

Solutvikling AS

# ► Flomvurdering Birkeland Solpark

Oppdragsnr.: 52210100 Dokumentnr.: HYD-01 Versjon: C01 Dato: 2023-01-31



**Oppdragsgiver:** Solutvikling AS  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Rune Strand Sæterøy  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Kuganesan Sivasubramaniam  
**Fagansvarlig:** James William Lancaster  
**Andre nøkkelpersoner:** Kuganesan Sivasubramaniam

C01	2023-01-31	For gjennomgåelse / kontroll hos eksterne parter	Kuganesan Sivasubramaniam	James William Lancaster	Kuganesan Sivasubramaniam
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

Norconsult AS er engasjert av Solutvikling AS for å utføre en flomvurdering for Birkeland Solkraftanlegg. Denne rapporten beskriver beregningene som er utført.

Flomvannføringer er beregnet med bruk av «Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt», nedbør-avløpsmodell PQRUT og flomfrekvensanalyse på vannføringsserier fra nærliggende vannmerker. 200-årsflom med 40% klimapåslag for Moelva ved planområdet er estimert til 34,2 m<sup>3</sup>/s. Det ligger en liten sidebekk til Moelva som renner gjennom planområdet for Birkeland solpark. 200-årsflom med 40% klimapåslag for sidebekken til Moelva ved planområdet er estimert til 2,0 m<sup>3</sup>/s.

Flomvannstand og flomutbredelse i vassdraget ble beregnet ved hjelp av den to-dimensjonale hydrauliske modellen HEC-RAS 6.1. Resultatene fra vannlinjeberegningen er presentert i et flomsonekart.

Utførte beregninger tilsier at områdene nær Moelva og sidebekken vil være utsatt i en flomsituasjon. Beregnede vanndybder og «dybde\*hastighet» (m<sup>2</sup>/s) for Q<sub>200</sub> inkludert klimapåslag er lavt (mindre enn 0,3) for flomutbredelse, bortsett fra selve elve- og bekkeløpet. Det kan oppstå materielle skader ved flom med mindre avbøtende tiltak er iverksatt.

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag. I henhold til veilederen er den flomberegningsklassen og den hydrauliske modellen vurdert å være hhv. klasse 3 og klasse D. Simuleringen med 40% påslag i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag) gir en endring i resulterende flomvannstand i Moelva i planområdet opp mot 31 cm. Dette sikkerhetspåslaget bør ansees som et minimumspåslag. Alt infrastruktur som kan bli skadet av flom bør sikres til minst dette nivået. Det anbefales at infrastruktur som er kritisk til operasjonen av hele solcelleanlegget plasseres utenfor flomsone og bør ligge minst 0,4 m over beregnede flomvannstander.

Det kan være aktuelt å bygge noen solcellepaneler innenfor flomsone der vanndybder og vannhastigheter er lave, så lenge disse er dimensjonert mot flom og erosjonsrisiko. Det bør vurderes hvorvidt det er akseptabelt å ikke ha adkomst til disse solcellepanelene ved flomhendelser.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning og forutsetninger</b>	<b>5</b>
1.1	Beskrivelse av nedbørfelt	6
<b>2</b>	<b>Beregning av flomstørrelser</b>	<b>9</b>
2.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	9
2.2	Vurdering av årsmiddeltilslig	10
2.3	Sesongvariasjon	11
2.4	Flomfrekvensanalyse på lokale vannmerker	11
2.5	Lokal + regional flomfrekvensanalyse	12
2.6	Beregning av momentanflom	13
2.7	Flomfrekvensanalyse på findata	14
2.8	Formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt	14
2.9	Nedbør-avløpsmetoden (PQRUT)	15
2.9.1	<i>Nedbørdata</i>	15
2.9.2	<i>Flommodellen (PQRUT) og modellparametere</i>	17
2.10	Rasjonale formel	18
2.11	Endelig valg av flomstørrelse	20
2.12	Mulige konsekvenser av klimaendringer	22
2.13	Vurdering av kvalitetsklassen til flomberegningene	22
<b>3</b>	<b>Hydraulisk modell</b>	<b>23</b>
3.1	Beregningsmodell	23
3.2	Grensebetingelser	24
3.3	Infrastruktur i modellen	25
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Følsomhet og sikkerhetsmargin</b>	<b>30</b>
5.1	Datagrunnlag	30
5.2	Tilstopping av kulverter / bruer	30
5.3	Følsomhet til Manningstall	30
5.4	Følsomhet til Nedstrøms grensebetingelse	30
5.5	Følsomhet til estimert flomvannføring	30
5.6	Klassifisering av hydraulisk modell	31
5.6.1	<i>Prosentvis påslag på vannføringen</i>	31
5.7	Anbefalt sikkerhetsmargin	32
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>34</b>

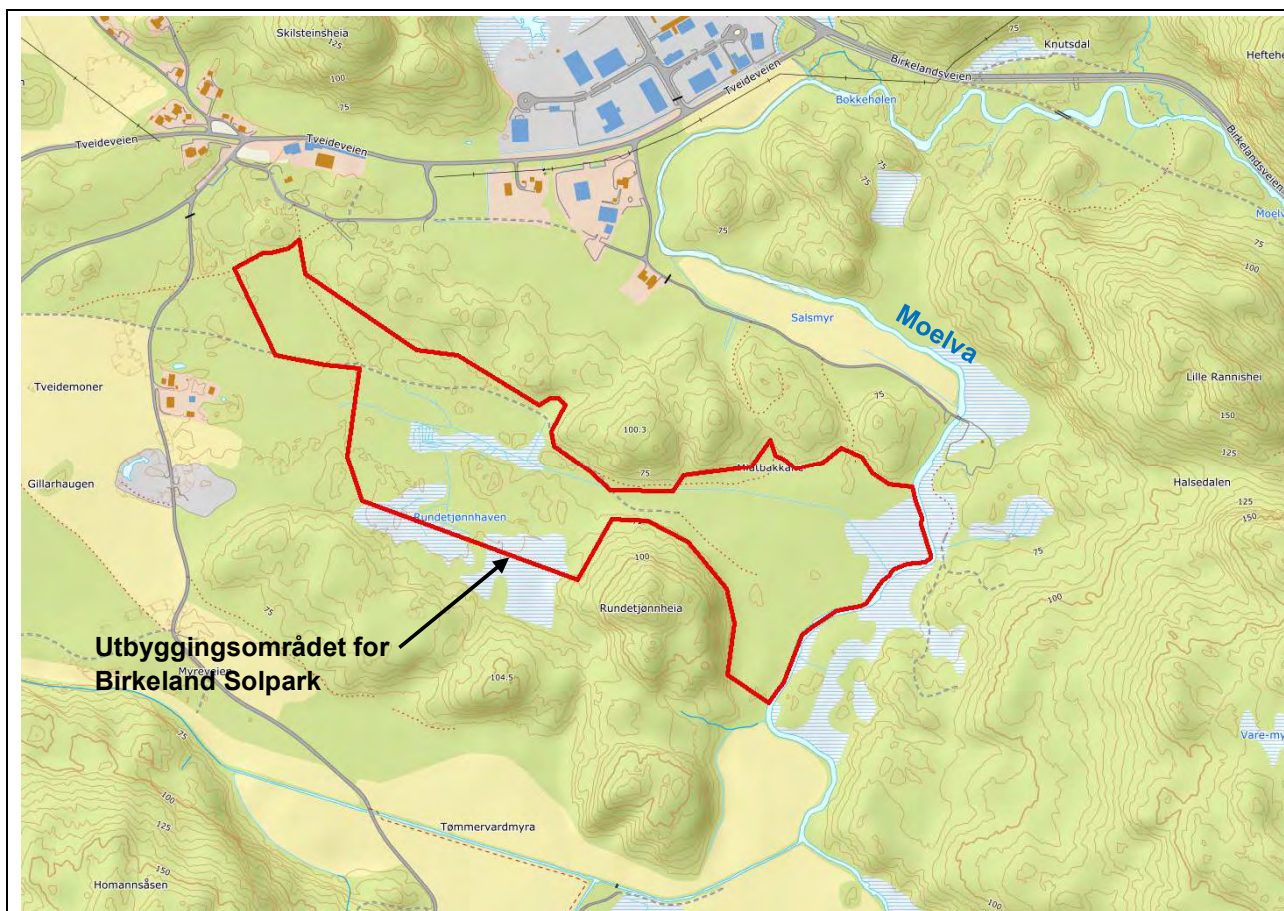
# 1 Innledning og forutsetninger

Norconsult AS er engasjert av Solutvikling AS for å gjøre en flomvurdering i forbindelse med utbygging av Birkeland solpark i Birkenes kommune i Agder. Vurderingene er knyttet til vassdraget Moelva som renner forbi solkraftanlegget. Videre ligger det en liten sidebekk til Moelva som renner gjennom planområdet for Birkeland solpark.

Birkeland solpark faller inn under sikkerhetsklasse F2 i TEK17, med krav om dimensjonering til flom med 200 års gjentakintervall [8]. NVE anbefaler i tillegg å ta høyde for fremtidig klima ved dimensjonering av tiltak med lang levetid. Det er gjort beregninger for flom med gjentakintervall på 200 år, samt for 200 år i et fremtidig klima. Oversiktskart med markering av Birkeland og det aktuelle utbyggingsområdet for solkraftanlegget er vist i Figur 1 og Figur 2.



Figur 1: Oversiktskart med markering av Birkeland solpark i Birkenes kommune.



Figur 2: Oversiktskart med markering av det aktuelle utbyggingsområdet, Birkeland Solpark.

### 1.1 Beskrivelse av nedbørfelt

Moelva er et mindre vassdrag nordvest for Lillesand som renner forbi utbyggingsområdet for solpark til havet ved Lillesand.

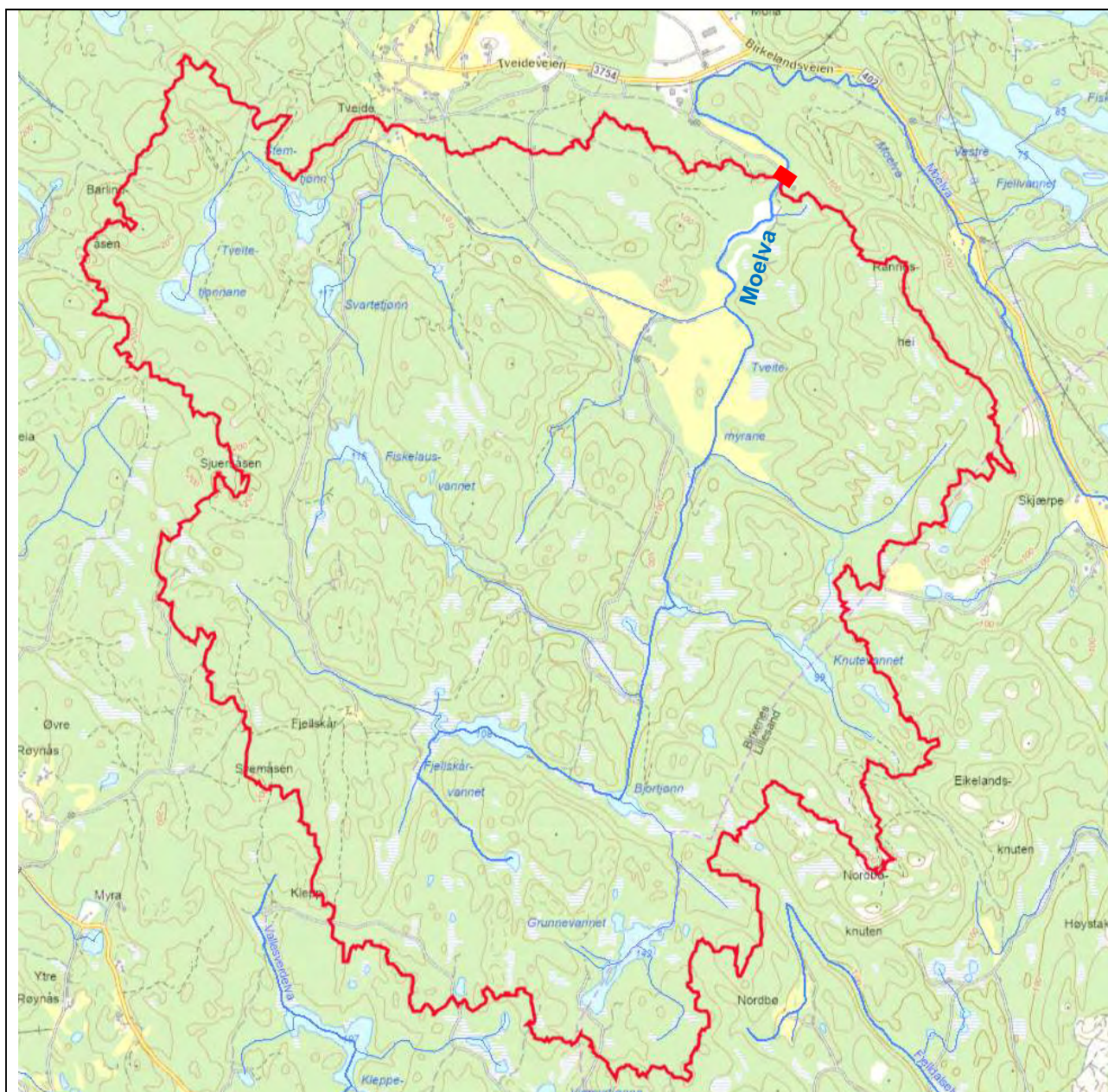
Nedbørområdet er beregnet med to verktøy (NEVINA og Scalgo) som gir lite avvik i avgrensning (Vedlegg 1 og Vedlegg 2). Feltareal til Moelva er estimert til 12,8 km<sup>2</sup> ved brua rett nedstrøms planområdet (se Figur 3). Vassdraget består hovedsakelig av skog (88,5 %) og noe myr (5%). Feltet til Moelva har flere små tjern, og effektiv sjøprosent er 0,23.

Det er ingen kjente overføringer til eller fra feltet. Nøkkeldata for nedbørfeltet er presentert i Tabell 1, mens et oversiktskart med markering av nedbørfeltet er vist i Figur 3. Felldata fra NEVINA og Scalgo er vist i Vedlegg 1 og Vedlegg 2.

Tabell 1: Nøkkeldata for nedbørfelt.

Nedbørfelt	Areal (km <sup>2</sup> )	Innsjø (%)	Eff. Sjø (%)	Skog (%)	Myr (%)	Dyrket mark (%)	Felthøyde, min-med-maks (m o.h.)	Årstilsig, Q <sub>N</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )
Moelva ved Birkeland solpark	12,8	2,8	0,23	88,5	5,0	3,0	70 – 132 - 228	35,7 (31,7)*

\* Avrenningskart 1991-2020, NEVINA verdi (avrenningskart 1961 -1990) i parentes.

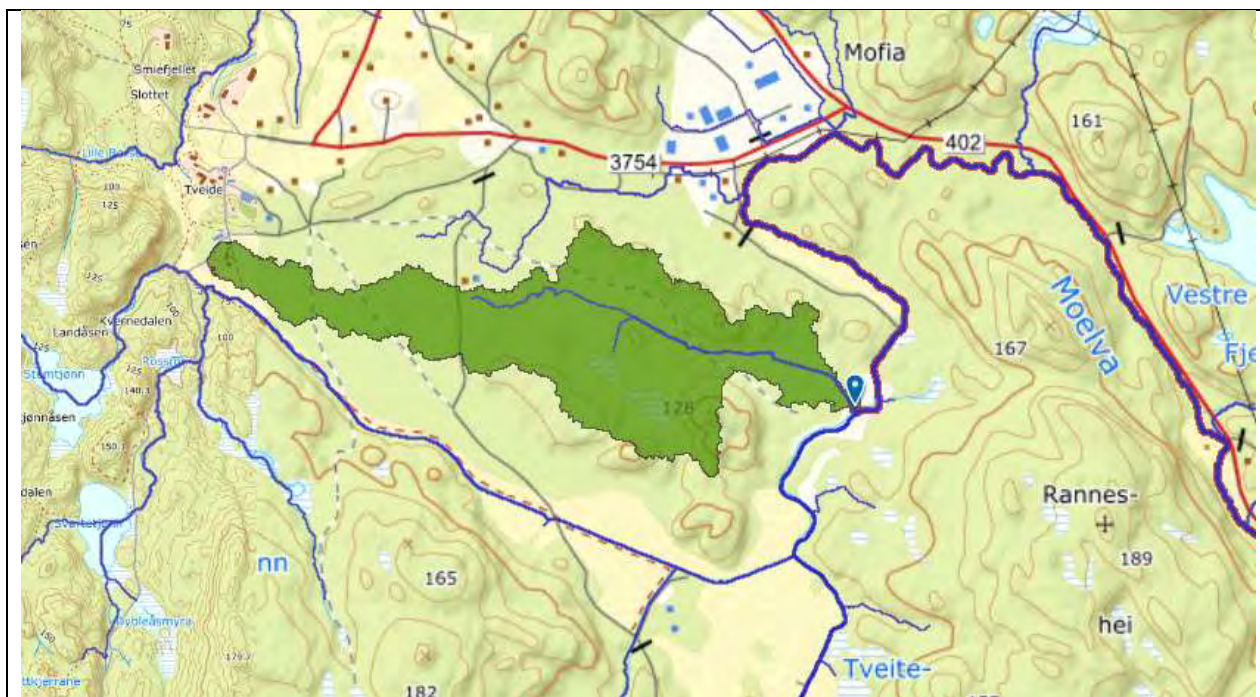


Figur 3: Nedbørfelt.

Sidebekken til Moelva i planområdet har et feltareal på 0,44 km<sup>2</sup> (se Figur 4). Feltegenskaper, beregnet ved hjelp av Scalgo, er presentert i Tabell 2. Felteanalysen fra Scalgo er vist i Vedlegg 2.

Tabell 2: Nøkkeldata for nedbørfeltet til sidebekk.

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Eff. Sjø (%)	Skog (%)	Myr (%)	Dyrket mark (%)	Bebyggd (%)	Felthøyde, min - maks (m o.h.)
Sidebekk til Moelva	0,44	0,0	74	8	17	1	65,5 – 74,0



Figur 4: Nedbørfelt til sidebekken til Moelva.



## 2 Beregning av flomstørrelser

Beregning av flystørrelser utføres i henhold til NVEs veileder for flomberegninger [1]. For å kunne sammenligne beregningene med tidligere utførte beregninger i området er det også benyttet [2]. For denne flomvurderingen er vi mest interessert i kulminasjonsverdier for flommen. Døgnverdier gir imidlertid mulighet å vurdere rimeligheten av beregnet flomverdier med grunnlag i et større datagrunnlag.

### 2.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Utvalgte målestasjoner er benyttet. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 3 og plassering er vist i Figur 5. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet til Moelva og likhet med nedbørfeltet.

Vannmerker måler vannstanden i elva, som konverteres til vannføring ved hjelp av en vannføringskurve. Vannføringskurven er basert på fysiske målinger av vannføring ved hjelp av flygel eller andre måleinstrumenter ved forskjellige vannstander. I Tabell 3 er det vist kurvekvalitet for store og normale vannføringer som angitt i NVEs Hydra database.

Tabell 3: Målestasjoner benyttet i flomberegning.

Målestasjon	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Periode	Høyde (min-med-maks.) (m o.h.)	Eff. Sjø (%)	Kvalitet (Stor / Normal vannføring)
19.107 Lilleelv	40,5	1986 - 2022	18 - 84 - 204	1,97	Bra-Meget bra
20.11 Tveitdalen	0,44	1973 - 2022	191 - 219 - 239	0,00	Ukjent
19.80 Stigvassåi	14,5	1972 - 2021	148 - 263 - 429	0,24	Meget bra - Dårlig
19.82 Rauåna	8,9	1973 - 2021	222 - 396 - 760	0,00	Bra-Middels
18.12 Skardavatn	17,8	1980-1990	18 - 62 - 181	15,74	Ukjent
18.11 Tjellingtjørnbekk	2,0	1982 - 2021	233 - 377 - 499	1,51	Ukjent
22.22. Søgne	203,6	1974 - 2021	6 - 198 - 485	0,09	Bra - Bra
22.16 Myglevatn	182,2	1952 - 2022	252 - 447 - 741	1,53	Middels - Bra
24.8 Møska (Skolandsvatnet)	121,4	1979 - 2021	8 - 325 - 613	1,70	Meget bra - Middels
23.5 Lona	28,1	1940 - 1970	14 - 148 - 307	7,02	Ukjent



Figur 5: Oversiktskart med markering av utvalgte målestasjoner.

## 2.2 Vurdering av årsmiddeltilsig

Avrenningskartet til NVE oppgir middelvannføring for normalperioden 1991-2020. Ifølge NVEs avrenningskart er middeltilsiget til nedbørfeltet til Moelva 35,7 l/(s/km<sup>2</sup>). Som vist i Tabell 4 er verdien fra avrenningskartet sammenlignet med middelvannføring som målt ved hvert vannmerke. Det gjøres oppmerksom på at avrenningskartet gir verdier for perioden 1991-2020, mens de faktiske observasjonene dekker den perioden vannmerkene er i drift.

