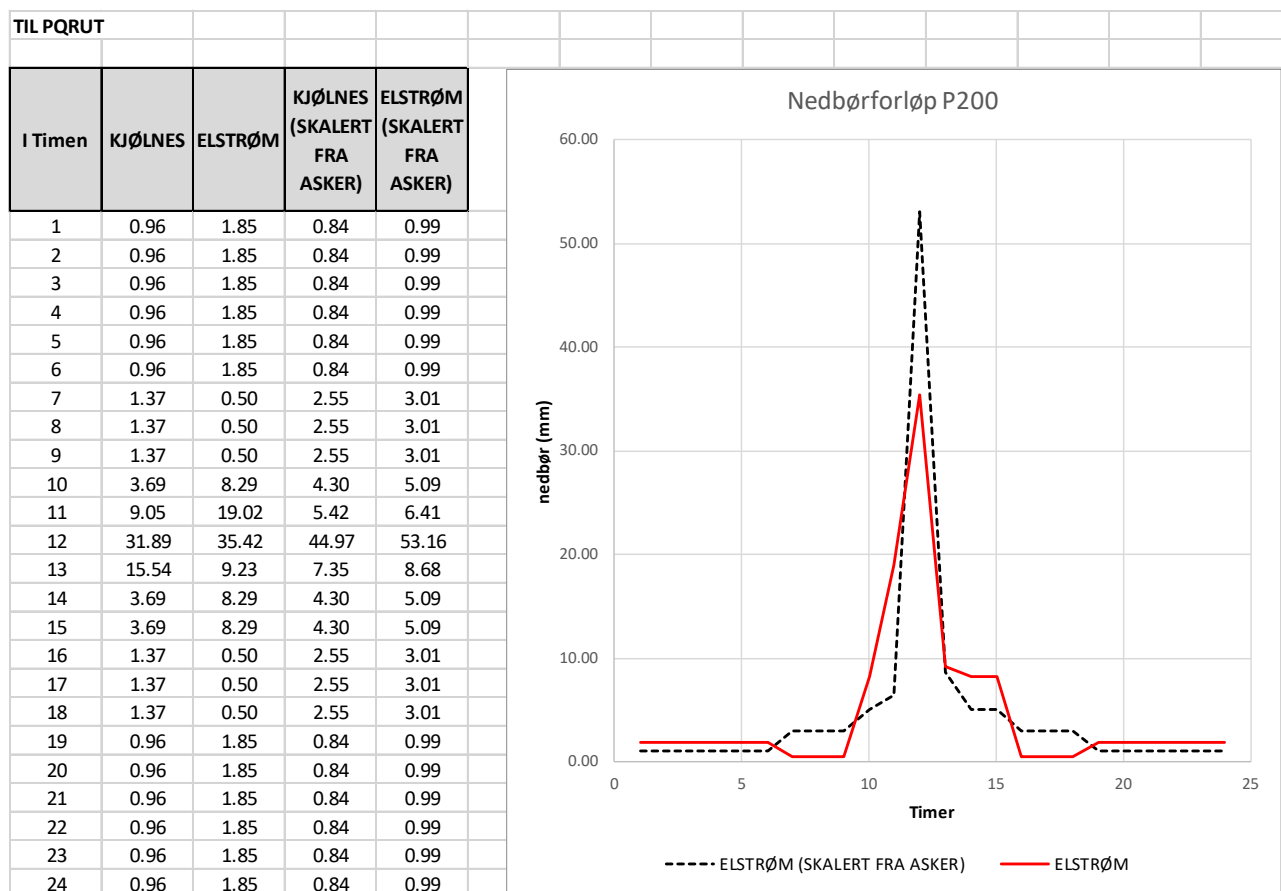
IVF-kurver:

200-års nedbør fra IVF - mm nedbørsum				
Minutter	KJØLNES	ELSTRØM	KJØLNES (SKALERT FRA ASKER)	ELSTRØM (SKALERT FRA ASKER)
1	3.00	3.50	3.33	3.94
2	5.20	6.10	6.14	7.26
3	6.90	9.00	8.84	10.45
5	9.90	14.40	13.52	15.99
10	15.70	27.90	21.74	25.70
15	18.90	32.90	28.09	33.20
20	20.50	35.00	34.54	40.83
30	25.80	38.20	41.72	49.31
45	32.00	39.20	49.21	58.16
60	38.80	43.10	54.72	64.68
90	49.10	45.30	57.95	68.49
120	54.70	51.50	60.34	71.32
180	63.60	71.70	65.02	76.86
360	73.70	96.60	77.09	91.12
720	80.80	97.60	91.65	108.34
1440	91.60	119.20	100.70	119.04

Arealreduksjonsfaktor:

ARF	Areal (km <sup>2</sup> )	70	70
Minutter	Timer	ARF	ARF
1	0.02	0.00	
2	0.03	0.26	
3	0.05	0.37	
5	0.08	0.49	
10	0.17	0.62	0.66
15	0.25	0.68	
20	0.33	0.72	
30	0.50	0.76	0.75
45	0.75	0.80	
60	1.00	0.82	0.81
90	1.50	0.85	
120	2.00	0.87	0.86
180	3.00	0.89	
360	6.00	0.92	0.90
720	12.00	0.94	0.93
1440	24.00	0.95	0.95

Oppsett nedbørforløp til PQRUT:



## Resultater PQRUT 200-årsflom:

Tid (time)	Nedbør (mm)		Avløp (m <sup>3</sup> /s)			
	P <sub>Elstrøm</sub>	P <sub>Asker - skalert</sub>	Q Elstrøm (PQRUT2016)	Q Asker - skalert (PQRUT2016)	Q Elstrøm (PQRUT1983)	Q Asker - skalert (PQRUT1983)
1	1.85	0.99	4.41	4.41	4.41	4.41
2	1.85	0.99	4.47	4.44	4.50	4.45
3	1.85	0.99	4.56	4.48	4.65	4.52
4	1.85	0.99	4.70	4.55	4.85	4.62
5	1.85	0.99	4.87	4.63	5.11	4.74
6	1.85	0.99	5.07	4.72	5.43	4.89
7	0.50	3.01	5.30	4.86	5.78	5.10
8	0.50	3.01	5.53	5.06	6.14	5.40
9	0.50	3.01	5.77	5.33	6.52	5.94
10	8.29	5.09	6.10	5.68	7.32	6.86
11	19.02	6.41	8.08	6.41	9.55	8.34
12	35.42	53.16	14.74	12.41	14.51	12.91
13	9.23	8.68	24.75	23.42	21.55	20.55
14	8.29	5.09	35.33	34.59	29.06	28.46
15	8.29	5.09	46.33	45.56	36.95	36.42
16	0.50	3.01	57.00	56.17	44.79	44.32
17	0.50	3.01	66.68	66.24	52.15	52.00
18	0.50	3.01	75.46	75.78	59.10	59.44
19	1.85	0.99	83.56	84.67	65.73	66.41
20	1.85	0.99	91.07	92.74	71.70	72.65
21	1.85	0.99	96.48	99.78	76.04	78.01
22	1.85	0.99	96.76	100.92	77.37	79.93
23	1.85	0.99	93.27	96.50	76.38	78.47
24	1.85	0.99	88.85	91.41	74.68	76.44



**PORSGRUNN  
KOMMUNE**

## **Servicesenteret**

35 54 70 00

## **Besøksadresse**

Storgata 153

3915 Porsgrunn

## **Postadresse**

Postboks 128

3901 Porsgrunn

[www.porsgrunn.kommune.no](http://www.porsgrunn.kommune.no)

