

Friestad vindkraftverk



Vurdering av flompåvirkning fra Kvassheimsåna


Bjørn Bergheim
Nestestogvegen 29, 3880 Dalen
Org.: 918 955 771

Sammendrag

På oppdrag for Solvind Prosjekt AS er det vurdert om planlagt Friestad vindkraftverk i Hå kommune i Rogaland kan påvirkes av flom i Kvasseheimsåna.

Vurderingen er utført med bakgrunn i flomverdier fra NEVINA, befaring av vassdraget og beregninger av flomstigning i Kvasseheimsåna. Det er også gjort en vurdering av effekten av oppstuvning ved kulvertene nedstrøms kan påvirke tiltaket.

Basert på forliggende opplysninger vil planlagt beliggenhet til Friestad vindkraftverk ikke bli påvirket av en 200-årsflom i Kvasseheimsåna. Det er heller ikke vurdert at effekten av oppstuvning ved kulvertene nedstrøms tiltaket vil påvirke tiltaket.

01	4.9.2019	Etter kommentar fra oppdragsgiver	Bjørn Bergheim	
00	4.9.2018	For kontroll hos oppdragsgiver	Bjørn Bergheim	
Versjon	Dato	Kommentar	Utarbeidet	Signatur

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
1 Innledning	4
2 Plassering av tiltaket.....	4
3 Forholdet til kraftberedskapsforskriften og TEK17	5
4 Hydrologi.....	5
5 Befaring og oppmålinger.....	6
6 Beregninger	7
7 Oppstuvning i kulverter nedstrøms.....	8
8 Sensitivitetsvurderinger	9
9 Konklusjon	10
10 Kilder.....	11
Vedlegg 1 – NEVINA-rapport	12
Vedlegg 2 – Profiler	14
Profil 1	14
Profil 2.....	15
Profil 3.....	16
Vedlegg 3 – Beregninger.....	17

1 Innledning

Etter tilbakemelding fra NVE har Solvind Prosjekt AS fått utført vurdering av mulighet for påvirkning av flom for Friestad vindkraftverk. Vindkraftverket er planlagt plassert innenfor aktsomhetsområde for flom og forholdet til naturpåvirkning er etter NVEs opplysninger ikke tidligere avklart.

NVE har bedt om at det utføres en vurdering om anlegget kan være utsatt for flom og sikkerhetsnivået til anlegget. I vurderingen skal det legges til grunn tilsvarende sikkerhet som er gitt i kapittel 7 i forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17). For vurdering av sikkerhetsnivå etter TEK17 skal det tas utgangspunkt i anleggets klasse etter kraftberedskapsforskriften. Flomfaren kan avklares gjennom en vurdering av terrenget og høydeforskjell til elva.

NVE har ikke satt som en forutsetning at det gjøres hydrologiske beregninger (vannlinje/flomsone), men en terrengvurdering må også omfatte en vurdering av risiko for oppstuvning ved kulvert(ene) nedstrøms og dermed ytterligere økning av vannstanden rundt tiltaket.

2 Plassering av tiltaket

Friestad vindkraftverk er planlagt plassert like vest for Brusand i Hå kommune i Rogaland i nærheten av Kvasseimsåna.



Figur 1 Plassering av Friestad vindkraftverk markert med rødt

3 Forholdet til kraftberedskapsforskriften og TEK17

Friestad vindkraftverk er planlagt med en installert effekt på 2,35 MW. På grunn av anleggets størrelse faller ikke Friestad vindkraftverk automatisk inn under plassering i klasse etter kraftberedskapsforskriften. Det foreligger heller ikke vedtak om plassering i klasse etter kraftberedskapsforskriften.

For vurderingene i denne rapporten er det tatt utgangspunkt i at Friestad vindkraftverk tilhører sikkerhetsklasse F2 i tråd med kapittel 7 i TEK17. Sikkerhetsklasse F2 tilsvarer største nominelle årlige sannsynlighet for oversvømmelse på 1/200, flommer med 200-års gjentaksintervall (Q_{200}).

4 Hydrologi

Vurdering av flomforhold i Kvasseheimsåna er utført ved å hente ut rapport fra NVEs tjeneste NEVINA. NEVINA generere automatisk en rapport med nedbørsfeltgrenser for et selvvalgt punkt i et vassdrag, beregner feltparametere, klima- og hydrologiske parametere og estimerer lavvannsindeksers.