Som vist i Tabell 4 har vannmerkene som ligger i nærheten, nesten like årsmiddeltilsig som NVEs avrenningskart 1991- 2020 tilsier. Avviket er mindre enn 4%, bortsett fra vannmerke 23.5 Lona (observerte er 10% lavere enn avrenningskartet tilsier), men 23.5 Lona har observasjoner i perioden fra 1940 til 1970. Det er derfor ikke vurdert å være grunnlag for justering av årsmiddeltilsiget for feltet til Moelva ved Birkeland solpark fra NVEs avrenningskart.

Tabell 4: Sammenligning av observerte middelvannføringer med verdier fra NVEs avrenningskart (NEVINA) for vannmerker.

Målestasjon	Periode	Midlere spes. avrenning $Q_N$ (l/s/km <sup>2</sup> )		Forhold (QN/QN1)
		Fra avrenningskart (1991- 2020), QN1	Fra Vannmerke, QN	
19.107 Lilleelv	1986 - 2022	33,8	34,2	1,01
20.11 Tveitdalen	1973 - 2022	33,1	34,1	1,03
19.80 Stigvassåi	1972 - 2021	27,3	27,6	1,01
19.82 Rauåna	1973 -2021	25,9	25,3	0,98
18.12 Skardavatn	1980-1990	23,8	24,9	1,04
18.11 Tjellingtjørnbekk	1982 - 2021	29,3	29,2	1,00
22.22. Søgne	1974 - 2021	41,5	40,8	0,98
22.16 Myglevatn	1952 - 2022	44,0	42,5	0,97
24.8 Møska (Skolandsvatnet)	1979 - 2021	60,2	59,6	0,99
23.5 Lona	1940 - 1970	47,1	42,5	0,90

### 2.3 Sesongvariasjon

I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. I dette området i Sørlandet opptrer de største flommene normalt på høst. Moelva har imidlertid lite feltareal og vil bli følsom til nedbørhendelser gjennom året.

### 2.4 Flomfrekvensanalyse på lokale vannmerker

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerkene listet opp i Tabell 3 basert på døgndata, og kulminasjonsverdier er estimert ut fra disse. Estimerte døgnvannføringer ved middelflom og 200-årsflom er vist i Tabell 5. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremver dianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbel-fordeling og General Extreme Value (GEV) fordeling (se Vedlegg 3).

Tabell 5: Frekvensanalyse for årsflommer utført på utvalgte vannmerker (døgnmiddel i l/s/km<sup>2</sup>).

Målestasjon	Ant, år	Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>20</sub>	Tilpasning
19.107 Lilleelv	30	291	490	683	2,35	1,39	Gumbel
20.11 Tveitdalen	50	543	886	1341	2,47	1,51	GEV
19.80 Stigvassåi	50	429	815	1334	3,11	1,64	GEV
19.82 Rauåna	49	356	598	863	2,42	1,44	GEV
18.12 Skardavatn*	11	83					
18.11 Tjellingtjørbekk	40	483	759	1092	2,26	1,44	GEV
22.22. Søgne	47	409	651	910	2,23	1,40	GEV
22.16 Myglevatn	71	303	425	544	1,79	1,28	Gumbel
24.8 Møska (Skolandsvatnet)	42	486	789	1170	2,41	1,48	Gumbel+GEV
23.5 Lona	31	158	266	407	2,58	1,53	Gumbel+GEV
<i>Gjennomsnitt</i>		<b>354</b>	<b>631</b>	<b>927</b>	<b>2,40</b>	<b>1,46</b>	

\* 18.12 Skardavatn har kort serie.

## 2.5 Lokal + regional flomfrekvensanalyse

Det er utført lokal + regional flomfrekvensanalyse med NVEs programvare «Flomanalyse» på vannmerker med døgndata. Estimerte flomverdier (døgnmiddel) er vist i Tabell 6.

Tabell 6: Lokal + regional frekvensanalyse utført på utvalgte vannmerker (døgnmiddel i l/s/km<sup>2</sup>).

Målestasjon	Ant, år	Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>20</sub>	Tilpasning
19.107 Lilleelv	30	297	504	723	2.44	1.44	GEV
20.11 Tveitdalen	50	541	886	1273	2.35	1.44	GEV
19.80 Stigvassåi	50	429	764	1149	2.68	1.50	GEV
19.82 Rauåna	49	356	602	869	2.44	1.44	GEV
18.12 Skardavatn	11	83	139	189	2.29	1.37	GEV
18.11 Tjellingtjørbekk	40	483	779	1092	2.26	1.40	GEV
22.22. Søgne	47	409	667	940	2.30	1.41	GEV
22.16 Myglevatn	71	303	453	599	1.97	1.32	GEV
24.8 Møska (Skolandsvatnet)	42	486	785	1115	2.29	1.42	GEV
23.5 Lona	31	158	265	373	2.36	1.41	GEV
<i>Gjennomsnitt</i>		<b>355</b>	<b>584</b>	<b>832</b>	<b>2,34</b>	<b>1,41</b>	

## 2.6 Beregning av momentanflom

Flomstørrelsene beregnet for vannmerkene vist i Tabell 3 i avsnitt 2.4 og 2.5 gjelder gjennomsnittlig verdi over ett døgn. Maksimal flomstørrelse vil alltid være større enn døgnmiddelverdien. Siden feltstørrelsen er liten er kulminasjonsvannføringen i feltet beregnet ved bruk av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom, basert på formelen for høstflommer. Formelen (1) for forholdstallet er hentet fra NVEs retningslinjer [2] for flomberegninger og gjengitt under.

$$Q_{mom}/Q_{Døgn} = 2,29 - 0,29 \cdot \log(A) - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5} \quad (1)$$

Beregnet forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom ( $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ) for Moelva og sidebekken til Moelva er hhv. 1,84 og 2,39. Denne formelen er ikke tatt med i (2), men gir nyttig grunnlag for sammenligning med andre metoder og tidligere utført flomberegninger i området.

200-årsflom (døgnmiddelverdi) basert på flomfrekvensanalyse direkte på vannmerker, er 410 – 1340 l/(s\*km<sup>2</sup>) (Tabell 5), mens basert på lokal + regional frekvensanalyse er 190 – 1275 l/(s\*km<sup>2</sup>) (inkl. 18.12 Skardavatn) (Tabell 6). Dermed er kulminasjonsvannføring ved  $Q_{200}$  for Moelva vist i Tabell 7.

Tabell 7: Kulminasjonsverdier for 200-årsflom basert på flomfrekvensanalyse

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Kulmin. faktor	200-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	
			Frekvensanalyse	Frekvensanalyse, Lokal + regional
Moelva	12,8	1,84	9,7 – 31,6	4,5 – 30,0
Sidebekk til Moelva	0,44	2,39	0,43 – 1,41	0,20 – 1,34

## 2.7 Flomfrekvensanalyse på findata

Tabell 8 viser en flomfrekvensanalyse basert på findata (momentantverdier - 1 time) fra NVEs HYDRA-database (Hykval). Vannmerkene har mer enn 25 år findata (se Vedlegg 4)

Tabell 8: Frekvensanalyse for årsflommer (basert på findata) utført på utvalgte vannmerker (kulminasjonsverdi i l/s/km<sup>2</sup>).

Målestasjon	Periode	Ant, år	Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>20</sub>	Tilpasning
19.107 Lilleelv	1995 - 2022	28	327	562	790	2,42	1,41	Gumbel
20.11 Tveitdalen	1991 - 2022	32	1391	2318	3227	2,32	1,39	Gumbel
19.80 Stigvassåi	1976 - 2021	43	697	1284	1854	2,66	1,44	Gumbel
19.82 Rauåna	1985 -2021	37	827	1679	2508	3,03	1,49	Gumbel
18.12 Skardavatn								
18.11 Tjellingtjørnbekk	1982 - 2021	40	857	1354	1836	2,14	1,36	Gumbel
22.22. Søgne	1995 - 2021	27	481	746	1004	2,09	1,35	Gumbel
22.16 Myglevatn	1998 - 2022	25	342	479	612	1,79	1,28	Gumbel
24.8 Møska (Skolandsvatnet)	1979 - 2021	42	540	893	1325	2,45	1,48	Gumbel+GEV
23.5 Lona								
<i>Gjennomsnitt</i>			<b>683</b>	<b>1164</b>	<b>1644</b>	<b>2,36</b>	<b>1,40</b>	

## 2.8 Formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt

I prosjektet «Naturfare - Infrastruktur, flom og skred» (NIFS) utarbeidet NVE en ligning for beregning av flomvannføringer i små og uregulerte felt. Formelen er gyldig for felt i hele landet med feltareal mindre enn 60 km<sup>2</sup>, men er anbefalt verifisert mot lokale målinger [1]. I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av feltareal, normalt årsmiddeltisig og effektiv sjøprosent. Ved beregning av flomstørrelse for Moelva ved Birkeland solpark er disse verdiene hentet fra NVEs webapplikasjon NEVINA. Det henvises til NVE-rapport 7-2015 [3] for flere detaljer knyttet til beregningsmetodikk. Middelflommen utregnes som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til 200-årsflom. Tabell 9 viser flomverdier for middelflom, 20-årsflom og 200-årsflom beregnet med «formelverk for små nedbørfelt».

Tabell 9: Middelflom og 200-årsflom (Kulminasjonsverdier) beregnet med «formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt»

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Middelflom		20-årsflom		200-årsflom	
		(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )
Moelva	12,8	8,5	670	14,4	1130	23,0	1795
Sidebakk til Moelva	0,44	0,52	1190	0,88	2010	1,40	3190

## 2.9 Nedbør-avløpsmetoden (PQRUT)

Tilsigsflom Moelva ved Birkeland solpark er beregnet med nedbør-avløpsmodell ved bruk av NVEs web-applikasjon PQRUT. Beregningene baserer seg på nedbørdata, og bruker nedbørforløp til beregning av flomvannføring.

### 2.9.1 Nedbørdata

Data fra klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.no/>) viser at det foreligger IVF-kurver for målestasjonene SN38130 Grimstad Hia (15 moh., 1974 - 1997, 21 ses) og SN39150 Kristiansand - Sømkleiva (12 moh., 1974-2021, 34sec.) (Vedlegg 5). Figur 6 viser nedbørmålestasjoner med IVF-kurver i området. Både målestasjonene SN38130 Grimstad Hia og SN39150 Kristiansand - Sømkleiva ligger omtrent samme avstand (ca. 20 km) fra nedbørfeltet til Moelva.

Det er ingen bedre representative nedbørstasjoner med døgnverdier i nærheten av feltet enn Grimstad Hia og Kristiansand - Sømkleiva. Det er valgt en 24-timers verdi som er lik døgnverdien for Kristiansand - Sømkleiva (204,2 mm). Den valgte døgnverdien er i godt samsvar med verdier angitt i Figur 15 i [1] for regionen.

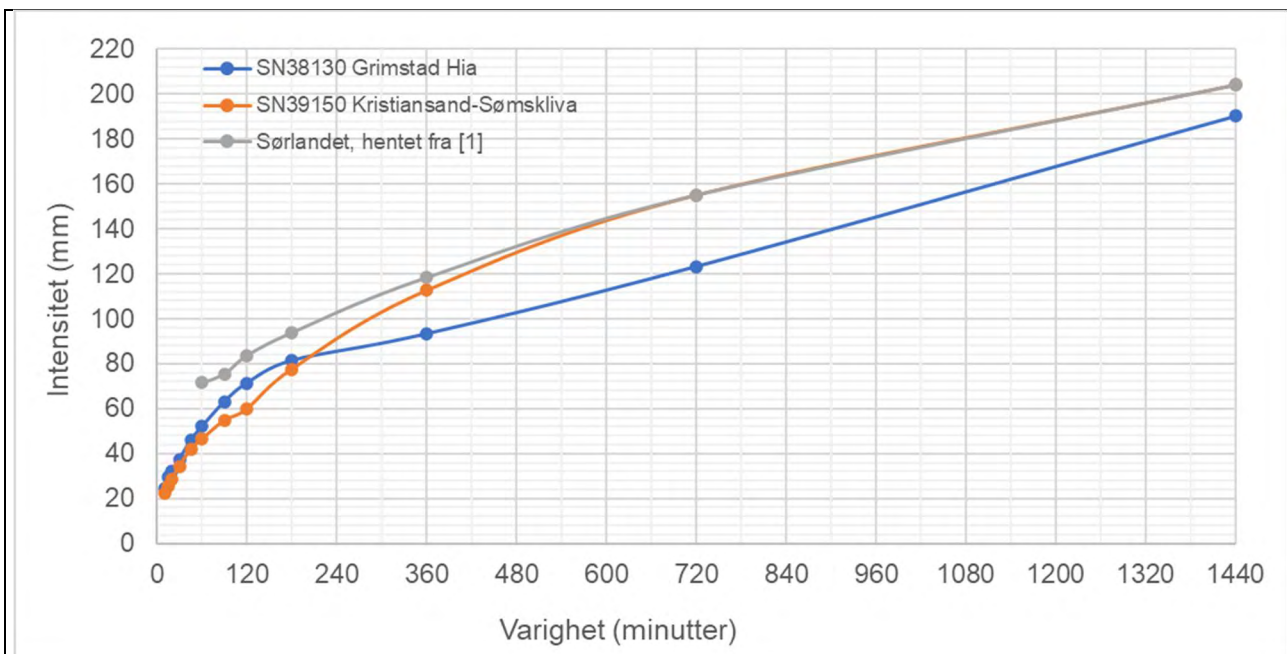
Figur 7 viser IVF-kurvene med 200-års gjentaksintervall for de to nedbørstasjonene og IVF-kurve for Sørlandet, angitt i [1]. Som vist i Figur 7, er IVF-verdier for Kristiansand-Sømkliva noe høyere enn for Grimstad Hia for varigheter lengre enn 180 minutter. IVF-kurve for Sørlandet fra [1] gir høyere verdier for varigheter kortere enn 360 minutter. IVF-kurve for Sørlandet gir mye høyere 1-times nedbør (71,5 mm) sammenlignet med verdien (45 mm) i Figur 17 i veilederen, mens IVF-kurvene fra stasjonene gir godt samsvar med denne figuren.

Videre viser klimaservicesenter at IVF-kurve for Kristiansand-Sømkliva har en IVF-kurve av god kvalitet. I denne analysen er IVF-kurve for Kristiansand-Sømkliva brukt for å beregne nedbørintensiteten med 200 års returperiode.

Årsverdier for 200-års nedbør uten snøsmeltebidrag er brukt som input til PQRUT i denne beregningen.



Figur 6: Nedbørmålestasjoner - IVF-kurver



Figur 7: Sammenligning av IVF-kurver.

Nedbørdata med 200-års gjentaksintervall er presentert i Tabell 10. Feltarealet til Moelva ved Birkeland solpark er 12,8 km<sup>2</sup>.



Arealreduksjonsfaktorer (ARF) for nedbør angitt i [1] som benyttes for å konvertere punktverdier av nedbør til nedbørverier over et større areal. (se Tabell 10).

I beregningene er nedbørfordelingen antatt symmetrisk med høyeste nedbørintensitet i time 12 av 24 (se Figur 8).

Tabell 10: M200-verdier (mm) for Moelva ved Birkeland solpark.

Sesong/varighet (timer)	1	2	6	12	24
M200-verdier for SN39150 Kristiansand-Sømskleiva	46,3	59,7	112,6	155,1	204,2
ARF (feltareal – 12,8 km <sup>2</sup> ) hentet fra Tabell 15 i [1]	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97

### 2.9.2 Flommodellen (PQRUT) og modellparametere

Modellparameterne til NVEs flommodell PQROUT kan bestemmes ved å kalibrere mot observerte data med fin tidsoppløsning. Da slike data ikke finnes, er det tatt utgangspunkt i feltparametere for de aktuelle feltene. Parameterne som inngår i PQRUT er deretter beregnet med formelverket i NVEs retningslinjer [1].

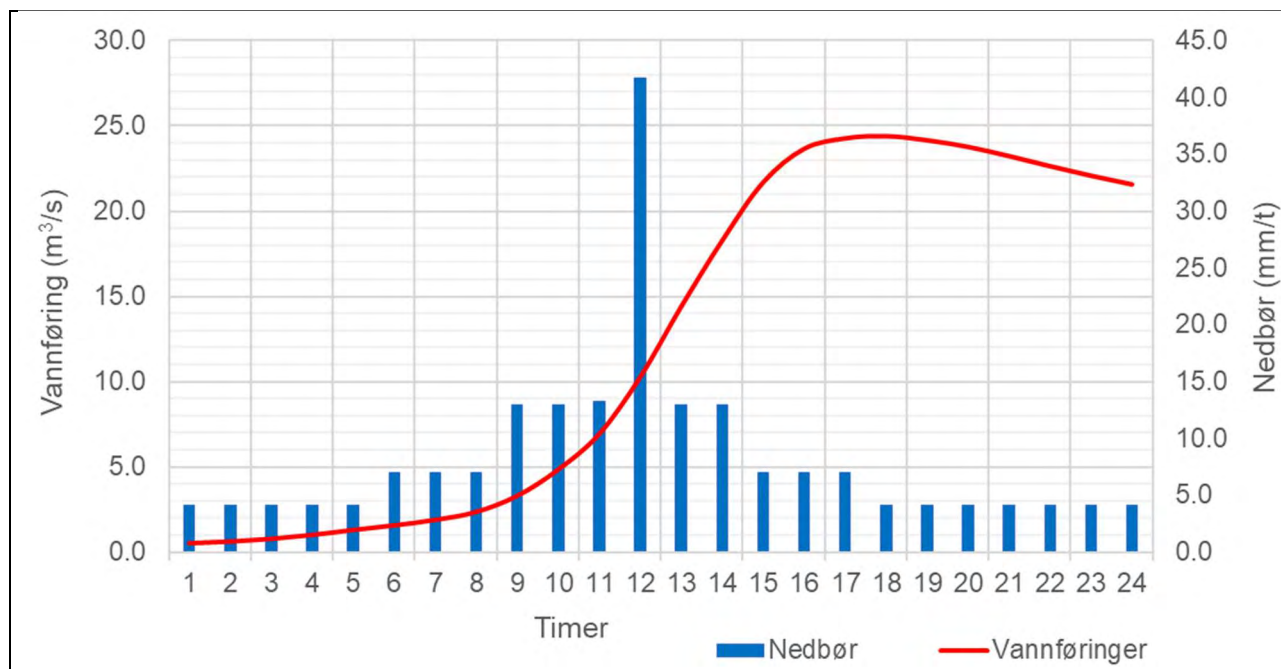
Konsentrasjonstid er beregnet ved bruk av formler gitt i [1] for naturlige felt, og er 4 timer for Moelva ved Birkeland solpark. Initialvannføring er satt til årsmiddelvannføring (0,5 m<sup>3</sup>/s) for feltet.

Tabell 11: Parameterverdier ved beregning av Q200.

	Moelva ved Birkeland solpark
Øvre tømmekonstant, K1	0,0700
Nedre Tømmekonstant, K2	0,0191
Terskelverdi, T	39,9980
Feltaksens lengde, LF (km)	4,30
H <sub>50</sub> (H <sub>75</sub> -H <sub>25</sub> ) (m)	51,00
H <sub>L</sub> (m/km)	11,86
Dreneringstetthet (km-1)	1,8
Effektiv sjøprosent, ASE (%)	0,23
Q <sub>N</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	35,7
Årlig nedbør (mm/år)	2000
Skogprosent (%)	89
Modellert nedbørareal, A (km <sup>2</sup> )	12,8
Konsentrasjonstid, T <sub>c</sub> (timer)	4
Initialvannføring (m <sup>3</sup> /s)	0,5

Tabell 12: Q200 beregnet med nedbør-avløpsmodell (PQRUT).

Felt	Maks nedbør (mm)	Maks vannføring (kulminasjonsverdi)		Døgnvannføring	
		(m³/s)	(l/s/km²)	(m³/s)	(l/s/km²)
Moelva	41,7	24,4	1905	22,0	1720



Figur 8: Nedbør og vannføring i Moelva ved Birkeland solpark for 200-årsflom.

### 2.10 Rasjonale formel

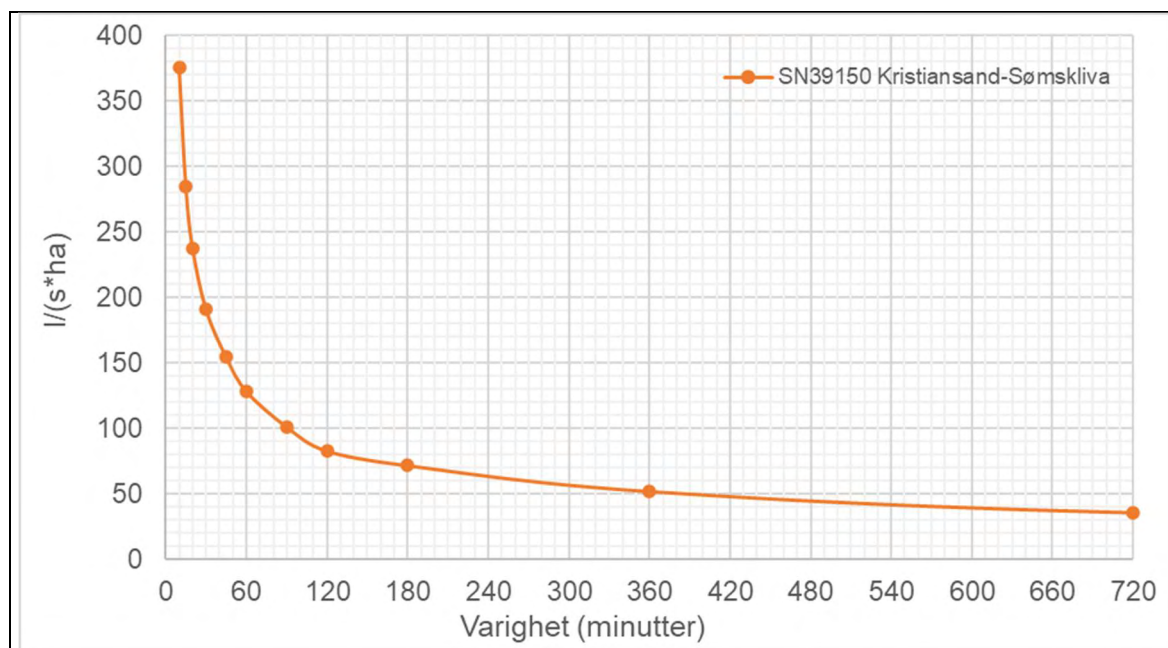
Avrenningen (Q) i den rasjonelle formelen er basert på målt nedbør, gitt ved:

$$Q = C * I * A$$

- her C = avrenningsfaktor
- I = dimensjonerende nedbørintensitet, (l/s\* ha)
- A = feltareal (ha)

Den rasjonelle formelen passer best til nedbørfelt mindre enn 2 km² med rask respons [1]. I denne rapporten er den rasjonale formelen benyttet for å estimere flomvannføring i sidebekken til Moelva.

Dimensjonerende nedbørintensitet (I) hentes fra IVF-kurven (Intensitet-varighet-frekvenskurve) for SN39150 Kristiansand-Sømskliva (se Figur 9) (se avsnitt 2.9.1).



Figur 9: IVF-kurve for Moelva (IVF-kurve SN39150 Kristiansand-Sømskliva).

Avrenningsfaktor (C) for 10 års returperiode er basert på feltegenskaper og typiske avrenningskoeffisienter brukt i den rasjonale metoden for ulike overflater [1] som angitt i Tabell 13. C-faktor for 200 års returperiode fås ved å multiplisere med 1,3, som angitt i [1], dog er endelig C-faktor oppad begrenset til 0,95 [1].

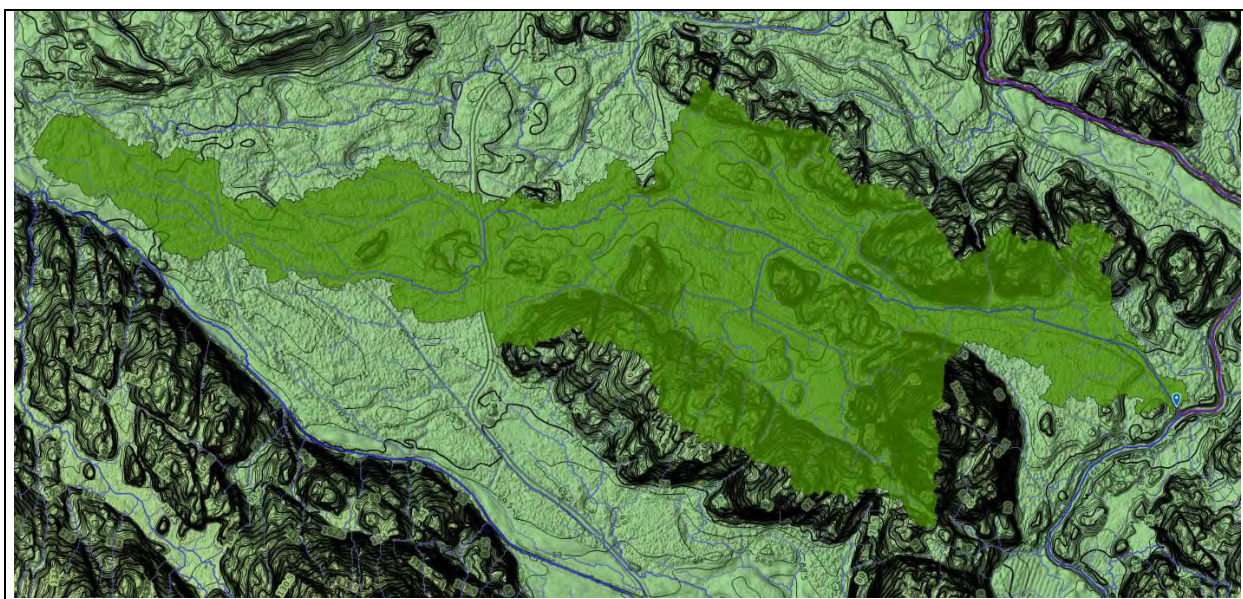
Tabell 13: Avrenningskoeffisienten for feltet (helning < 2%).

	Avrenningskoeffisient	Andel dekning
Skogsområder	0,10	0,74
Myr	0,50	0,08
Dyrket mark	0,25	0,17
Lite tettbygd boligområde	0,35	0,01
Avrenningskoeffisienten, 10 år	0,16	
Avrenningskoeffisienten, 200 år	<b>0,21</b>	

Konsentrasjonstid, definert som vannets transporttid fra øverste del av feltet til utløpet, er beregnet ved bruk av formler gitt i [1] for naturlige felt, da nedbørfeltet i hovedsak består av skog, myr og jordbruk. Konsentrasjonstiden er avhengig av feltlengde, høydeforskjellen i feltet og effektiv sjøprosent.

Øverste delen av feltet til sidebekken er nesten flat, men det ligger vesentlig brattere områder i nederste delen av feltet (se Figur 10). Det foreligger usikkerheter i beregning av konsentrasjonstid for dette feltet, og dermed maksimal vannføring. Vi har beregnet konsentrasjonstid for tre alternativer, og beregnede konsentrasjonstider

for feltet er vist i Tabell 14. Alternativ 1 måler feltlengde og høydeforskjell fra det fjerneste (vestligste) punktet i feltet. Alternativ 2 måler feltlengde til det fjerneste punktet i feltet, samt høydeforskjellen mellom det høyeste punktet i feltet og utløpet. Alternativ 3 tar med kun den nederste delen av feltet øst for veien, som forventes å ha en raskere respons enn den flate «tarmen» som danner den øverste delen av feltet. Beregningene gir den samme maksimale vannføringen for alternativer 2 og 3.



Figur 10: Nedbørfeltet til sidebekken med terreng.

Tabell 14: 200-årsflom (kulminasjonsverdi) beregnet med rasjonale formel.

Sidebekk til Moelva	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Feltlengde (m)	Høyde maks. - min. (m o. h.)	Konsentrasjonstid (min)	Q <sub>200</sub> l/(s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>200</sub> m <sup>3</sup> /s
Alt-1	0,44	1980	74,0 – 65,5	407	1050	0,46
Alt-2	0,44	1980	128,0 – 65,5	150	1625	0,72
Alt-3	0,33	1160	128,0 – 65,5	88	2165	0,72

## 2.11 Endelig valg av flomstørrelse

Flomstørrelse for Moelva ved Birkeland Solpark i Birkenes er beregnet ved bruk av «formelverk for små nedbørfelt» (RFFA-NIFS). I tillegg er beregningene sammenlignet med nærliggende vannmerker i en flomfrekvensanalyse. Frekvensanalysen ble utført ved bruk av tre ulike metoder (direkte på vannmerker med døgndata, direkte på vannmerker med findata og lokal + regional frekvensanalyse med døgndata). Resultater fra beregningene og valgt flomverdi i vassdraget er sammenlignet i Tabell 15 og Tabell 16.

Flomfrekvensanalyser gir verdier for Q<sub>200</sub> som spriker mye. Lokal+regional frekvensanalyse gir omtrent samme flomverdier som frekvensanalyse direkte på vannmerker. Utfallsrom for verdier fra flomfrekvensanalyse på

findata er omtrent det samme som estimerte kulminasjonsverdier fra frekvensanalyse på døgndata, bortsett fra 22.11 Tveitdalen. Merk at vannmerke Tveitdalen har meget lite feltareal (0,44 km<sup>2</sup>).

Formelverk RFFA-NIFS gir flomverdier som er høyere enn medianverdien, men lavere enn øvre kvartilen fra flomfrekvensanalysen av vannmerkene.

Nedbør-avløps modellen PQRUT gir en 200-års flomverdi for Moelva som er litt over flomverdien beregnet med RFFA-NIFS.

Den Rasjonale formelen gir lavere flomverdier for sidebekken til Moelva enn flomfrekvensanalyse på vannmerker og RFFA-NIFS. Dette er trolig fordi feltet til sidebekken har en relativt slak helning langs feltaksen.

Erfaringstall viser at på Sør- og Vestlandet (vassdragsnummer 16- 92), varierer kulminasjonsflomverdiene for 200-årsflom i stort fra 700 l/(s\*km<sup>2</sup>) til 5000 l/(s\*km<sup>2</sup>) [1]. De høyeste verdiene finner en stort sett i bratte felt med lav effektiv sjøprosent. Det er derfor rimelig å anta at flomverdiene for Moelva ikke vil ligge i det øvre sjiktet av disse verdiene. For mikrofelt med feltareal mindre enn 1 km<sup>2</sup> viser erfaringstall at Q<sub>200</sub> typisk ligger mellom 2000 og 5000 l/s/km<sup>2</sup> [3].

For feltet til Moelva ved planområdet velger på dette grunnlaget og med hensyn til usikkerheten i flomberegninger for små felt å velge en flomverdi ved Q<sub>200</sub> som PQRUT gir for Moelva. Dette er i overkant av det nasjonale formelverket (RFFA-NIFS) viser, altså omtrent flomverdien estimert ut fra lokal frekvensanalyse direkte på vannmerker 19.80 Stigvassåi og 18.11 Tjellingtjørbekk. En kulminasjonsverdi ved Q<sub>200</sub> på 1900 l/(s\*km<sup>2</sup>) er derfor lagt til grunn.

For feltet til sidebekken til Moelva velger vi en kulminasjonsflomverdi, beregnet med RFFA-NIFS, altså omtrent flomverdien estimert ut fra frekvensanalyse på findata fra vannmerker 22.11 Tveitdalen. For Sidebekken til Moelva gir dette en kulminasjonsverdi ved Q<sub>200</sub> på 3200 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Tabell 15: Beregnede kulminasjonsverdier for Q<sub>200</sub> (m<sup>3</sup>/s).

Felt	Frekvensanalyse			RFFA-NIFS	PQRUT	Rasjonale formel
	Døgndata	Lokal+regional	Findata			
Moelva	9,7 - 31,6	4,5 – 30,0	7,8 – 32,1*	23,0	24,4	-
Sidebekk til Moelva	0,43 - 1,41	0,20 - 1,34	0,27 - 1,42	1,40	-	0,72

\* 20.11 Tveitdalen er ikke inkludert

Tabell 16: Valgt 200-årsflom (kulminasjonsverdi) for Moelva.

Felt	Valgt verdi	
	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )
Moelva	24,4	1900
Sidebekk til Moelva	1,4	3200

## 2.12 Mulige konsekvenser av klimaendringer

Klimaframskrivninger for Norge tilsier endringer i fremtidig temperatur- og nedbørforhold. I rapporten «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» [4], har NVE sett på hvordan klimaendringer vil føre til endringer i flomstørrelser frem mot år 2100. I følge [4] har nedbørfelt nær kysten en 20–30 % forventet økning i flomstørrelse. I NVEs rapport «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» [4] anbefales det et klimapåslag på minst 20% for nedbørfelt i Agder.

Ifølge klimaprofilen for Agder, som er basert på rapport om klimapåslag for korttidsnedbør [5], anbefales det et klimapåslag på 30 - 50% for små nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.

NVEs veileder for flomberegninger anbefaler et klimapåslag på 40% for alle nedbørfelt mindre enn ca. 10 km<sup>2</sup> [1]. Feltarealet til Moelva er litt større enn 10 km<sup>2</sup> (12,8 km<sup>2</sup>).

Det er valgt å bruke 40% klimapåslag i denne rapporten. Kulminasjonsvannføring inkludert klimapåslag er presentert i Tabell 17.

Tabell 17: Flomverdier (kulminasjonsverdi) for Moelva.

Felt	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> inkl. klima (40%) (m <sup>3</sup> /s)
Moelva	24,4	34,2
Sidebekk til Moelva	1,4	2,0

## 2.13 Vurdering av kvalitetsklassen til flomberegningene

Det hydrologiske datagrunnlaget for beregningene er vurdert til å være flomberegningsklasse 3. Det er flere vannmerker i nærheten av vassdraget, men store variasjoner i flomstørrelsene.

## 3 Hydraulisk modell

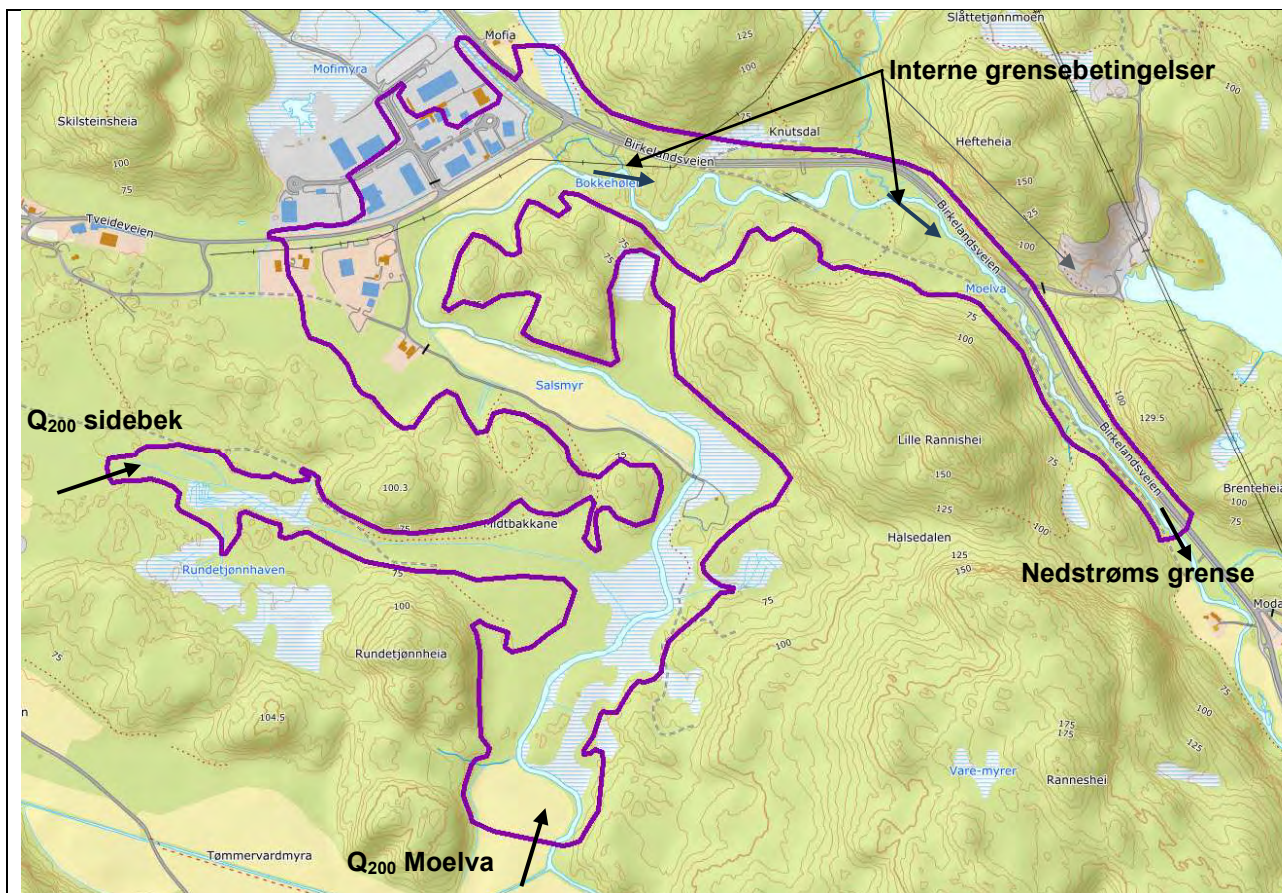
### 3.1 Beregningsmodell

Vannstandsstigning og flomutbredelse langs vassdraget ved Birkeland Solpark er beregnet ved bruk av den to dimensjonale hydrauliske modellen HEC-RAS 6.1. Grunnlaget for modellen er laserdata [6] fra 2016 som vist i Tabell 18.

Tabell 18: Grunnlaget for hydraulisk modell.

Grunnlag	Høydesystem	Oppløsning
NDH Birkenes-Grimstad 5pkt 2017, laserscan med punkttetthet 5 pkt/m <sup>2</sup>	NN2000	0,25 x 0,25 m

Den hydrauliske modellen er satt opp for Moelva og sidebekken slik at den dekker planområdet. For å få riktig nedstrøms grensebetingelser er modellen utvidet ca 2 km nedenfor planområdet. Oversiktskart som viser modellert område, er vist i Figur 11. Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes for celler i et «beregningsskjema». Cellestørrelsen i modellen er satt til 2 x 2 meter i elven og områdene tett på. For områdene utenfor, med mindre krav til nøyaktighet, er det brukt en cellestørrelse på 4 x 4 meter. Modellen er kjørt med bruk av ligningen SWE-ELM med et tidssteg på 0,5 sekunder. Disse beregningsforutsetningene gir et Courant tall under 1,0.



Figur 11: Kartutsnitt over modellert område.

### 3.2 Grensebetingelser

2D-modellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse. Oppstrøms grensebetingelser er flomvannføringer inn i beregningsstrekningen dvs. momentanverdien, i henhold til Tabell 17. Nedstrøms grensebetingelse er satt lik normalstrømning i Moelva med bunnhelning på 0,015 (jf. Figur 11). Modellens følsomhet til nedstrøms grensebetingelser er omtalt i kapittel 5.4.

Flomvannføringer i Moelva nedenfor planområdet er estimert ved arealskalering og vist i Tabell 19, og restvannføringer er lagt inn i modellen som interne grensebetingelser (se Figur 11).

Tabell 19: 200-års flomvannføringer nedstrøms.

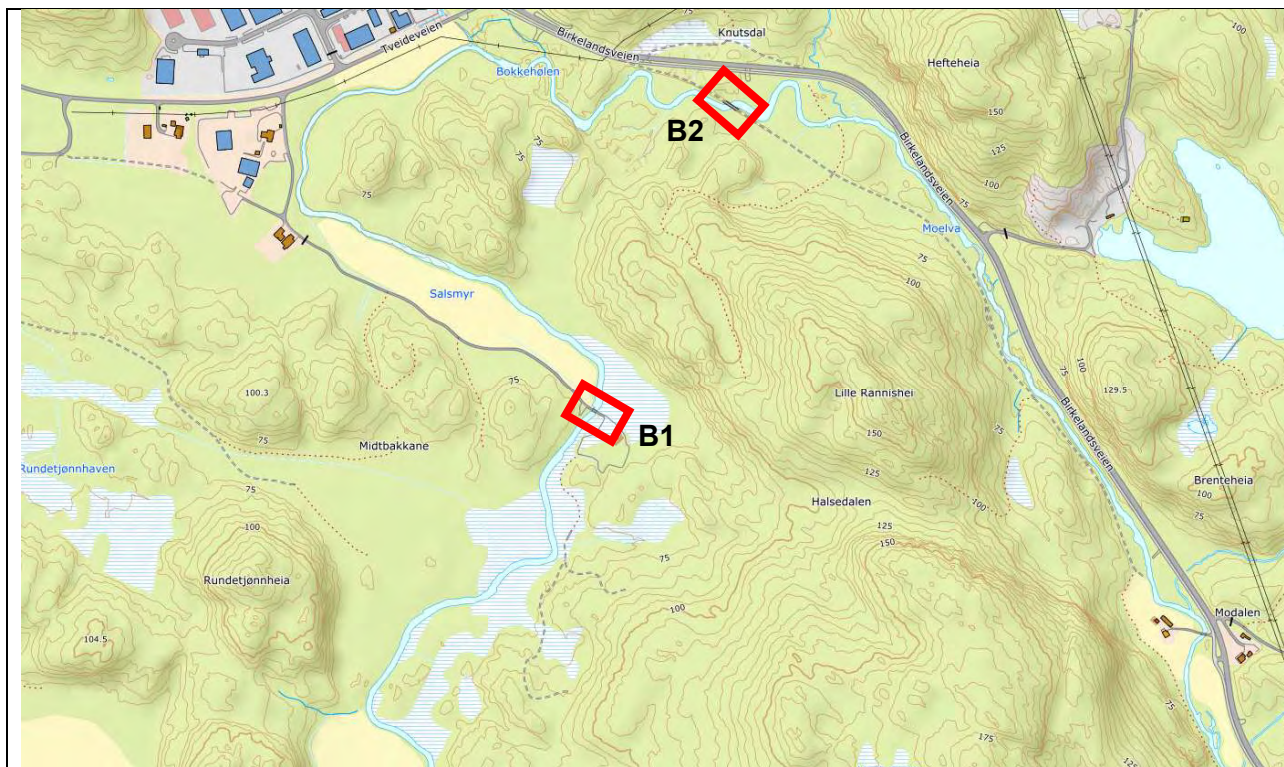
Felt	Feltareal	Q <sub>200</sub> inkl. klima (40%) (m <sup>3</sup> /s)	Restvannføring
Moelva ved bru B2	14,3	38,2	4,0
Moelva ved nedstrøms grense	15,1	40,3	2,1

Friksjonsforholdene er vurdert ut fra kart og bilder, samt erfaringstall fra litteratur knyttet til forskjellig arealbruk og forhold i elven. Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall (n). I beregningstrekningen er Manningstallet satt til 0,05.