Rapporten er kontrollert manuelt og beregnede flomverdier er sjekket mot målestasjoner i området. Felt- og klimaparameter virker rimelige og flomverdiene beregnet i NEVINA viser verdier innenfor hva man kan forvente for området.

Kvasseheimsåna er et relativt lite vassdrag med beregnet nedbørsfelt ved tiltaket på 16 km². Middelvannføringen i nedbørsfeltet er oppgitt til 46,2 l/(s x km²) som tilsvarer 0,75 m³/s ved Friestad vindkraftverk.

NEVINA-rapport ligger som vedlegg 1, resultatene fra beregning av flomverdier er gjengitt under.

Tabell 1 Kulminasjonsverdier for ulike gjentaksintervall i Kvasseheimsåna. Kilde: NEVINA

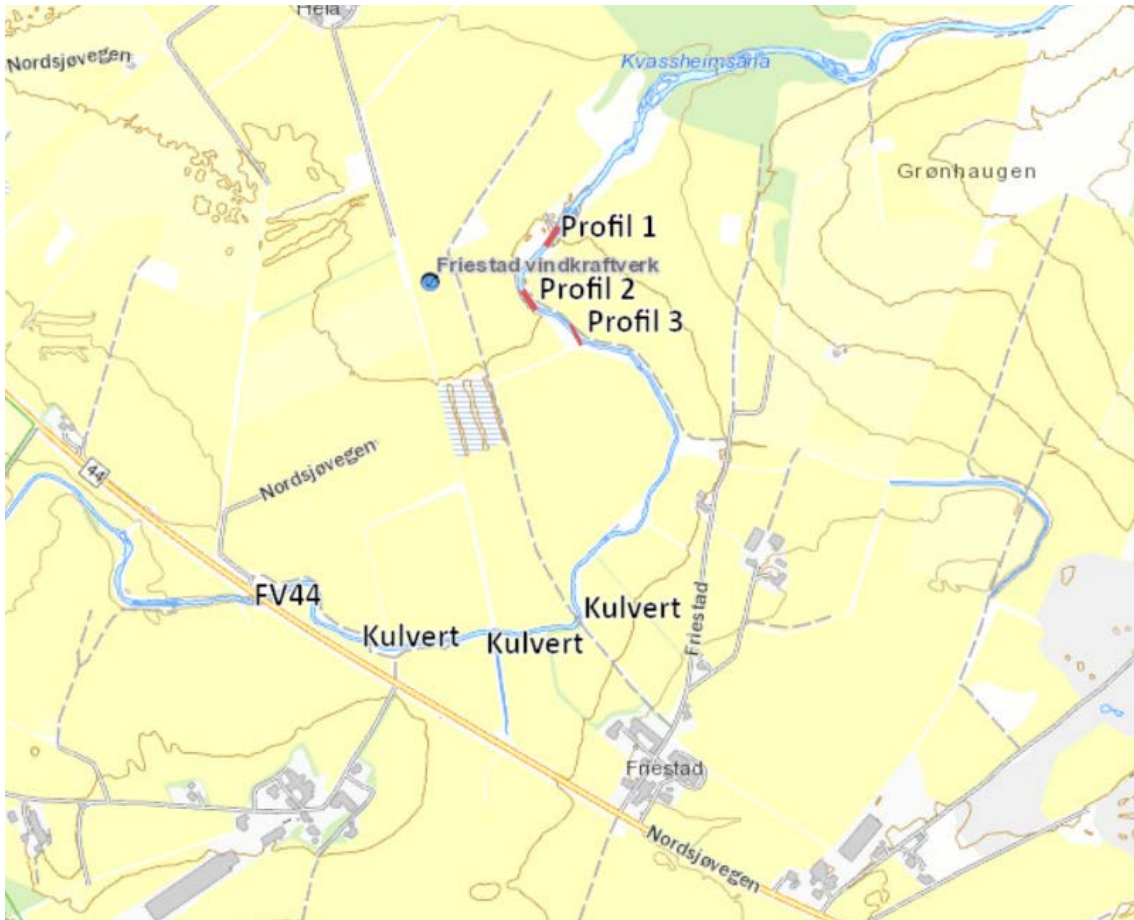
	Q^M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,23	1,44	1,66	2,00	2,29	2,63
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	23,6	1462,4	29,7	35,6	42,0	52,1	61,3	70,2
Flomverdier (m ³ /s)	13,4	826	16,4	19,2	22,2	26,7	30,6	35,1
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	7,5	467	9,1	10,4	11,8	13,7	15,3	17,5
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	18,7	1156,7	16,4	26,9	31,1	37,4	42,9	49,1