### 3.3 Infrastruktur i modellen

Det er to bruer på beregningstrekningen. Plassering av bruene er markert på kart i Figur 12. Merk at traktorstier krysser Moelva og sidebekken i beregningstrekningen, men det er ingen bruer/kulverter ved disse kryssingene. Bruene er innmålt av oppdragsgiver (se Vedlegg 6) og det antas i beregningene at disse bruene ikke er tilstoppet. Brudimensjoner, som er benyttet i HEC-RAS modellen, er vist i Tabell 20.



Figur 12: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks).

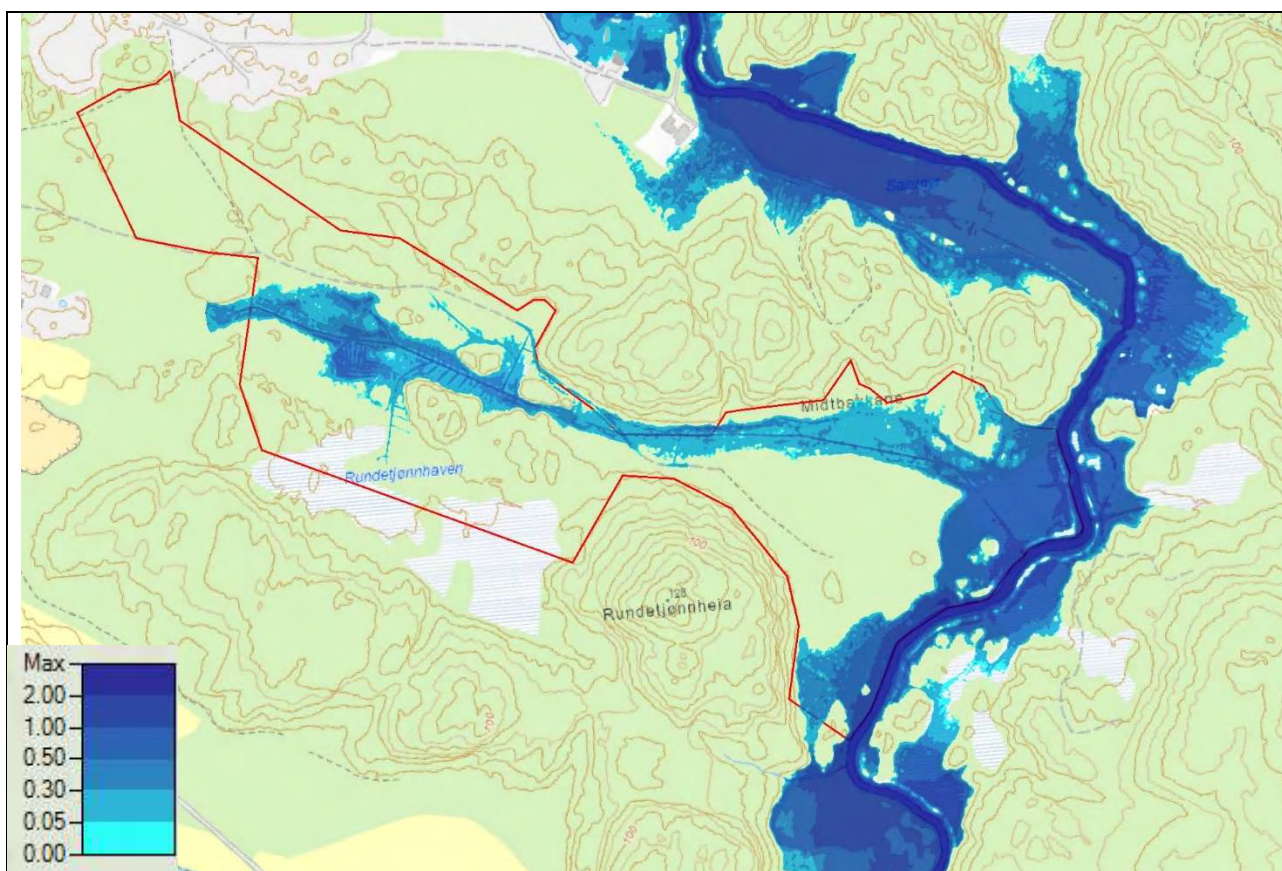
Tabell 20: Dimensjoner til kulverter i modellen (Høydene i høydesystem NN2000).

	B1	B2
Bredde (m)	4,65	9,4
Høyde-brudekke	0,23	0,75
Overkant brudekke (moh.)	67,00	65,75
Underkant brudekke (moh.)	66,77	65,00

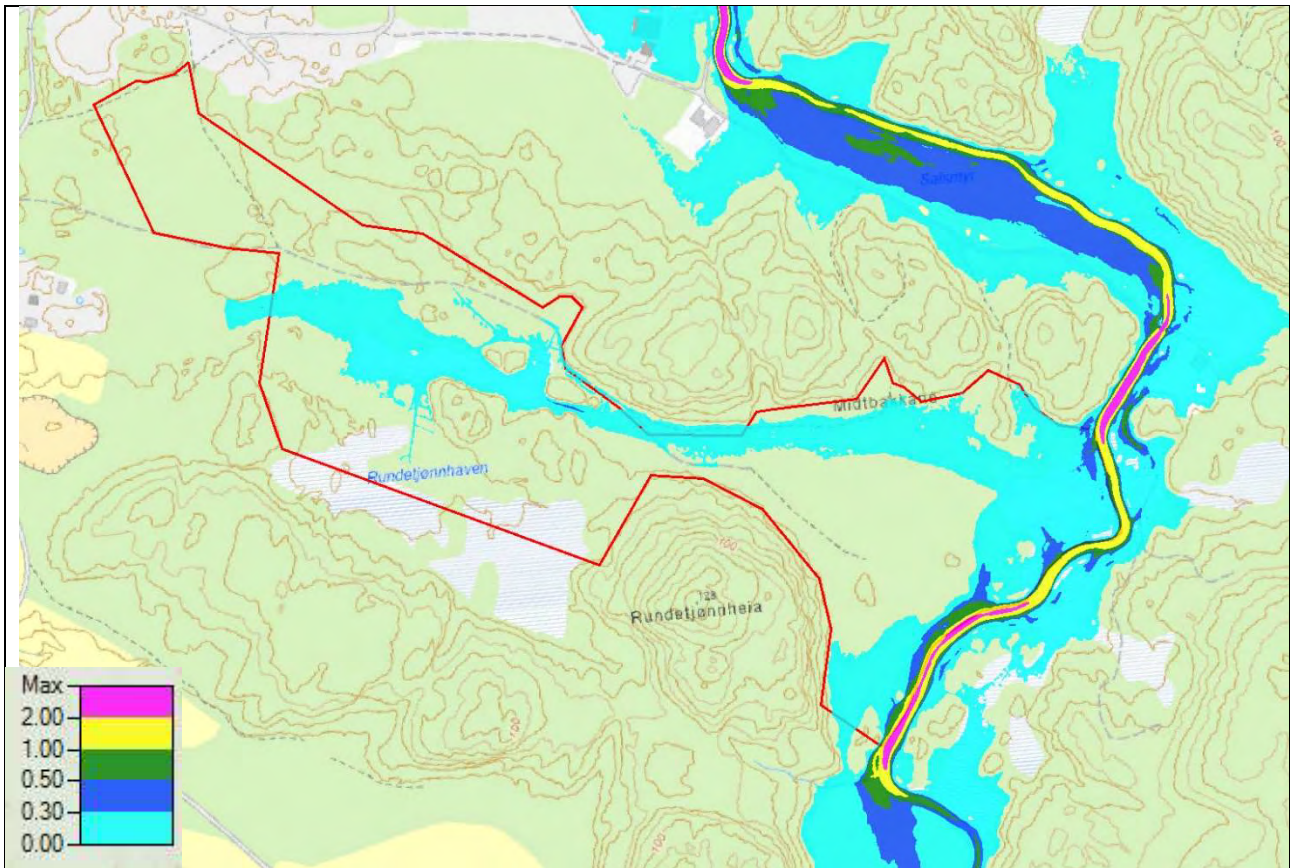


Bygninger/infrastruktur bør helst plasseres utenfor det oversvømte området og bør ligge over beregnet flomvannstand pluss en sikkerhetsmargin [7]. Terrengendringer og øvrige infrastruktur bør utformes slik at flomvannstander i området ikke øker.

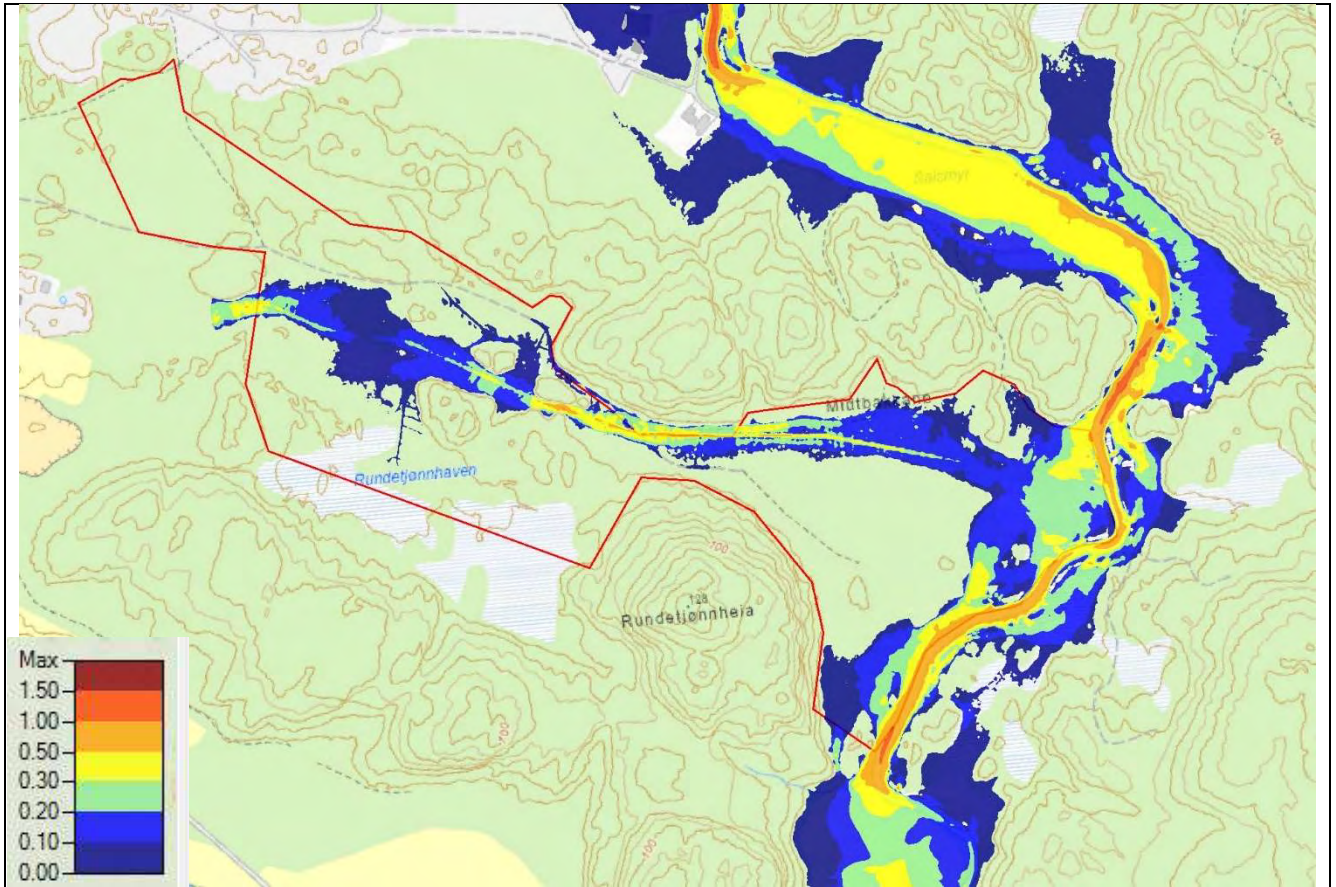
Det kan være aktuelt å bygge noen solcellepaneler innenfor flomsonen der vandedybde/hastigheter er lave, så lenge disse er dimensjonert mot flom og erosjonsrisiko. Det bør vurderes hvorvidt det er akseptabelt å ikke ha adkomst til disse solcellepanelene ved flomhendelser. Det anbefales at infrastruktur som er kritisk til operasjonen av hele anlegget (transformator eller lignende) plasseres utenfor flomsonen.



Figur 14: Vandedybde [m] i Moelva og sidebekken i utbyggingsområdet for Birkeland Solpark, 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.



Figur 15: Dybde\*Hastighet [ $m^3/s$ ] i Moelva og sidebekken i utbyggingsområdet for Birkeland Solpark, 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.



Figur 16: Vannhastighet [m/s] i Moelva og sidebekken i utbyggingsområdet for Birkeland Solpark, 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag.

## 5 Følsomhet og sikkerhetsmargin

Vurdering av usikkerheter i beregninger, følsomhetsanalyse og beregning av sikkerhetspåslag som legges på flomvannstander utføres i henhold til NVEs veileder for sikkerhet mot flom [7].

### 5.1 Datagrunnlag

Terrengmodellen som vannlinjemodellen er basert på er laget med punktoppmåling fra 2017 registrert fra fly. Punktoppmåling fra fly har i utgangspunktet høy nøyaktighet, men nøyaktigheten reduseres i områder med skog og der vandybden er stor.

Moelva har tett skog nært vassdraget. Dette gjør at nøyaktigheten reduseres fordi deler av terrengoverflaten må interpoleres. Det er også usikkerhet knyttet til den reelle dybden av elva. Terrengmodellen gjengir vannoverflaten på skanningsdatoen istedenfor elvebunnen. Videre er endringer i terrenget etter skanningstidspunktet ikke tatt høyde for. Mer detaljert terrenggrunnlag vil kunne øke nøyaktigheten i beregningene, men eksisterende detaljeringsgrad vurderes som tilstrekkelig og det er ikke forventet at et annet grunnlag vil ha stor innvirkning på flomutbredelsen i utbyggingsområdet.

### 5.2 Tilstopping av kulverter / bruer

I beregningene er det forutsatt at bruene er åpne (ikke tilstoppet). Eventuell tilstopping av kulvertene/ bruene vil føre til høyere vannstand og større flomutbredelse sammenlignet med det flomsonekartet viser.

Det er kjørt simulering med 100% tilstoppet bruer. Dette gir endring i flomvannstand mindre enn 5 cm i planområdet.

### 5.3 Følsomhet til Manningstall

Det er sjekket sensitivitet i den hydrauliske modellen for  $\pm 0,01$  (~20%) i Mannings n. Dette gir en endring i resulterende flomvannstander i planområdet på om lag  $\pm 9$  cm. Ut fra dette kan sensitiviteten til valg av Manningstall ventes å være liten.

### 5.4 Følsomhet til Nedstrøms grensebetingelse

I modellen er nedstrøms grensebetingelse satt lik normalstrømning i Moelva med bunnhelning på 0,015. Resultater viser at vannstand ved nedstrøms grense er ca. 9 m lavere enn flomvannstanden i planområdet. Usikkerheten i nedstrøms grensebetingelsen vil ikke påvirke beregnet flomvannstanden ved planområdet.

### 5.5 Følsomhet til estimert flomvannføring

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Flomberegningen som er utført for Moelva, er gjort med ulike beregningsmetodikker og beregnede vannføringer er deretter sammenlignet. Resultatet fra beregningene viser relativt stor forskjell i forventet vannføring, og ved valg av flomstørrelse er en konservativ tilnærming valgt.

HEC-RAS modellen er kjørt basert på kulminasjonsvannføring, det vil si ved en konstant vannføring i elva over flere timer. Dette kan gi et noe konservativt estimat av flomvannstanden ved planområdet. En simulering basert på en flomhydrogram kan eventuelt gi en lavere vannstand ved planområdet.

Det er kjørt simulering med 20% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. 40% klimapåslag). Dette gir en endring i resulterende flomvannstand i Moelva på opp mot 24 cm.

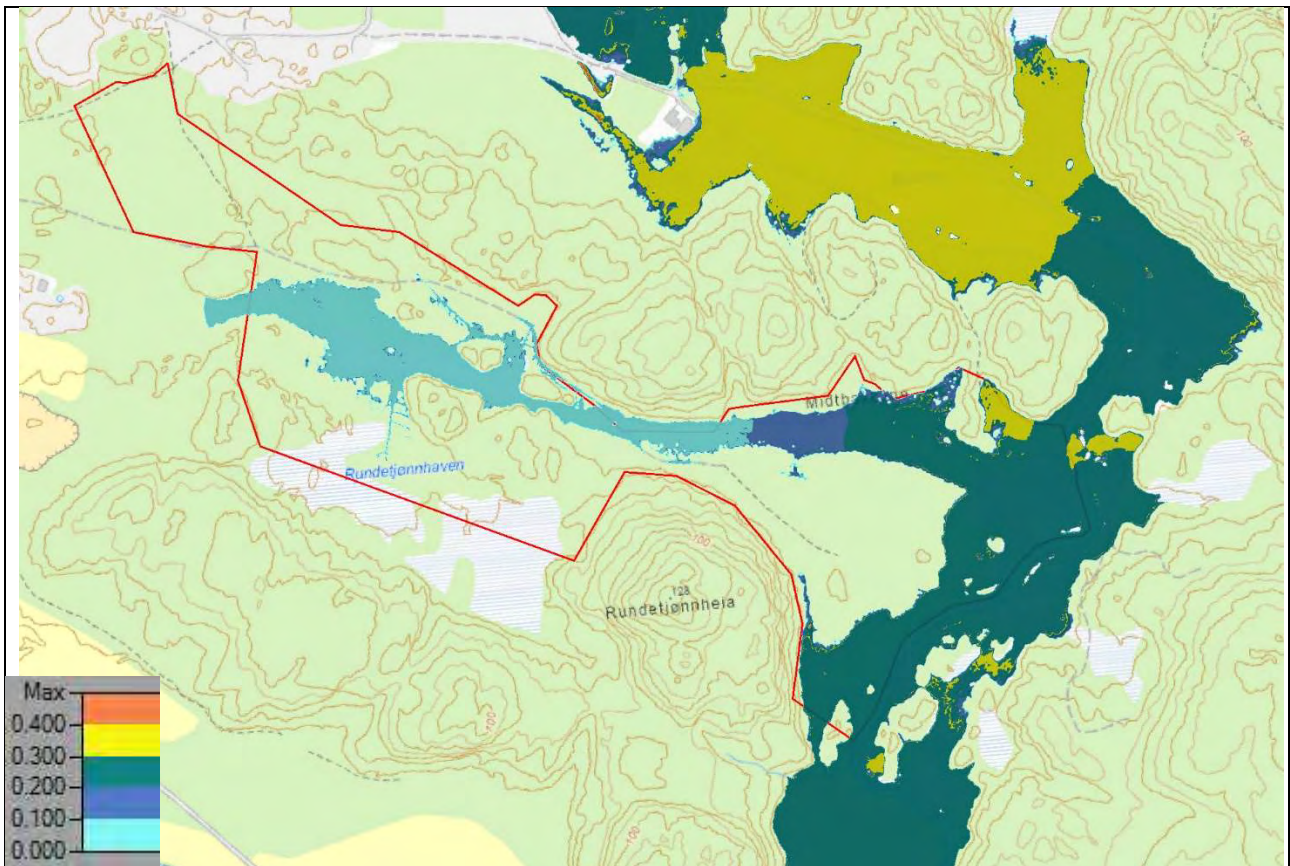
## 5.6 Klassifisering av hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen, brukt for beregningene, er vurdert til å være klasse D [7]. Det foreligger ikke kalibreringsdata for modellen og vannstander er derfor simulert basert på estimerte Manningstall. Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er mindre enn 30 cm. Det vil alltid være usikkerhet i beregnet flomvannstander og oversvømt område forbundet med dette.