Klimapåslag i NEVINA er beregnet med en faktor på 1,4. Dette er noe over anbefalingene i NVEs Rapport nr 81-2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge, som tilrårer minst 20 % klimapåslag for alle nedbørfelt med areal < 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.

5 Befaring og oppmålinger

Som underlag for vurdering av vannstandsstigning i Kvasseheimsåna er det hentet ut tilgjengelig kartdata for området og utført befaring av vassdraget med oppmåling av høyder, tverrsnitt og størrelser på kulverter. Befaring og oppmåling ble utført av Solvind Prosjekt AS 27. august 2019.

Plassering av profiler og kulverter som er oppmålt er vist på figur under. Profiler er angitt i vedlegg 2.



Figur 2 Oppmålinger utført av Solvind Prosjekt AS

Kotehøyden til bunnen av Kvasseheimsåna er målt til å ligge mellom kote 8,5 ved profil 1 og 6,5 ved profil 3. Friestad vindkraftverk er planlagt plassert på kote 11,0, det vil si 2-4 meter over nivået til Kvasseheimsåna. Alle høyder referer til høydesystem NN 2000.

Tabell 2 Kotehøyde ved ulike profil (NN 2000).

Profil	Kote elvebunn	Kote vannspeil 27.8.2019	Kote laveste nivå elvebredden ved profil
1	8,5	8,9	10,9
2	7,2	7,7	10,7
3	6,5	6,9	9,0

6 Beregninger

For å estimere vannstandstigningen i Kvasseimsåna er det utført overslagsberegninger av kapasiteten til Kvasseimsåna.

Vannstandstigningen er beregnet ved hjelp av Manings formel for kanalstrømming basert på oppmålte profiler oppstrøms, ved og nedstrøms tiltaket. Det er også gjort kontroll av kapasiteten til elveløpet ved hjelp av overløpsformelen.

Kapasiteten til Kvasseimsåna forbi anleggsstedet er beregnet etter Maningsformel:

$$Q = M \cdot Av \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$
$$Q = M \cdot Av \cdot \left(\frac{Av}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Hvor:

M = Maningstallet [$m^{1/3}/s$]
Av = areal vått tverrsnitt [m^2]
Rh = hydraulisk radius, Av/P [m]
P = våt omkrets [m]
I = elvebunnens fall i lengderetning, h/L [m/m]
h = høydeforskjell i kanal [m]
L = lengde på kanal [m]

I beregningene er det benyttet målte verdier for profil 2 som er det trangeste partiet for å legge beregningene på konservativ side. Hele kanalen er beregnet med bredde og dybde tilsvarende som for profil 2. Elvebunnens fall i lengderetning er gjennomsnittlig fall mellom profil 1 og 3.

Følgende verdier er benyttet i beregningen:

M = 15,00 $m^{1/3}/s$
Av = 39,9 m^2
Rh = 2,21 m
I = 0,0045 m/m

Beregnet kapasitet til Kvasseimsåna forbi Friestad vindkraftverk er:

$$Q = 15 \cdot 39,9 \cdot 2,21^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0045^{\frac{1}{2}}$$
$$Q = 68,1 \text{ m}^3/s$$

Beregningen viser at Kvasseimsåna har kapasitet til å avlede ca. 68 m^3/s før Kvasseimsåna går over sine bredder. Beregnet gjennomsnittlig vannhastighet ved Q_{200} er 1,7 m/s.

En forenklet kontroll av vannføringen er utført ved å benytte overløpsformelen. Kontrollen er basert på profilets bredde i bunn, uten å ta hensyn til at bredden øker med økende vannstand.