### 5.6.1 Prosentvis påslag på vannføringen

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag [7]. Den flomberegningsklassen og den hydrauliske modellen er vurdert å være hhv. Klasse 3 og klasse D. Det er kjørt simulering med 40% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. 40% klimapåslag). Dette gir en endring i resulterende flomvannstand i sidebekken til Moelva i planområdet oppstrøms på opp mot 8 cm, mens resulterende flomvannstand i Moelva og i sidebekken oppstrøms samløpet med Moelva på opp mot 31 cm.

Det er også kjørt simulering med 50% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. 40% klimapåslag). Dette gir en endring i resulterende flomvannstand i sidebekken til Moelva i planområdet oppstrøms på opp mot 9 cm, mens resulterende flomvannstand i Moelva og i sidebekken oppstrøms samløpet med Moelva på opp mot 36 cm.



Figur 17: Endringer i vannstand ved 40% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag).

## 5.7 Anbefalt sikkerhetsmargin

Sikkerhetspåslag som omtalt i kapittel 5.6.1 bør ansees som et minimumspåslag. Alt infrastruktur som kan bli skadet av flom bør sikres til minst dette nivået. Det anbefales at infrastruktur som er kritisk til operasjonen av hele solcelleanlegget plasseres utenfor flomsonen og bør ligge minst 0,4 m over beregnede flomvannstander.

Dersom det skal plasseres anlegg innenfor flomsonen i områder med lave vanndybder og «vanndybde \* vannhastighet», kan det være hensiktsmessig å vurdere flomforhold ved lavere gjentaksintervaller enn 200-års flom. Dette for å forstå hvor ofte tiltakene kan bli påvirket av flom.



## 6 Referanser

- [1] NVE (2022). Veileder for flomberegninger. NVE-rapport 1-2022.
- [2] NVE (2011). Retningslinjer for flomberegninger. NVE-rapport 4-2011.  
<https://nve.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=66271d2e94014aff80fc065a18ad1f50>
- [3] NVE (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-rapport 7-2015
- [4] NVE (2016). Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016.
- [5] Klimaservicesenter (2021). Klimaprofil Agder  
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/agder>
- [6] <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- [7] NVE (2022). Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. Veileder 3/2022. [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022\\_03.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf)
- [8] Byggeteknisk forskrift (TEK17). <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17>

## 7 Vedlegg

- Vedlegg 1: Nedbørfeltparametere, hentet fra NEVINA
- Vedlegg 2: Feltanalyser fra Scalgo
- Vedlegg 3: Flomfrekvenskurver døgndata
- Vedlegg 4: Flomfrekvenskurver findata
- Vedlegg 5: IVF kurver
- Vedlegg 6: Oppmålinger av bruer i vassdraget
- Vedlegg 7: Flomsonekart 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag

## Vedlegg 1: Nedbørfeltparametere, hentet fra NEVINA

### Feltet til Moelva

### Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 020.02Z  
 Kommune.: Birkenes  
 Fylke.: Agder  
 Vassdrag.: Moelva

Feltparametere		Hypsografisk kurve	
Areal (A)	12,8 km <sup>2</sup>	Høyde <sub>MIN</sub>	70 m
Effektivt sjø (A <sub>SE</sub> )	0,23 %	Høyde <sub>0</sub>	80 m
Elvleilengde (E <sub>L</sub> )	53 km	Høyde <sub>70</sub>	96 m
Fluvegradient (F <sub>C</sub> )	14,5 m/km	Høyde <sub>100</sub>	111 m
Elvegradient <sub>100</sub> (E <sub>C,100S</sub> )	9,0 m/km	Høyde <sub>140</sub>	121 m
Helning	9,8 ‰	Høyde <sub>160</sub>	137 m
Dreneringstetthet (D <sub>r</sub> )	1,8 km <sup>-1</sup>	Høyde <sub>180</sub>	142 m
Feltleilengde (F <sub>L</sub> )	4,3 km	Høyde <sub>190</sub>	150 m
		Høyde <sub>200</sub>	159 m
		Høyde <sub>220</sub>	172 m
		Høyde <sub>MAX</sub>	228 m

Arealklasse		Klima- /hydrologiske parametere	
Bru (A <sub>BRE</sub> )	0 %	Avrenning 1961-90 (Q <sub>10</sub> )	31,7 l/s*km <sup>2</sup>
Dyrket mark (A <sub>DMARK</sub> )	31 %	Sommernedbør	494 mm
Myr (A <sub>MURK</sub> )	50 %	Vinternedbør	767 mm
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	0 %	Årstemperatur	6,3 °C
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	88,6 %	Sommertemperatur	12,8 °C
Sjø (A <sub>SJO</sub> )	2,8 %	Vintertemperatur	1,6 °C
Snaufjell (A <sub>SFJ</sub> )	0 %		
Urban (A <sub>U</sub> )	0 %		
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	0,5 %		



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N  
 Beregn punkt: 105486 F  
 6481951 N



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

Rapportdato: 12/19/2022 © ne/vina.nve.no

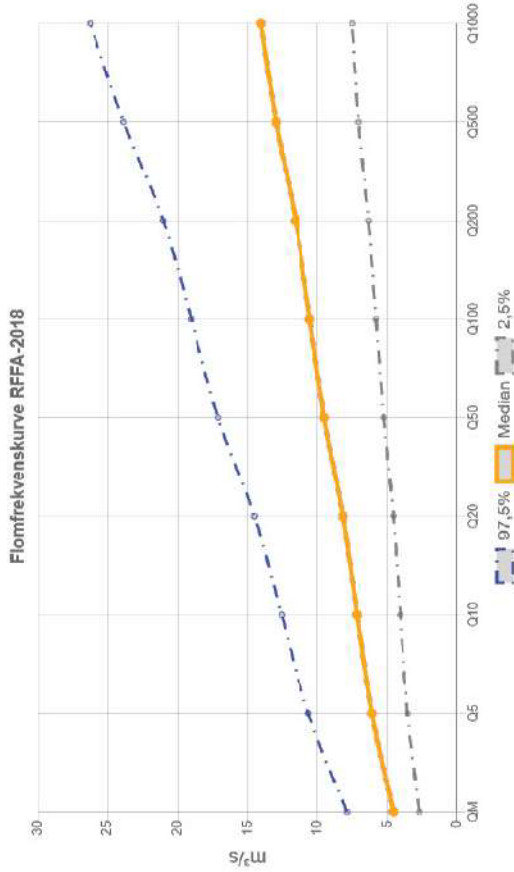
## Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 020.2Z  
 Kommune.: Birkenes  
 Fylke.: Agder  
 Vassdrag.: Moelva  
 Nedbørfeltareal: 12.8 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 (2019).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se [www.klimaserviceenter.no](http://www.klimaserviceenter.no)).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

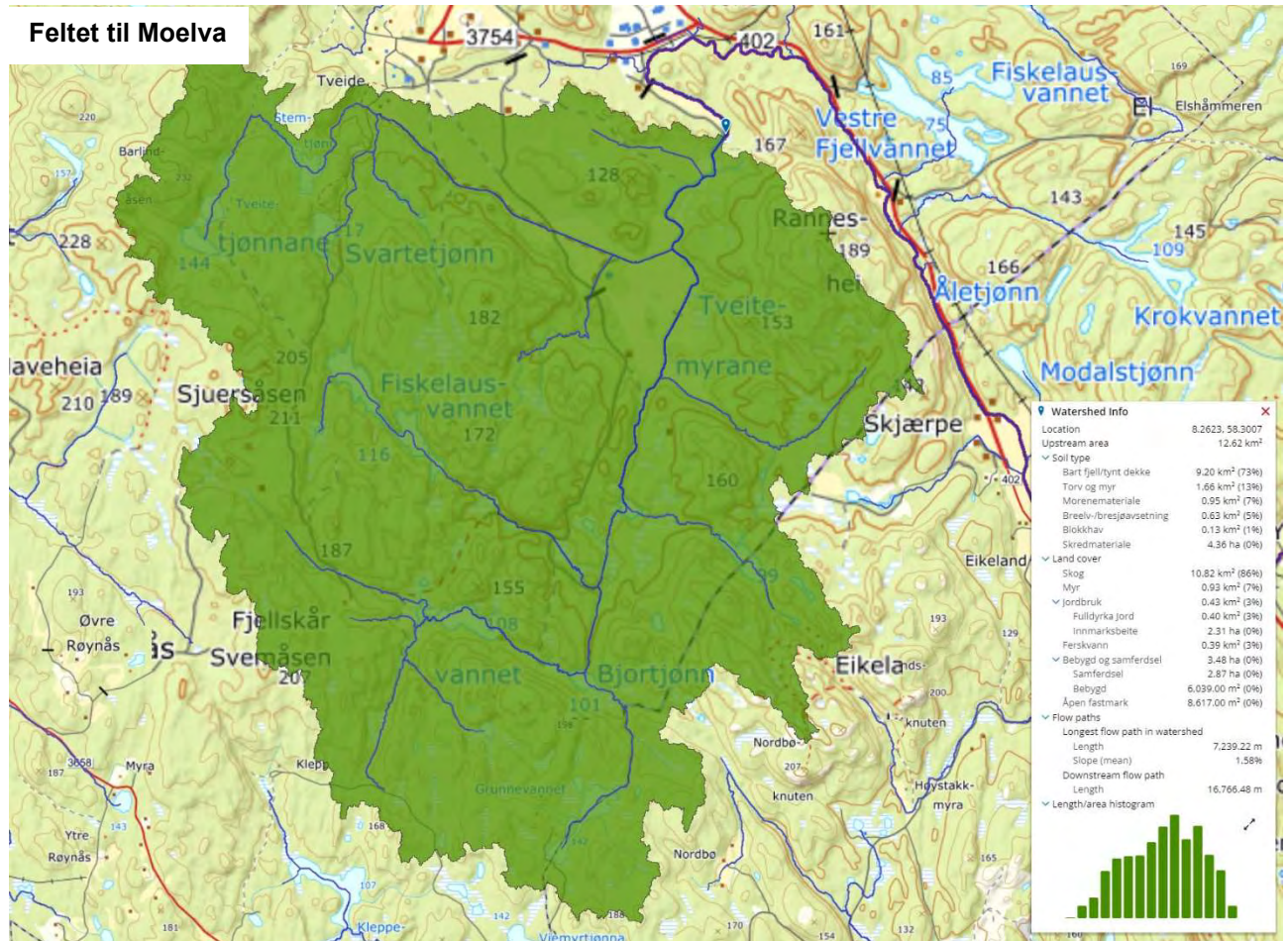


RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	357 l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.54 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	602 l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	40 %
<b>Annet</b>	
Tiløpsflom	Nei -

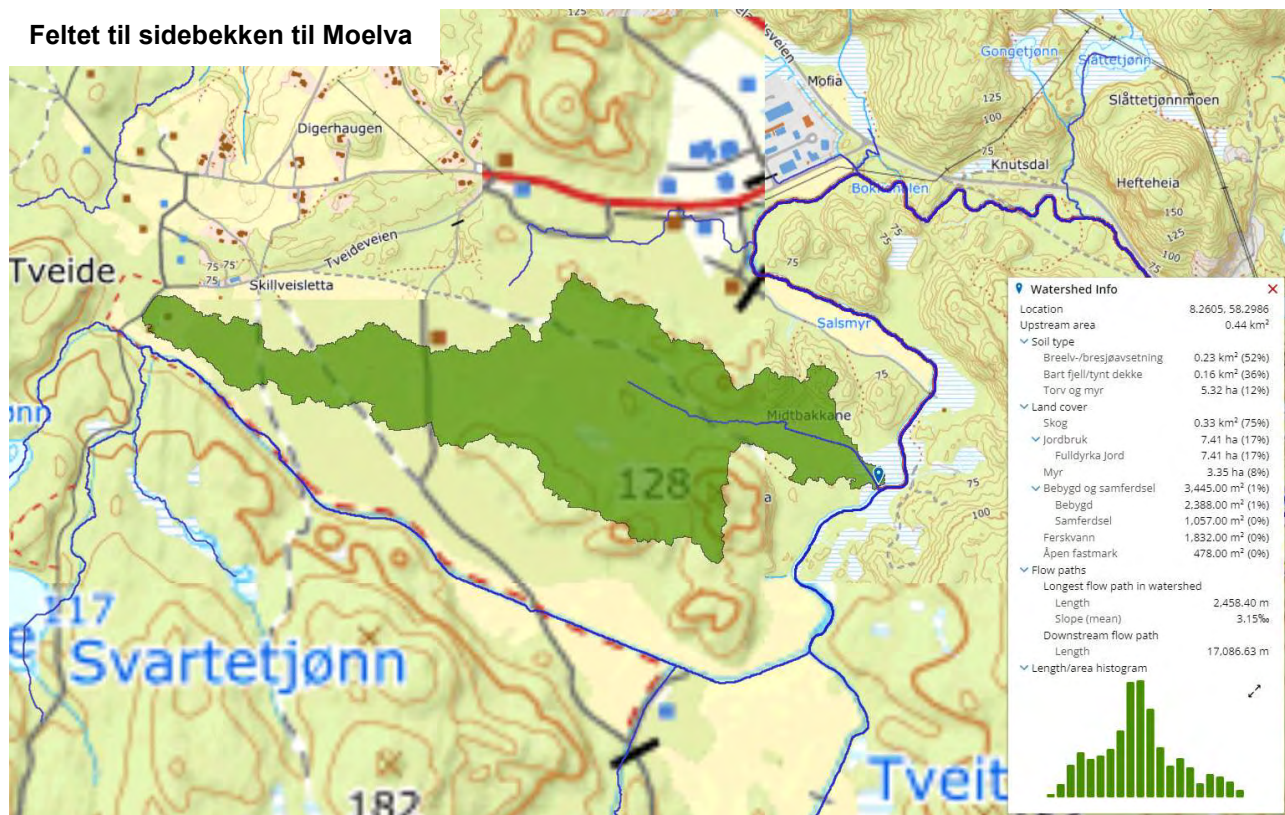
RFFA-2018 (døgnmiddel)										
	Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>200-klima</sub>
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub> )	1	1.33	1.55	1.78	2.08	2.30	2.53	2.84	3.07	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	4.6	6.1	7.1	8.2	9.5	10.5	11.6	13.0	14.1	11.6
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	7.9	10.6	12.5	14.5	17.1	19.0	21.0	23.8	26.3	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	2.7	3.5	4.1	4.6	5.3	5.8	6.4	7.0	7.5	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub> )	1	1.24	1.45	1.70	2.05	2.36	2.71	3.25	3.73	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	7.7	9.6	11.3	13.1	15.8	18.2	20.9	25.1	28.7	29.2
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	13.6	17.3	20.8	24.7	30.8	36.4	41.8	50.1	57.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	4.4	5.3	6.1	6.9	8.1	9.1	10.4	12.5	14.4	-

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: Feltanalyser fra Scalgo

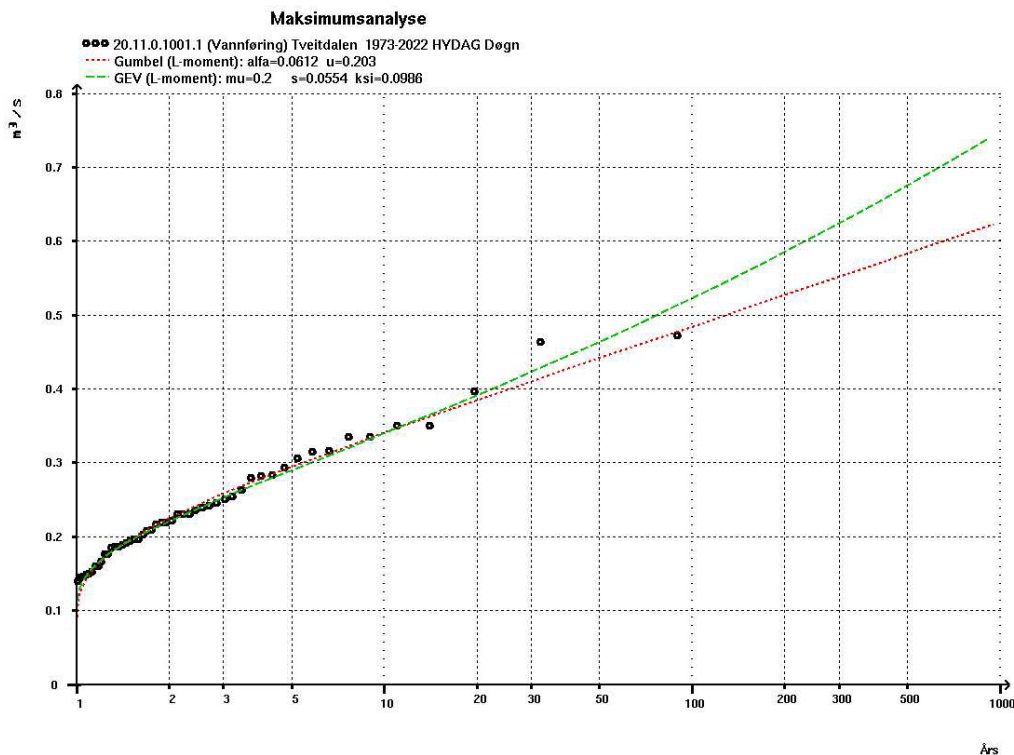
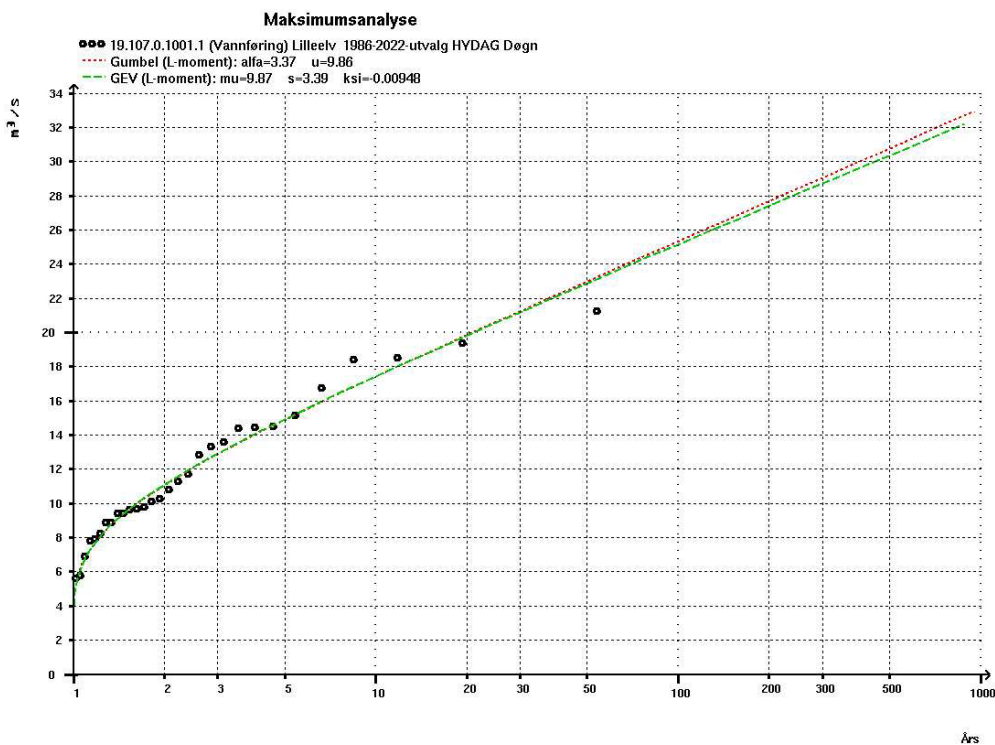


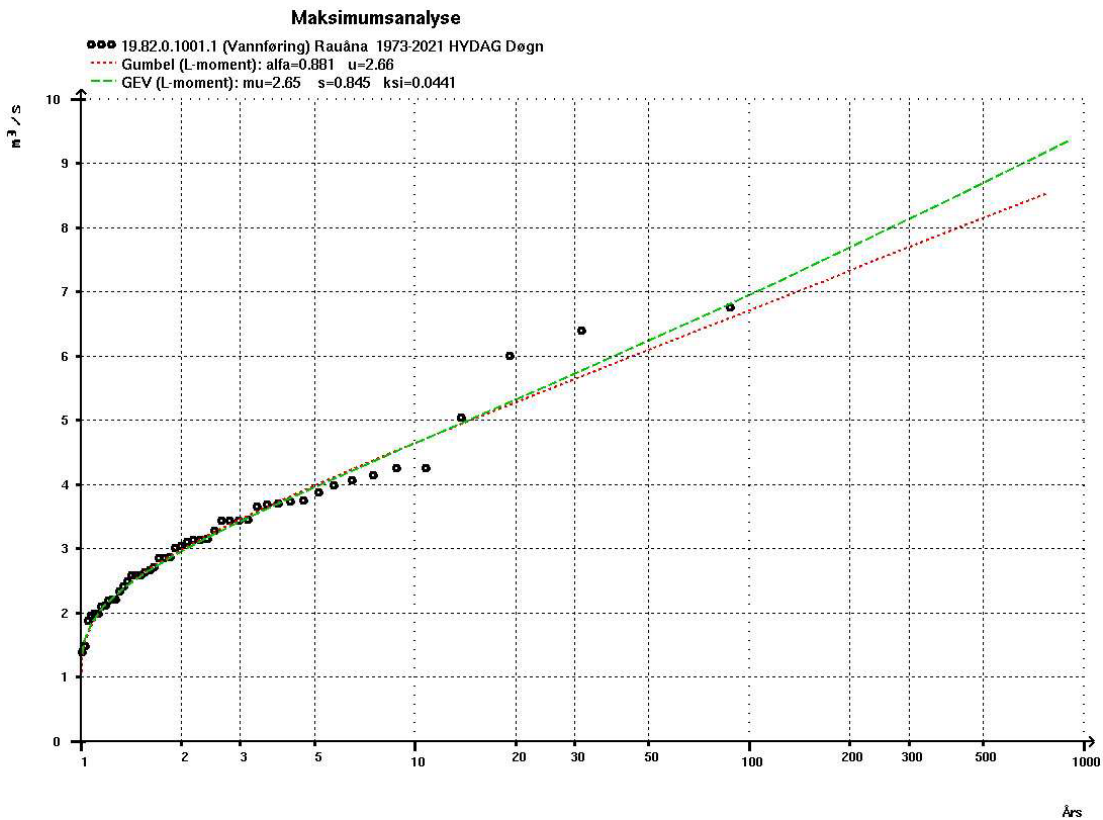
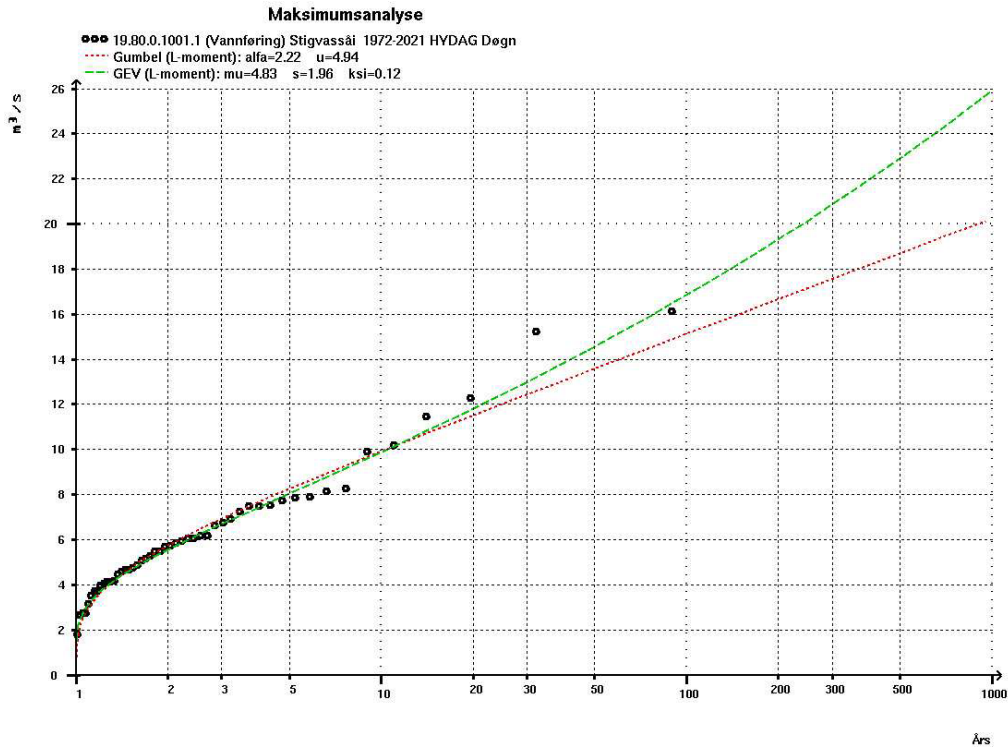
Feltet til sidebekken til Moelva



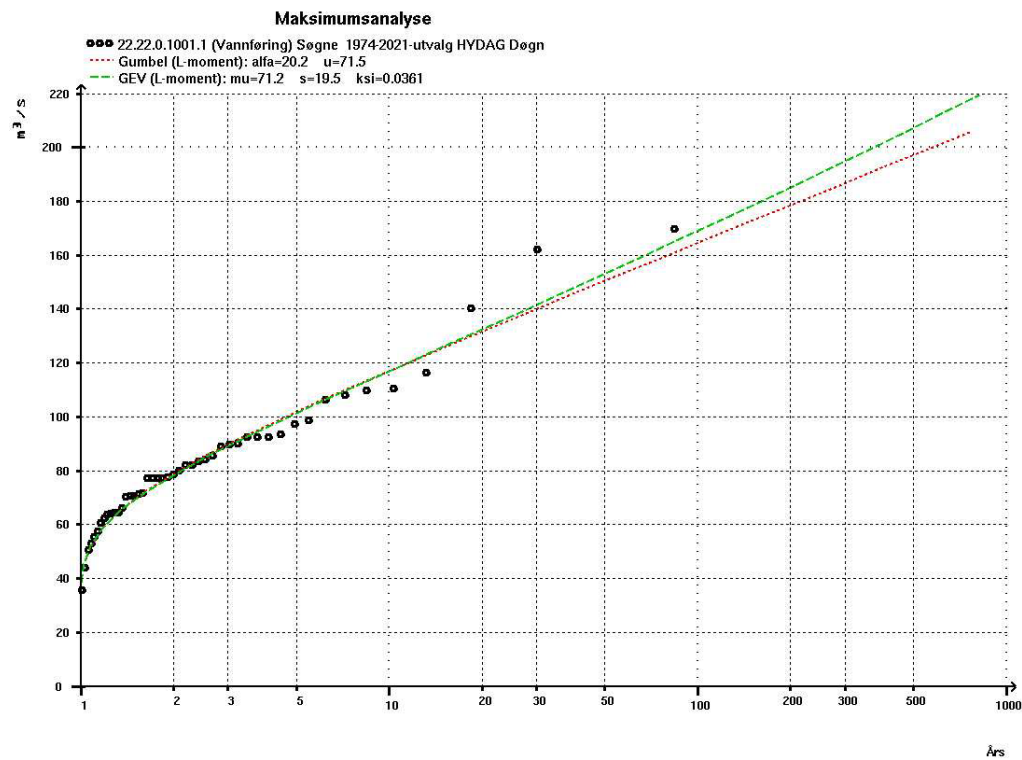
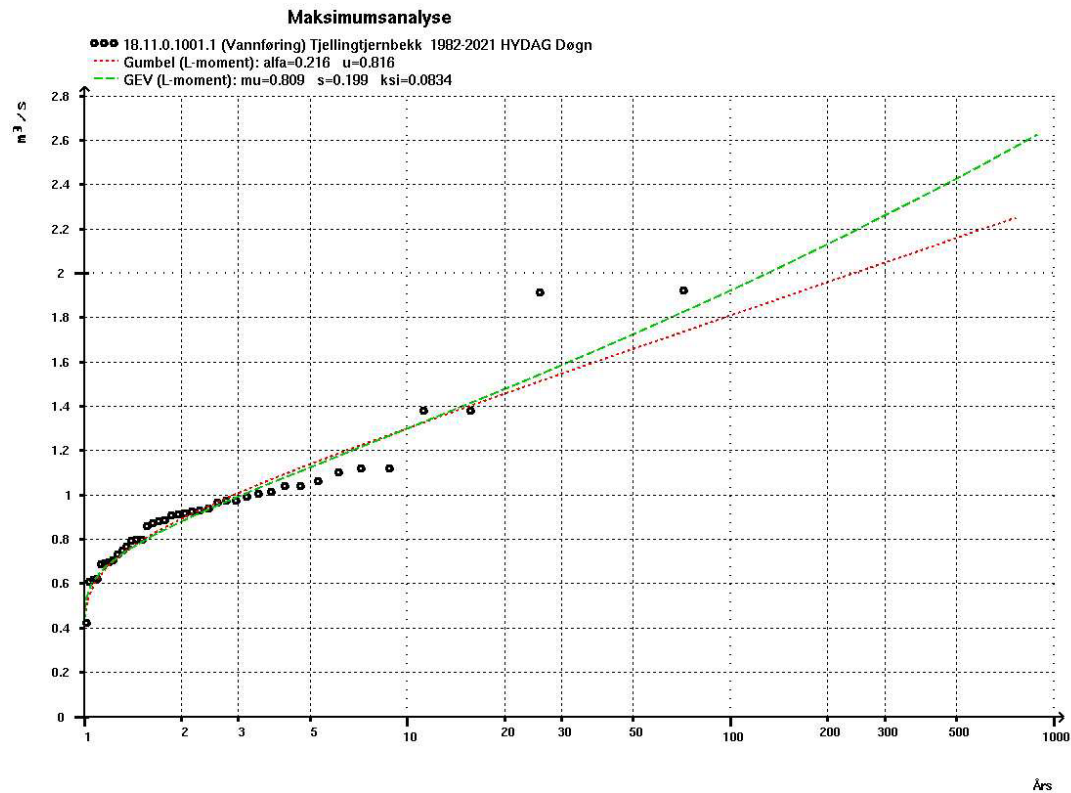
### Vedlegg 3: Flomfrekvenskurver døgndata

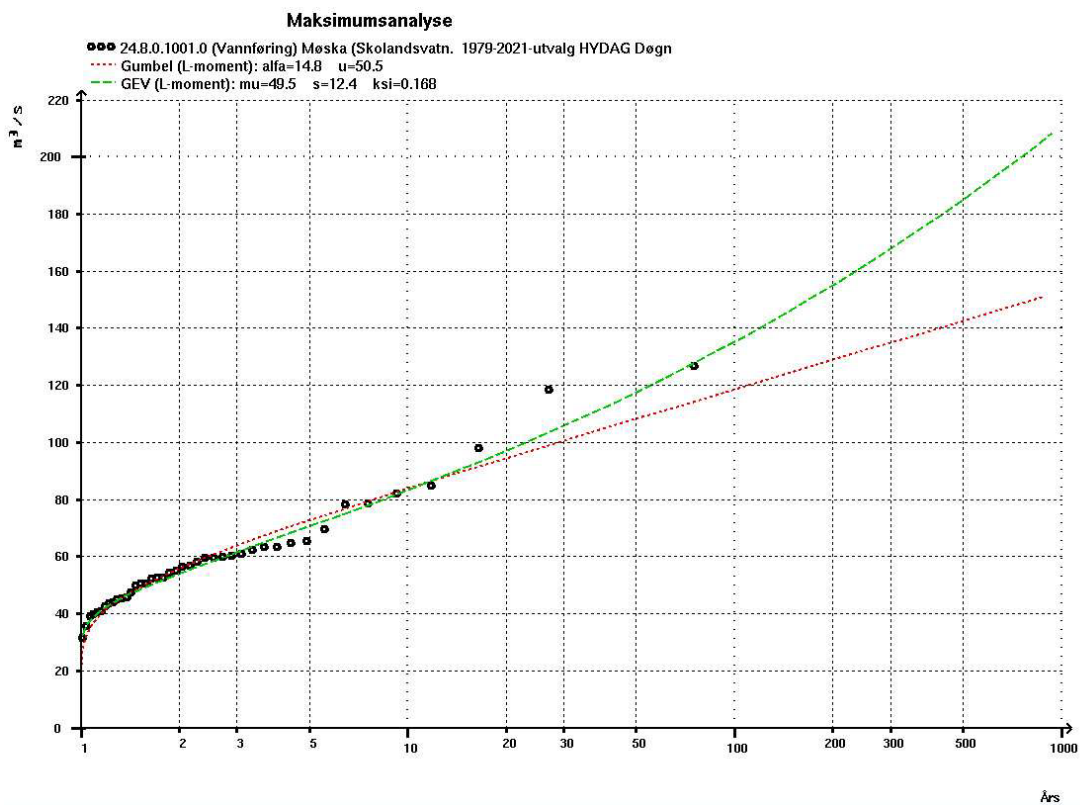
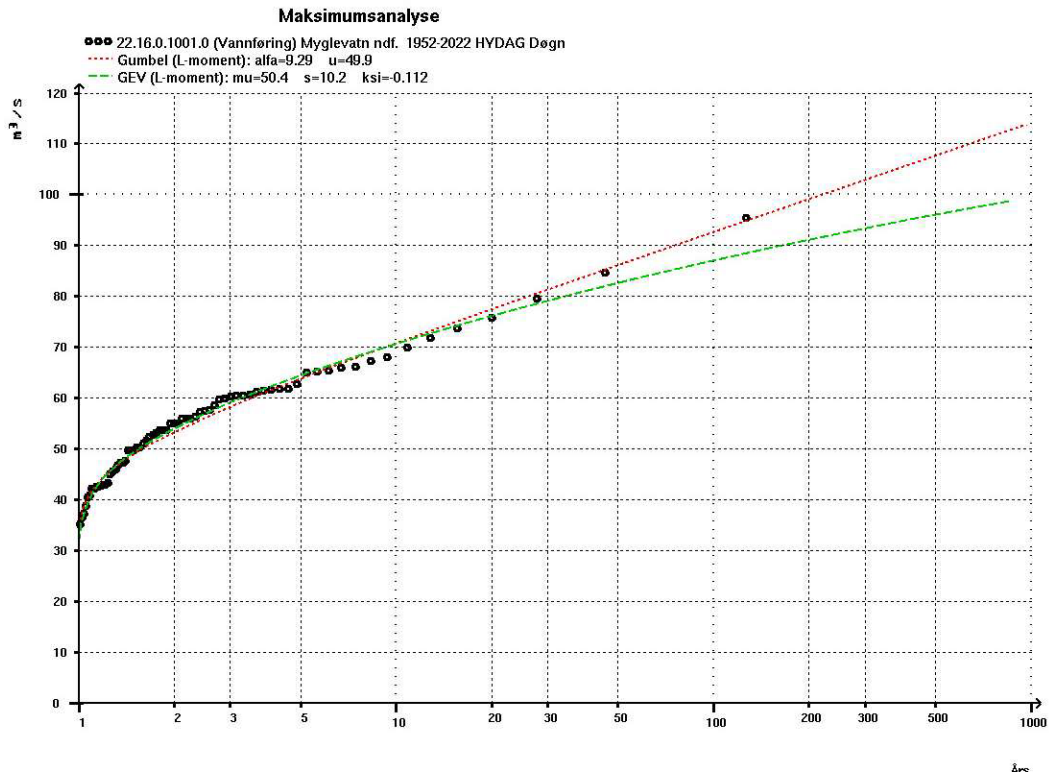
#### Frekvensanalyse på vannmerker (døgndata)

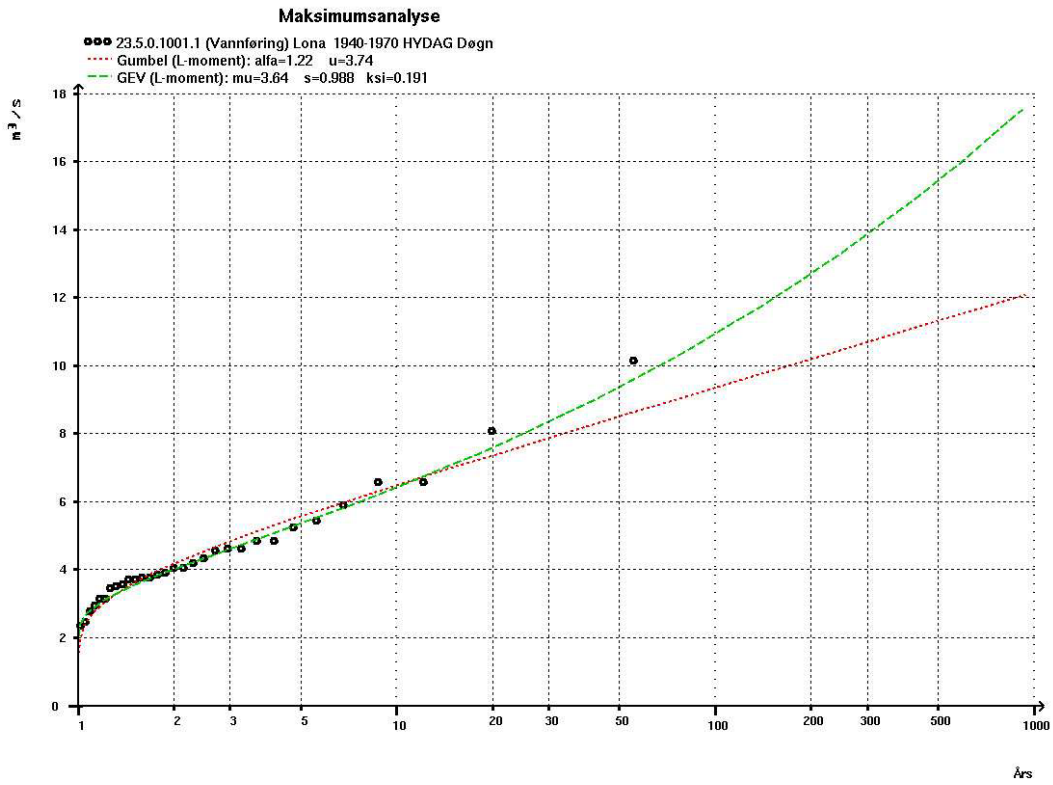






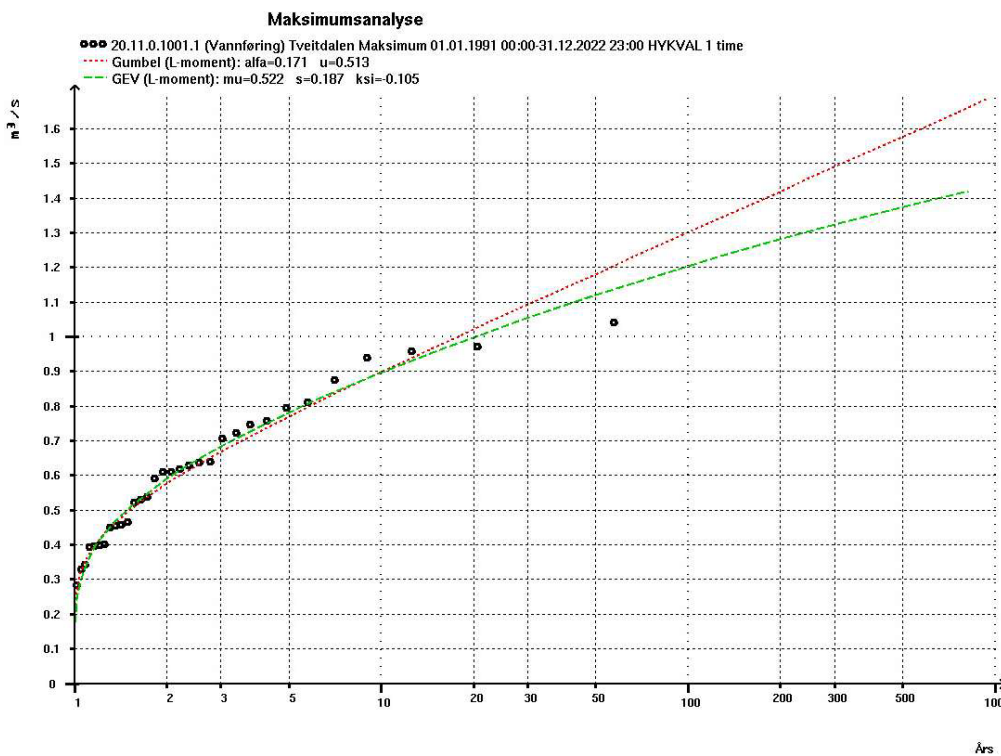
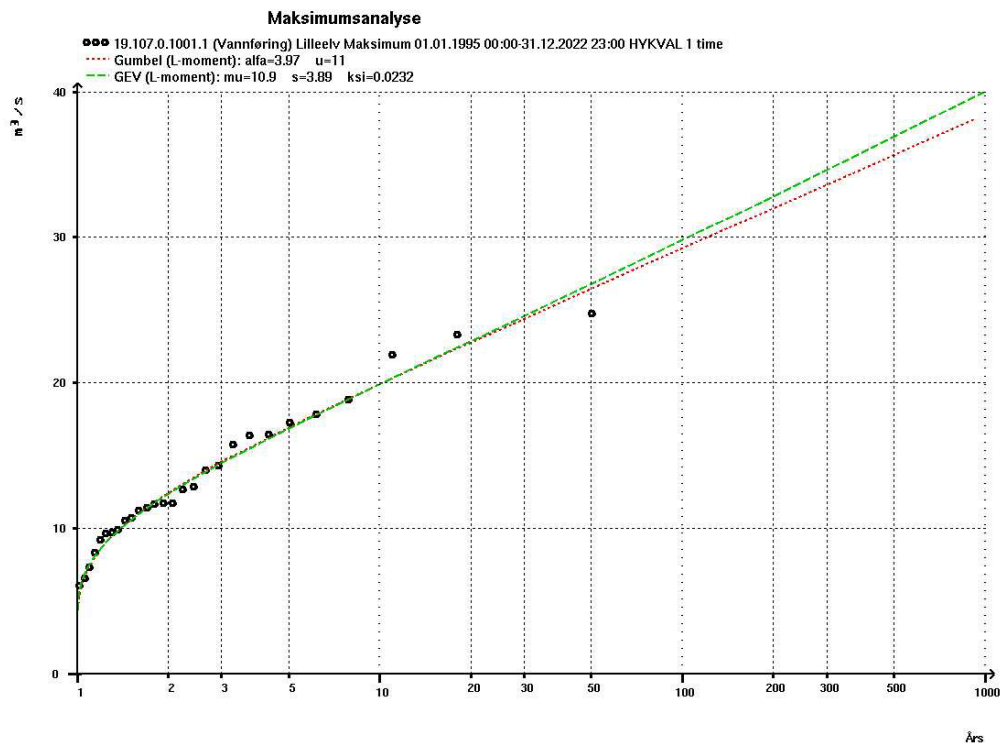