I følge overløpsformelen har profil 2 en kapasitet til å avlede

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$
$$Q = 1,3 \cdot 6 \cdot 3,45^{\frac{3}{2}}$$
$$Q = 49,98 \text{ m}^3/s$$

Det er rimelig at beregnet kapasitet ved overløpsformel gir noe lavere verdier enn ved bruk av Maningsformel, spesielt med tanke på at man ikke tar høyde for breddeutvidelse av elveløpet med stigende vannstand.

Øvrige beregninger er vist i vedlegg 3.

7 Oppstuvning i kulverter nedstrøms

NVE har bedt om det gjøres en vurdering av risiko for oppstuvning ved kulvert(ene) nedstrøms og dermed en ytterligere økning av vannstanden rundt Friestad vindkraftverk. Nedstrøms tiltaket krysses Kvasseimsåna av tre kulverter i tillegg til FV44. Kulvertene består av enkle kjørebøer i tillegg til bru over FV44.

Størst mulige vannstandsstigning ved kulvertene er estimert ved å forutsette at kulvertene er fullt tilstoppet for deretter å betrakte vannstandstigningen over kulvertene ved hjelp av overløpsformelen.



Figur 3 Kulvert nærmest tiltaket. Bredde 8 meter, høyde 2,5 meter

For kulverten nærmest vindkraftverket er største teoretiske vannstandstigning ved full tilstopping av kulverten 1,1 meter. Dette gir en vannstand i Kvasseimsåna på ca. kote 10, noe som er omlag 1 meter lavere enn Friestad vindkraftverk:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$
$$H = \left(\frac{Q}{C \cdot L}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{35,1}{1,3 \cdot 8}\right)^{\frac{2}{3}}$$
$$\underline{H = 1,06m}$$

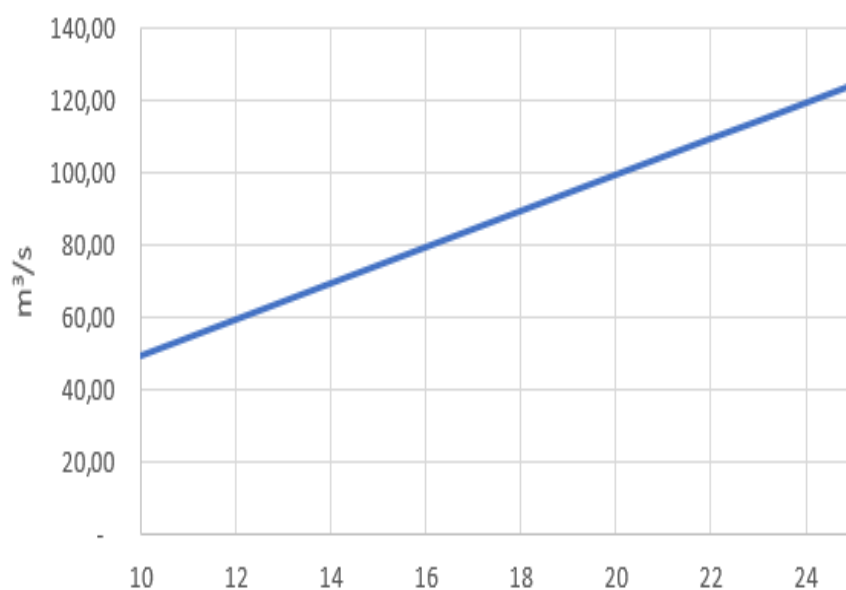
Øvrige kulvertene ligger så langt nedstrøms tilstrekkelig lavt i terrenget at en eventuell oppstuvning ved kulvertene ikke vil kunne påvirke Friestad vindkraftverk ved en 200-årsflom. Selv om man forutsetter full tilstopping av kulvertene vil ikke vannstanden i Kvasseimsåna kunne påvirke vindkraftverket.

8 Sensitivitetsvurderinger

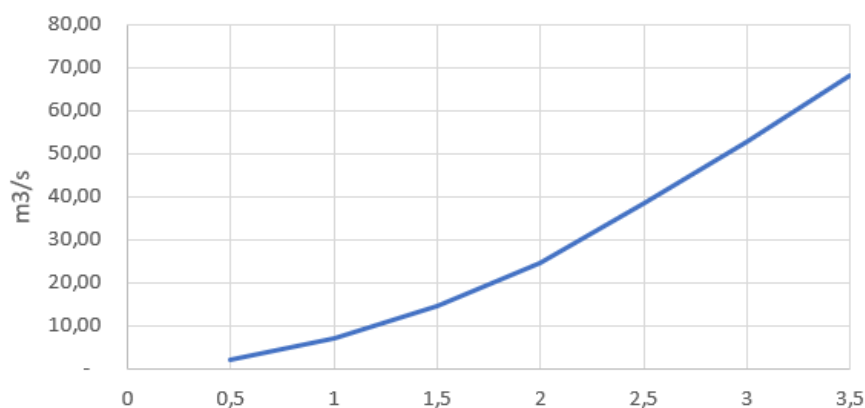
Det er utført sensitivitets vurderinger av resultatene ved å variere Manningstallet og kanaldybde. Beregningene er sårbare for reduksjon i dybden til Kvasseheimsåna. Ved redusert dybde synker kapasiteten betydelig.

Sensitivitetsvurderingene viser at Kvasseheimsåna har kapasitet til å avlede Q_{200} selv dersom man reduserer Manningstallet til 10, mens Q_{200} avledes ved en vanddybde på ca. 2,5 meter.

Resultatene fra sensitivitetsvurderingene er vist under.



Figur 4 Endring av Manningstall ved profil 2



Figur 5 Vannføring ved endring av dybde i elveløpet ved profil 2.

9 Konklusjon

Kvassheimsåna har kapasitet til å avlede dimensjonerende flom uten at vannføringen vil komme opp til nivå for planlagt plassering av Friestad vindkraftverk. Kvassheimsåna har trolig også kapasitet til å avlede 200-årsflom med klimapåslag uten at det vil påvirke Friestad vindkraftverk.

En tilstopning av kulvertene nedstrøms tiltaket vil medføre økt vannstand i vassdraget, men ikke i slik grad at det vil påvirke Friestad vindkraftverk.

10 Kilder

- Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) (TEK17)
- Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (kraftberedskapsforskriften)
- Klimaendring og framtidige flommer i Norge, NVE 2016
- Retningslinjer til damsikkerhetsforskriftens §§ 4-6 og 4-13, NVE 2005
- Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, NVE 2009

Vedlegg 1 – NEVINA-rapport



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 028.1Z
Kommune: Hå
Fylke: Rogaland
Vassdrag: Kvasseheimsåna

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	46,2 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	1,1 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	1,7 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0,8 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	3,7 l/(s*km ²)
Base flow	17,1 l/(s*km ²)
BFI	0,4

Klima

Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1528 mm
Sommernedbør	591 mm
Vinternedbør	937 mm
Årstemperatur	6,5 °C
Sommertemperatur	11,2 °C
Vintertemperatur	3,2 °C
Temperatur Juli	12,8 °C
Temperatur August	13,3 °C

Feltparametere

Areal (A)	16,2 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	0,1 %
Elvelengde (E _L)	11,0 km
Elvegradient (E _G)	23,3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	22,6 m/km
Feltlengde (F _L)	7,9 km
H _{min}	10 moh.
H ₁₀	59 moh.
H ₂₀	80 moh.
H ₃₀	115 moh.
H ₄₀	150 moh.
H ₅₀	173 moh.
H ₆₀	190 moh.
H ₇₀	205 moh.
H ₈₀	223 moh.
H ₉₀	245 moh.
H _{max}	300 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	16,6 %
Myr	0,9 %
Sjø	1,3 %
Skog	5,2 %
Snaufjell	63,6 %
Urban	0,1 %