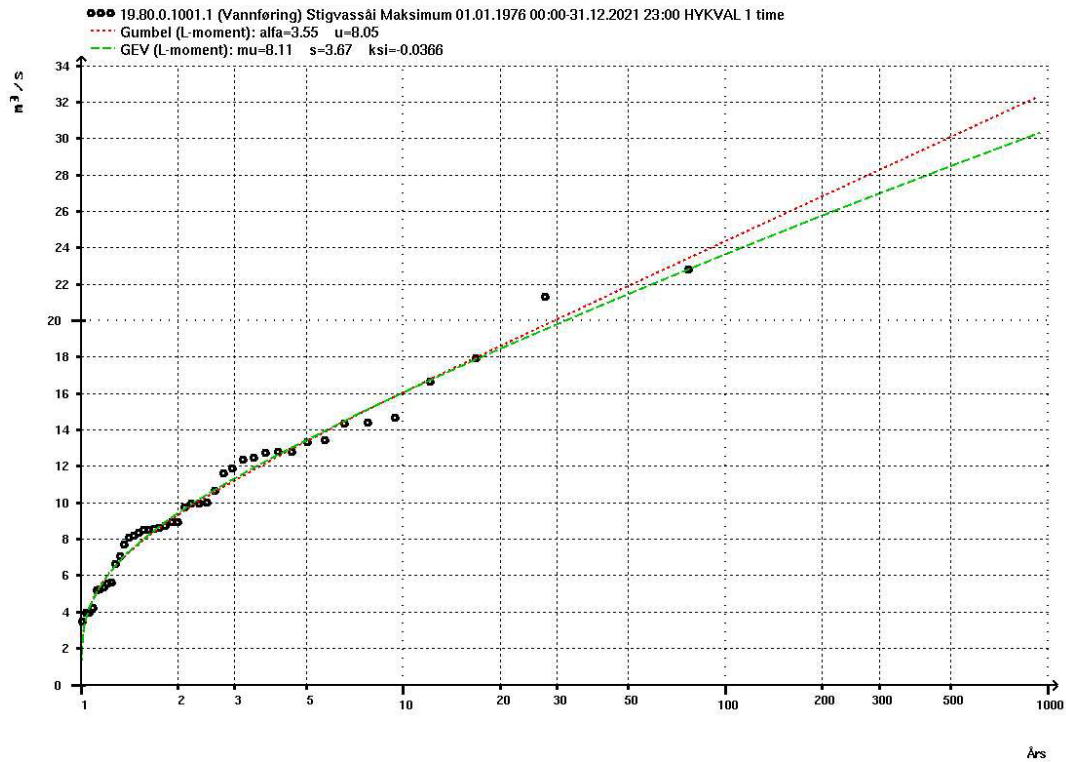


### Vedlegg 4: Flomfrekvenskurver findata

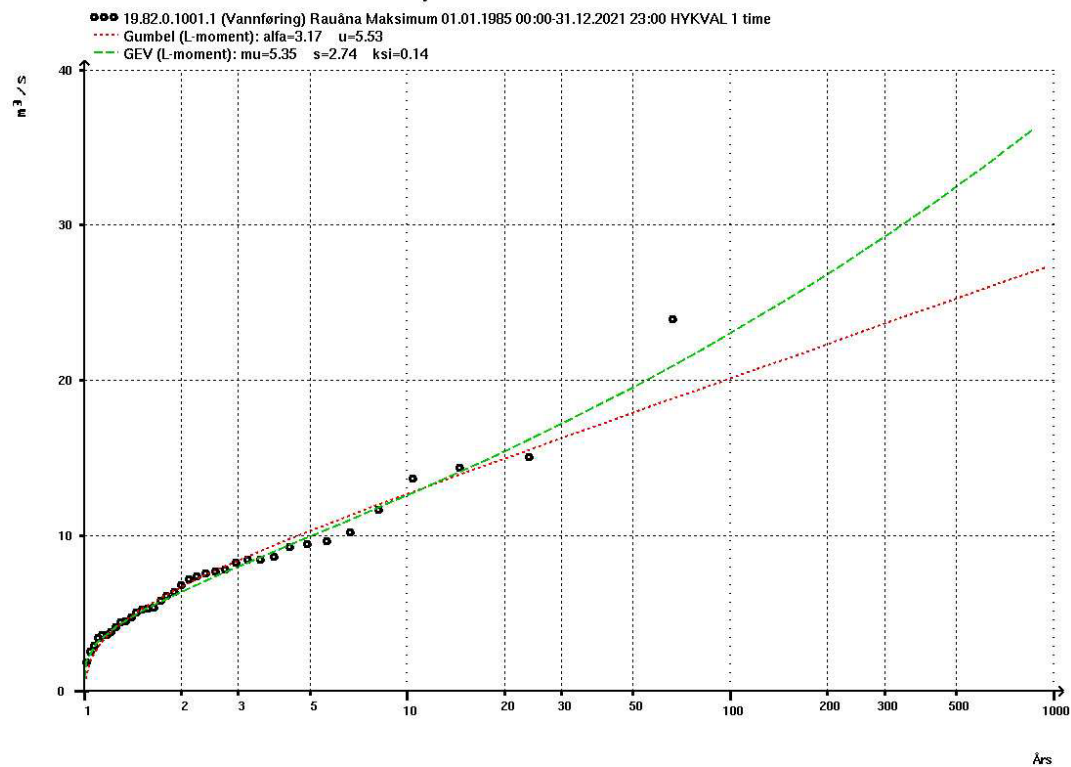
#### Frekvensanalyse på vannmerker (Findata)



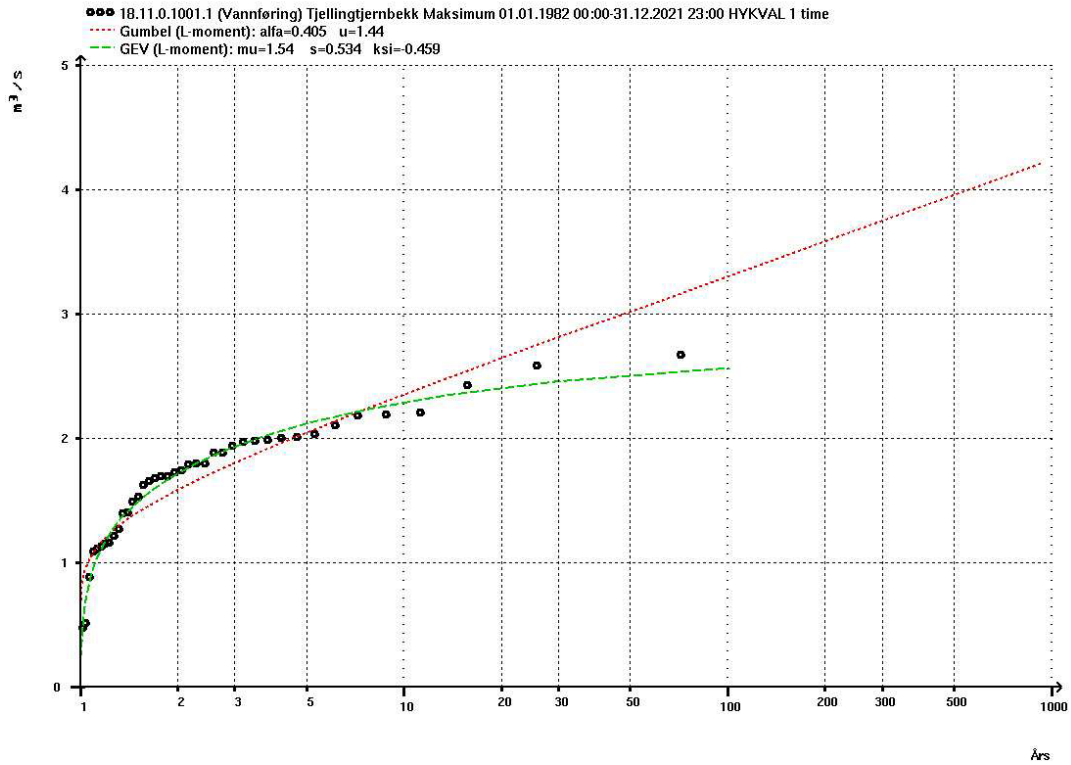
**Maksimumsanalyse**



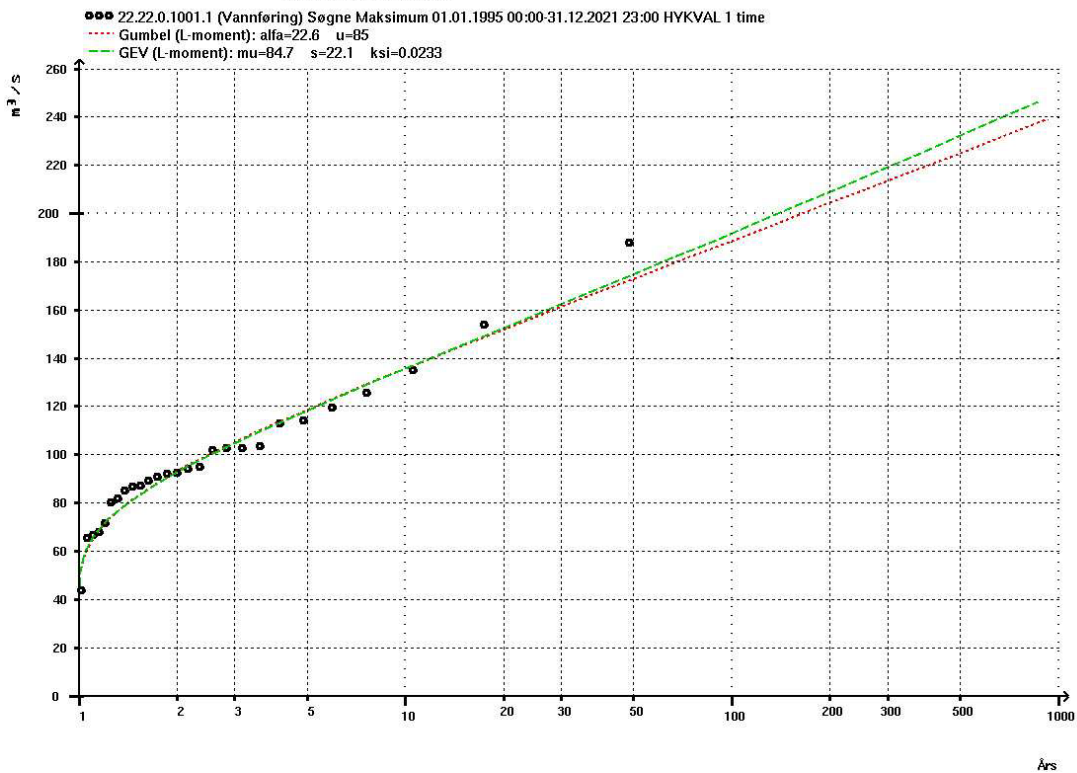
**Maksimumsanalyse**

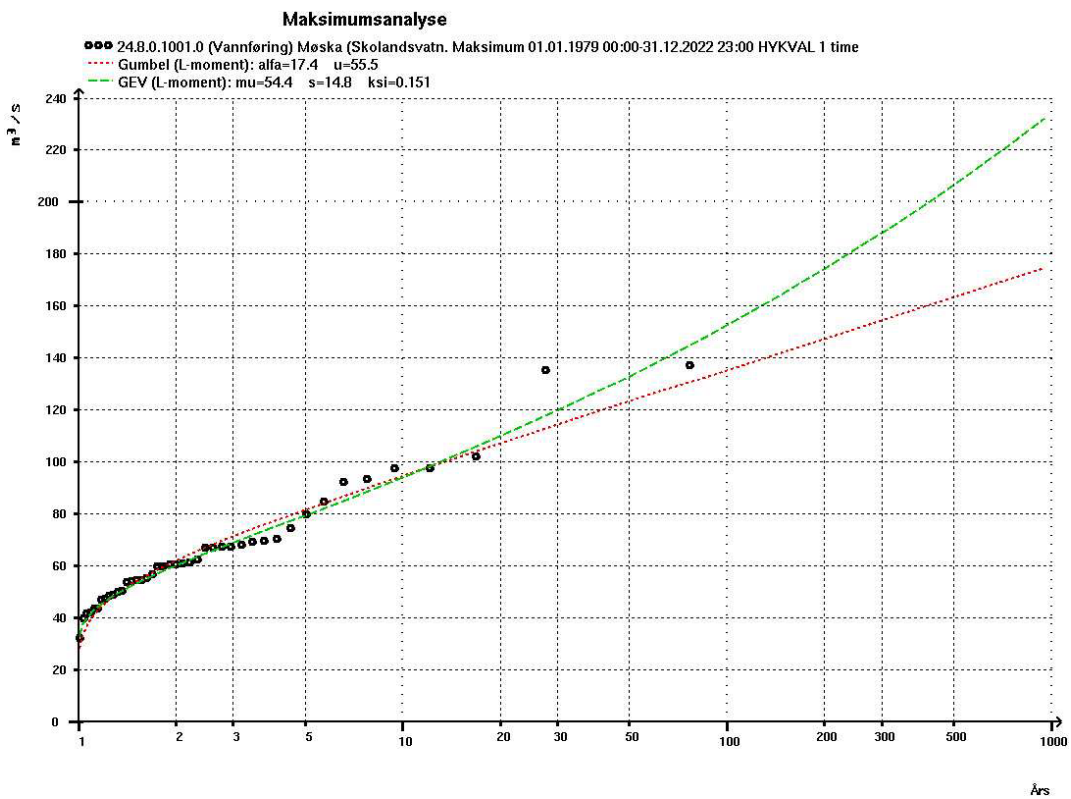
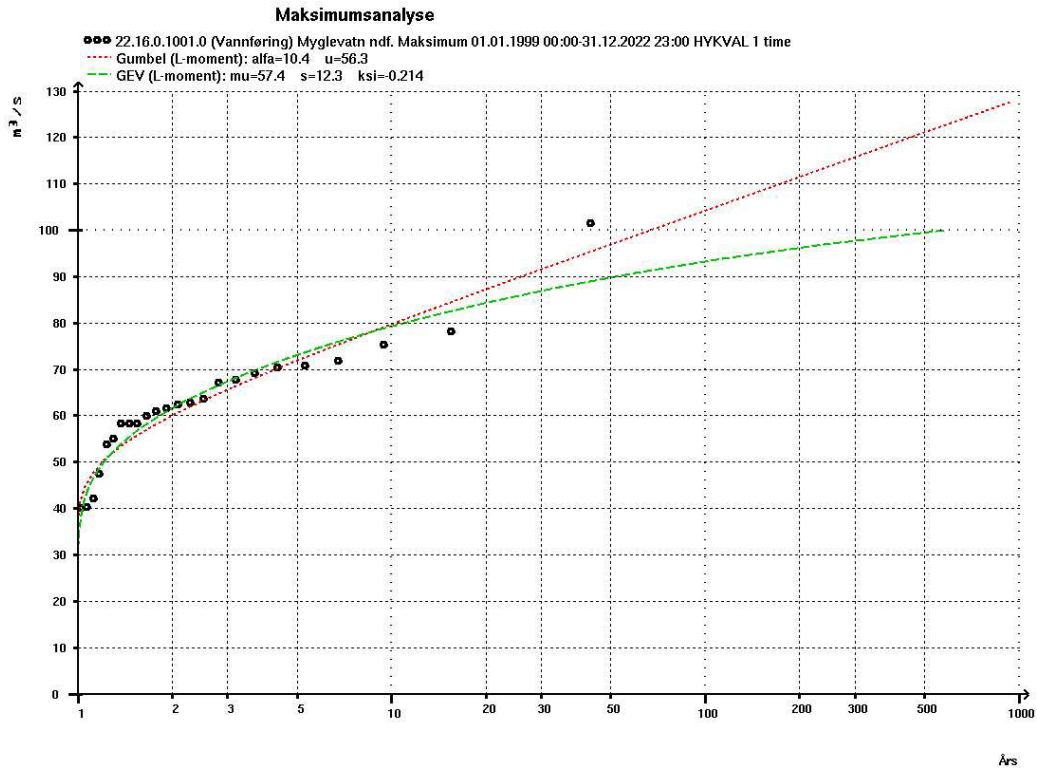


**Maksimumsanalyse**



**Maksimumsanalyse**

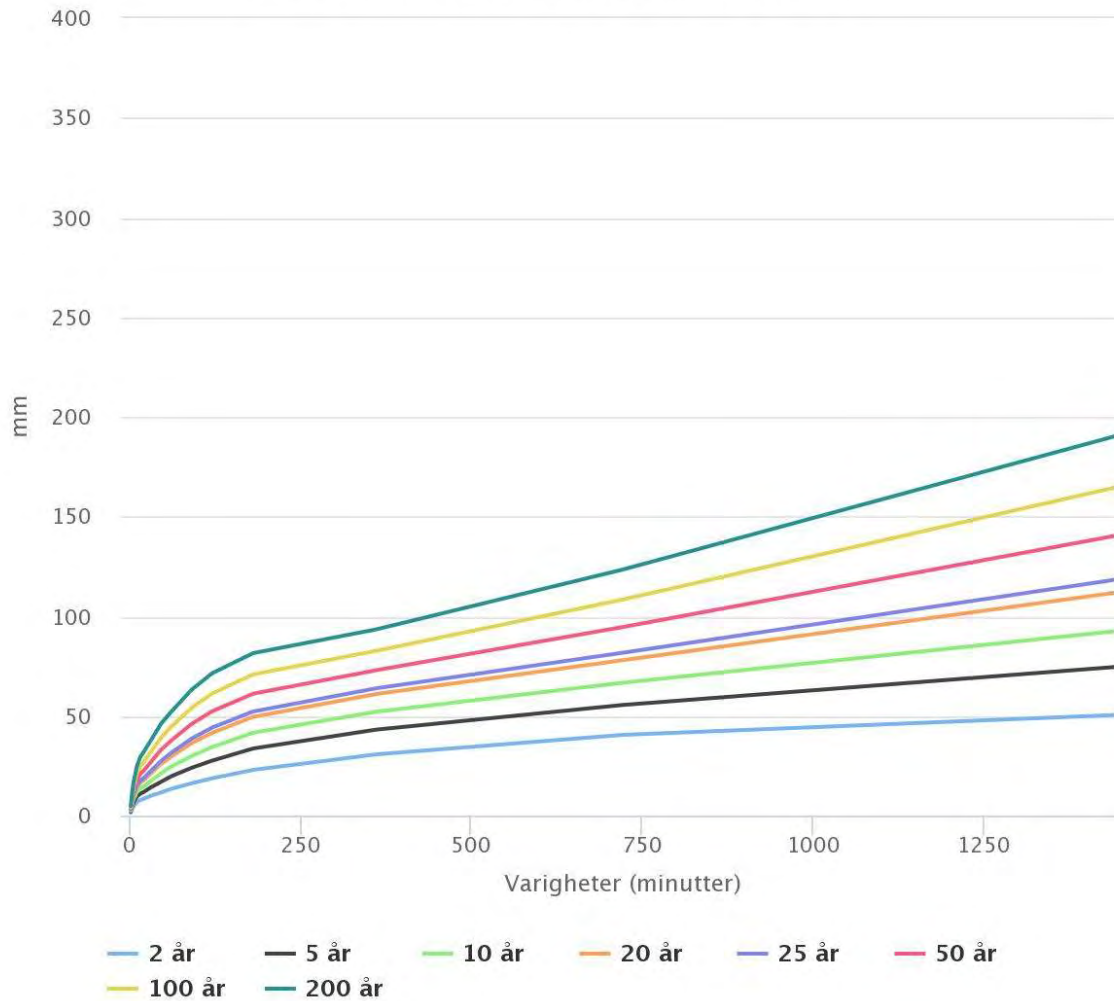




**Vedlegg 5: IVF kurver**

**IVF-verdier for Grimstad – Hia (SN38130),**

Data fra 1974 – 1997, 21 ses. Oppdatert 31.12.2021.