1) Verdien er editert

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

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

© nevina.nve.no

Bjørn Bergheim
Nestestogvegen 29, 3880 Dalen
Org.: 918 955 771

Flomberegning

Vassdragsnr.: 028.1Z

Kommune: Hå

Fylke: Rogaland

Vassdrag: Kvassheimsåna

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

Kvassheimsåna

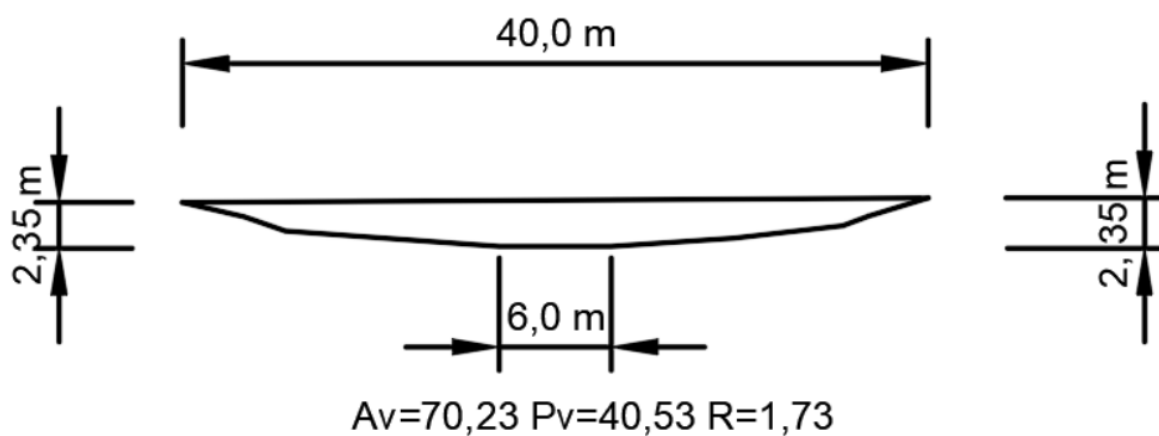
Areal (km ²)	16,17
Klimafaktor	1,4

	Q ^M		Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 200
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,23	1,44	1,66	2,00	2,29	2,63
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	23,6	1462,4	29,7	35,6	42,0	52,1	61,3	70,2
Flomverdier (m ³ /s)	13,4	826	16,4	19,2	22,2	26,7	30,6	35,1
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	7,5	467	9,1	10,4	11,8	13,7	15,3	17,5
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	18,7	1156,7	16,4	26,9	31,1	37,4	42,9	49,1

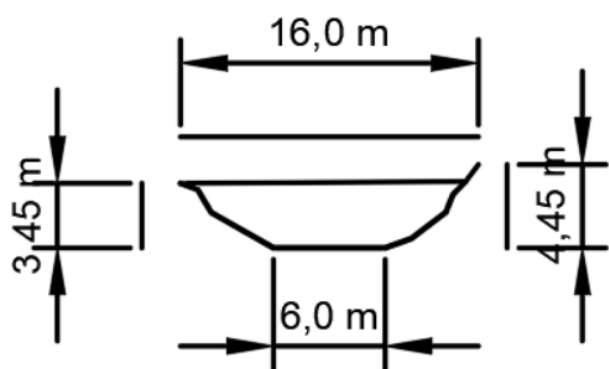
Beregningene er automatisk generert og kan inneholde feil. Det er generelt stor usikkerhet i denne typen beregninger. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. Resultatene er ikke gyldig som grunnlag til flomberegninger for klassifiserte dammer.

Vedlegg 2 - Profiler

Profil 1

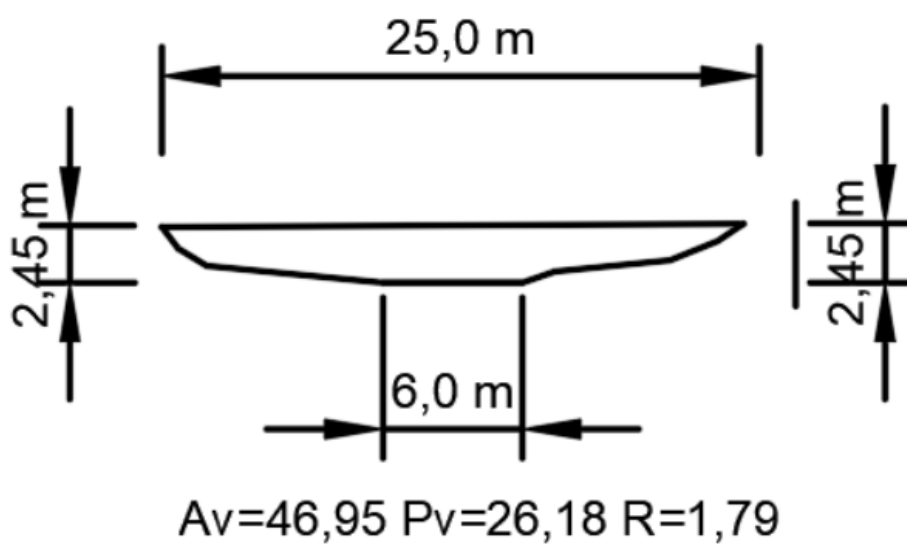


Profil 2



$$A_v=39,91 \quad P_v=18,06 \quad R=2,21$$

Profil 3



Vedlegg 3 - Beregninger

Kapasiteten til Kvasseheimsåna forbi anleggsstedet er beregnet etter Maningsformel:

$$Q = M \cdot Av \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = M \cdot Av \cdot \left(\frac{Av}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Maningstallet er valgt til 15 m^{1/3}/s som er en konservativ antagelse. Normalt velges Maningstallet i området 20-30 for elver med jevn ubevokst bunn og bevokste sider.

Helningen til elvebunnen er antatt å være lik helningen til vannspeilet i elva. Helningen er målt ut fra kart mellom profil 1 og profil 3 til 0,0045 m/m.

For de ulike profilene gir det følgende kapasitet:

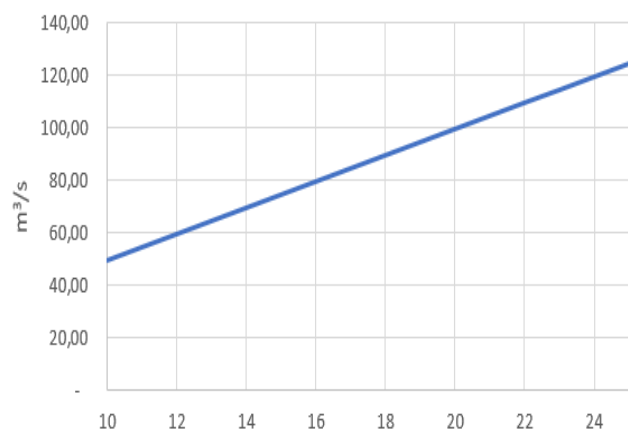
Profil	M	Av [m ²]	R[m/m]	I [m/m]	Q [m ³ /s]
1	15,00	70,23	1,73	0,0045	101,84
2	15,00	39,91	2,21	0,0045	68,14
3	15,00	46,95	1,79	0,0045	69,65

Tabellen viser at det er tverrsnitt 2 som har lavest kapasitet. For videre vurderinger er kapasiteten til profil 2 lagt til grunn.

Sensitivitetsberegninger er utført for profil 2 for ulike Maningstall og strømningshøyde i elveløpet:

Tabell 3 Vannføring ved endret Maningstall

M [m ^{1/3} /s]	Av [m ²]	R [m]	I [m/m]	Q [m ³ /s]
2	39,91	2,21	0,0045	9,08
4	39,91	2,21	0,0045	18,17
6	39,91	2,21	0,0045	27,25
8	39,91	2,21	0,0045	36,34
10	39,91	2,21	0,0045	45,42
12	39,91	2,21	0,0045	54,51
14	39,91	2,21	0,0045	63,59
16	39,91	2,21	0,0045	72,68
18	39,91	2,21	0,0045	81,76
20	39,91	2,21	0,0045	90,85
22	39,91	2,21	0,0045	99,93
24	39,91	2,21	0,0045	109,02



Tabell 4 Vannføring ved endret strømningsdybde

H [m]	M [m ^{1/3} /s]	Av [m ²]	R [m]	I [m/m]	Q [m ³ /s]
0,00	15	0,00	0,00	0,0045	0,00
0,60	15	6,60	0,92	0,0045	6,27
0,90	15	9,90	1,27	0,0045	11,68
1,20	15	13,20	1,57	0,0045	17,95
1,50	15	16,50	1,83	0,0045	24,87
1,80	15	19,80	2,06	0,0045	32,28
2,10	15	23,10	2,26	0,0045	40,09
2,40	15	26,40	2,44	0,0045	48,20
2,70	15	29,70	2,61	0,0045	56,58
3,00	15	33,00	2,75	0,0045	65,18
3,30	15	36,30	2,88	0,0045	73,95
3,60	15	39,60	3,00	0,0045	82,88
3,90	15	42,90	3,11	0,0045	91,95
4,20	15	46,20	3,21	0,0045	101,13
4,35	15	47,85	3,26	0,0045	105,75