Kvalitetsklasse: Svært usikker (3)

Alle tilgjengelige varigheter

mm



IVF-verdier for Grimstad - Hia (SN38130).

Data fra 1974 - 1997, 21 ses. Oppdatert 31.12.2021.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	1,4	2,4	3,2	4,6	6,8	7,8	8,4	9,9	11,5	13,4	16,2	18,7	22,9	30,7	40,5	50,4
5	2,0	3,4	4,6	6,6	9,6	11,0	11,8	14,0	16,9	19,7	23,9	27,6	33,6	43,1	55,4	74,5
10	2,4	4,1	5,6	8,2	11,8	13,6	14,6	17,3	21,1	24,5	29,8	34,4	41,6	52,1	66,6	92,5
20	2,9	5,0	6,7	9,9	14,3	16,5	17,7	21,0	25,7	29,6	36,3	41,5	49,5	61,0	77,9	111,8
25	3,0	5,2	7,1	10,4	15,1	17,6	18,8	22,3	27,3	31,5	38,6	44,1	52,2	63,8	81,6	118,3
50	3,6	6,2	8,3	12,3	17,9	21,0	22,5	26,7	32,9	37,6	45,9	52,3	61,1	72,9	94,5	140,3
100	4,1	7,2	9,8	14,4	21,0	25,0	26,9	31,7	38,9	44,5	54,1	61,2	70,8	82,6	108,3	164,5
200	4,8	8,4	11,5	16,6	24,7	29,5	32,0	37,5	45,9	52,0	63,1	71,4	81,5	93,4	123,3	190,2

Last ned tabell

Del

KLIMAPÅSLAG

Data er gyldig per 25.01.2023 (CC BY 4.0), Meteorologisk institutt (MET)

Kvalitetsklasse: Svært usikker (3)

Alle tilgjengelige varigheter

l/(s\*ha)



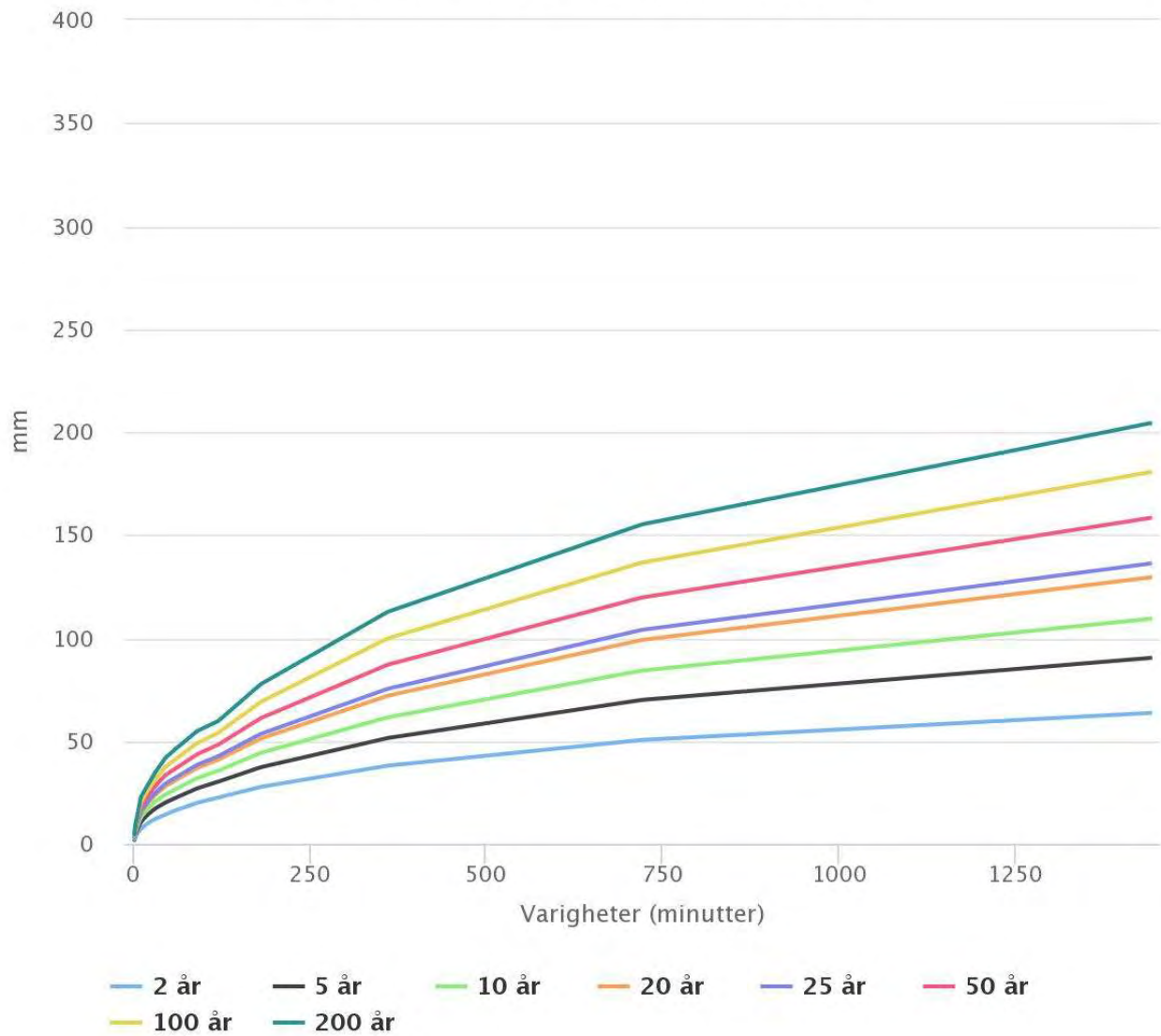
IVF-verdier for Grimstad - Hia (SN38130).

Data fra 1974 - 1997, 21 ses. Oppdatert 31.12.2021.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	230,6	198,0	179,7	154,5	112,7	86,7	69,9	55,0	42,7	37,2	30,0	26,0	21,2	14,2	9,4	5,8
5	329,9	280,1	254,3	221,4	160,3	122,4	98,5	78,0	62,4	54,6	44,3	38,3	31,1	20,0	12,8	8,6
10	404,4	344,7	310,3	273,5	197,2	151,6	121,5	96,3	78,1	68,1	55,3	47,7	38,5	24,1	15,4	10,7
20	481,6	413,8	371,7	329,6	238,2	183,7	147,3	116,7	95,1	82,3	67,3	57,7	45,8	28,2	18,0	12,9
25	507,7	436,0	392,1	347,9	252,1	195,3	156,4	123,8	101,0	87,4	71,5	61,3	48,3	29,6	18,9	13,7
50	594,0	513,5	461,5	409,7	298,4	233,8	187,8	148,2	121,8	104,4	85,1	72,6	56,6	33,8	21,9	16,2
100	691,5	601,4	545,1	480,2	350,6	277,5	223,8	176,3	144,1	123,6	100,1	85,0	65,5	38,3	25,1	19,0
200	801,5	700,0	639,5	554,4	412,2	327,4	266,5	208,2	170,1	144,4	116,9	99,1	75,4	43,2	28,6	22,0

## IVF-verdier for Kristiansand – Sømskleiva (SN39150),

Data fra 1974 – 2021, 34 ses. Oppdatert 31.12.2021.



Kvalitetsklasse: God (1)

Alle tilgjengelige varigheter

mm



IVF-verdier for Kristiansand - Sømkleiva (SN39150),

Data fra 1974 - 2021, 34 ses. Oppdatert 31.12.2021.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	1,5	2,7	3,6	4,9	7,1	8,6	10,0	12,0	14,2	16,3	19,9	22,4	27,6	37,9	50,4	63,5
5	2,2	3,9	5,1	7,0	10,4	12,5	14,2	17,0	20,0	22,4	26,9	30,2	37,2	51,3	69,8	90,2
10	2,6	4,7	6,1	8,4	12,7	15,0	16,9	20,4	23,9	26,7	31,9	35,5	44,1	61,4	84,1	109,2
20	3,0	5,6	7,1	9,6	14,9	17,4	19,6	23,5	27,9	30,9	36,8	40,8	51,1	71,9	99,0	129,3
25	3,1	5,8	7,4	10,0	15,6	18,2	20,5	24,5	29,2	32,3	38,4	42,6	53,3	75,3	103,9	136,1
50	3,6	6,7	8,4	11,2	17,7	20,8	23,2	27,8	33,3	36,7	43,5	48,2	61,0	87,0	119,6	158,2
100	4,0	7,6	9,4	12,3	20,1	23,2	25,8	31,1	37,4	41,3	48,9	53,9	68,9	99,7	136,5	180,5
200	4,4	8,5	10,3	13,5	22,5	25,6	28,5	34,4	41,7	46,3	54,7	59,7	77,5	112,6	155,1	204,2

Last ned tabell

Del

KLIMAPÅSLAG

Data er gyldig per 25.01.2023 (CC BY 4.0), Meteorologisk institutt (MET)

Kvalitetsklasse: God (1)

Alle tilgjengelige varigheter

l/(s\*ha)



IVF-verdier for Kristiansand - Sømkleiva (SN39150),

Data fra 1974 - 2021, 34 ses. Oppdatert 31.12.2021.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	251,1	221,4	198,3	164,8	118,8	95,9	83,1	66,7	52,6	45,3	36,8	31,2	25,6	17,6	11,7	7,4
5	358,6	322,5	284,3	233,2	173,6	138,4	118,0	94,4	74,2	62,1	49,8	41,9	34,4	23,8	16,2	10,4
10	430,2	393,0	340,2	278,8	211,3	166,2	141,2	113,2	88,7	74,0	59,0	49,3	40,9	28,4	19,5	12,6
20	502,0	463,8	393,9	320,0	247,7	193,5	163,7	130,7	103,5	85,9	68,1	56,7	47,3	33,3	22,9	15,0
25	524,1	485,9	411,2	333,2	259,7	202,3	170,7	136,3	108,2	89,7	71,0	59,1	49,4	34,8	24,0	15,7
50	594,7	557,8	465,9	372,4	295,4	230,6	193,1	154,7	123,5	102,0	80,5	66,9	56,5	40,3	27,7	18,3
100	668,4	632,9	521,0	411,6	334,7	257,7	215,1	172,8	138,4	114,7	90,5	74,9	63,8	46,2	31,6	20,9
200	740,6	708,5	574,0	450,1	375,2	284,6	237,7	190,9	154,6	128,5	101,3	82,9	71,8	52,1	35,9	23,6

## Vedlegg 6: Oppmålinger av bruer i vassdraget

### Bru 1

---

**From:** Rune Strand Sæterøy <rune@btgas.no>  
**Sent:** 23 December 2022 10:37  
**To:** Kuganesan Sivasubramaniam <Kuganesan.Sivasubramaniam@norconsult.com>  
**Cc:** James William Lancaster <James.William.Lancaster@norconsult.com>; Jon Olav Aashaug Stranden <Jon.Olav.Aashaug.Stranden@norconsult.com>  
**Subject:** Re: Tilbud Flomvurdering for Birkeland Solpark

Hei

Vi har nå vært ute og tatt målinger av brua.  
Kulverten på traktorveien som du hadde markert på kartet eksisterer ikke.  
Vi har vært ute og sett, i tillegg har vi snakket med grunneier som bekrefter at det ikke er noe kulvert her.

Se målene av brua nedenfor.

Bru ved Salsmyr:

Høyde på åpning under brudekket: **120 cm.**

Bredde på åpning under brudekket: **465 cm.**

Høyde mellom toppen av veien og underkant av brudekke: **23 cm.**

Tilleggsinfo, om det er interessant:

Veibredde på toppen av brua: **330 cm.**

Se også vedlagte bilder av lysåpninger for brua.

Det var jakt i området, så når det gjelder kantvegetasjon i planområdet og hvor store deler av områdene som er hogd, kommer vi tilbake med dette over nyttår.

Med vennlig hilsen,

Rune Strand Sæterøy  
Prosjektleder



BTG Solenergi AS | +47 986 37 130 | [btgas.no](http://btgas.no)  
Tveide Næringspark 1, 4760 Birkeland

**Oppstrøms bru B1**



**Nedstrøms bru B1**



## Bru 2

Hei igjen

Se vedlagt mål av brua sør for Knutsdal (brua i midten) nedenfor. De to andre, Bokkehølen og brua lengst øst, eksisterer ikke i dag. Her var det rester etter gammelt tømmer som kan ha blitt brukt som bru tidligere. Jeg har tatt bilder fra samme posisjon som du antydte, og det ser ut til at det har vært bruer der tidligere, men altså ikke nå.. Se vedlagt bilder av dette. Se også vedlagte bilder av brua sør for Knutsdal med lysåpning nedstrøms og oppstrøms.

### SØR FOR KNUTSDAL (bru i midten):

Høyde på åpning: 260 cm

Bredde på åpning: 940 cm

Høyde mellom toppen av veien og underkant brudekke: 75 cm

Bredde på vei: 320 cm

Ligger du fortsatt an til å bli ferdig med analysen til mandag? Hører fra deg

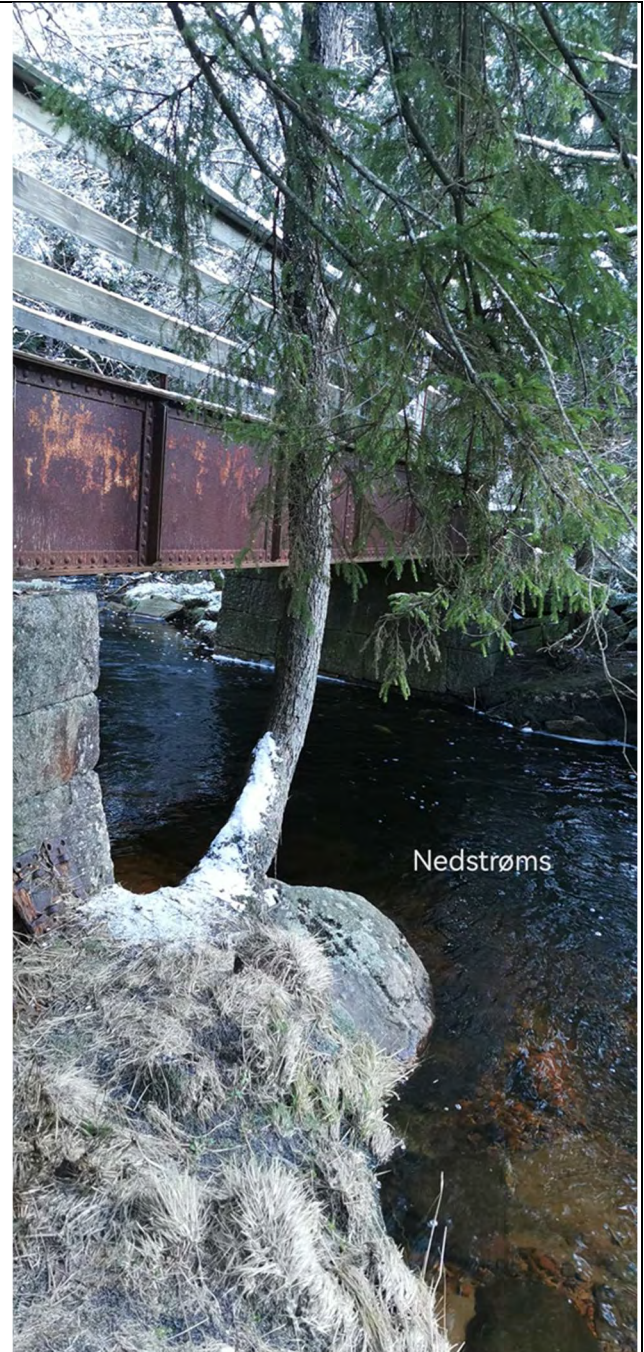
Med vennlig hilsen,

Rune Strand Sæterøy  
Prosjektleder



BTG Solenergi AS | +47 986 37 130 | [btgas.no](http://btgas.no)

Tveide Næringspark 1, 4760 Birkeland

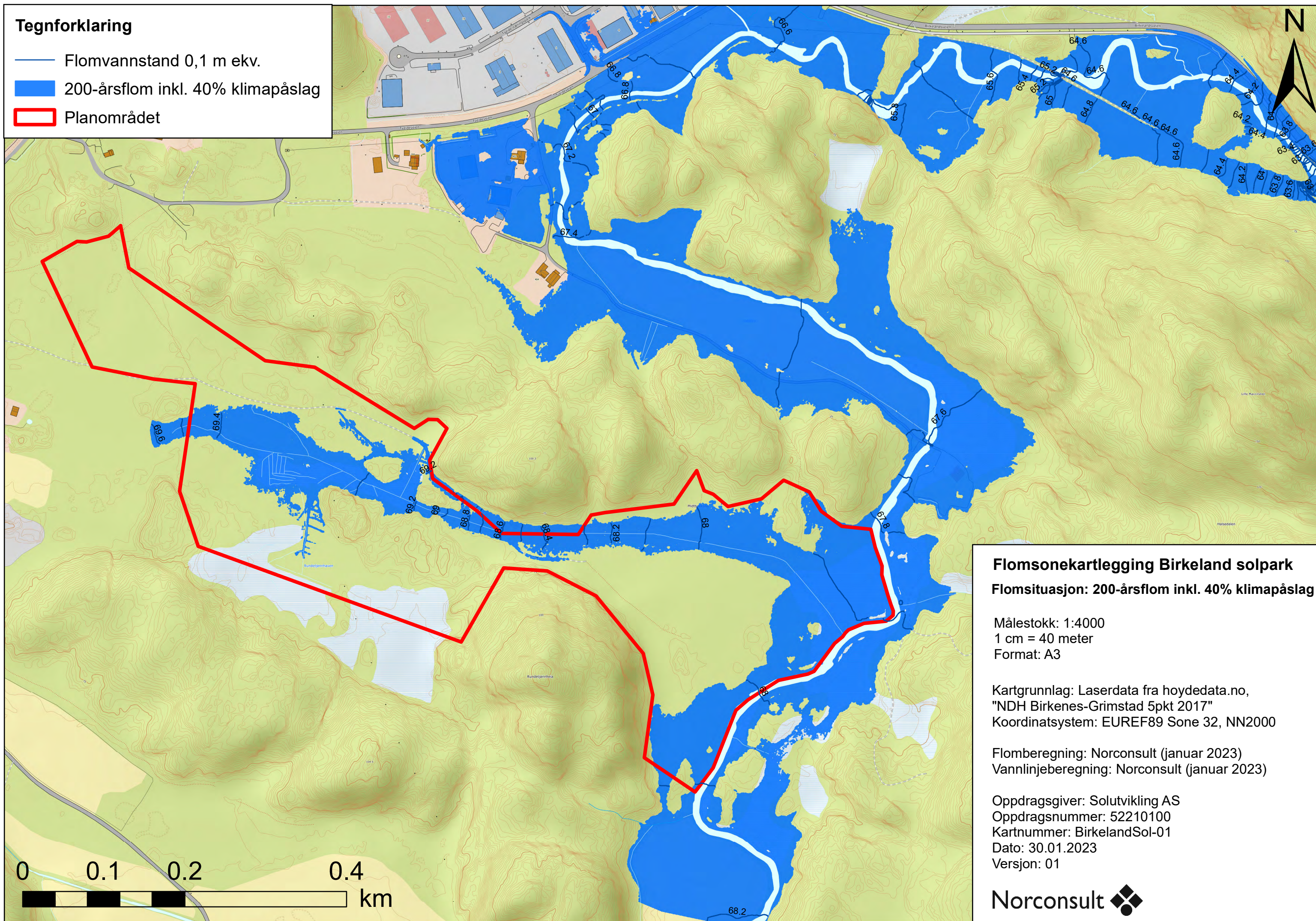


**Vedlegg 7: Flomsonekart 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag**



### Tegnforklaring

- Flomvannstand 0,1 m ekv.
- 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag
- Planområdet



### Flomsonekartlegging Birkeland solpark Flomsituasjon: 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag

Målestokk: 1:4000  
1 cm = 40 meter  
Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata fra hoydedata.no,  
"NDH Birkenes-Grimstad 5pkt 2017"  
Koordinatsystem: EUREF89 Sone 32, NN2000

Flomberegning: Norconsult (januar 2023)  
Vannlinjeberegning: Norconsult (januar 2023)

Oppdragsgiver: Solutvikling AS  
Oppdragsnummer: 52210100  
Kartnummer: BirkelandSol-01  
Dato: 30.01.2023  
Versjon: 01

