

Oslo Kommune – Vann og avløpsetaten (VAV)

Dam Nøklevann

Ombygging

Teknisk plan

Dato: 2015-03-12 Oppdragsnr. : 5136733



E01	2015-03-12	For godkjenning hos myndigheter	Ole Kristian Langaker/ Arne J. Carlsen/ Olav A. Jørstad	Kjell Olav Rebne/ Claus Rikartsen/ Arne J. Carlsen	Ole Kristian Langaker
D01	2015-03-03	For godkjenning hos oppdragsgiver	OKL/AJC/OAJ	KOR/CR/AJC	OKL
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Fagansvarlig person godkjent av NVE for revurdering og prosjektering av vassdragsanlegg.

Fagområde	Fagområde I	Fagområde II	Fagområde III	Fagområde IV + V
Utarbeidet	Ole Kristian Langaker			Arne J. Carlsen/ Olav Anders Jørstad
Fagansvarlig	Kjell Olav Rebne			Claus Rikartsen/ Arne J. Carlsen

Fagområde I: betong-/murdammer med fundament, Fagområde II: fyllingsdammer med fundament, Fagområde III: stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter, Fagområde IV: flomhydrologi, Fagområde V: hydraulikk og flomavledning

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

Norconsult AS | Pb. 626, NO-1303 Sandvika | Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika

Innhold

Sammendrag	5
1. Orientering	6
1.1 Generelt	6
1.2 Beskrivelse av eksisterende anlegg	6
1.3 Nøkkeldata	8
1.4 Bruddkonsekvensklasse	8
1.5 Eksisterende flomberegninger	9
2. Beskrivelse av tiltak	10
2.1 Konklusjoner fra revurdering	10
2.2 Planlagte tiltak	10
2.2.1 Flomløp	10
2.2.1.1 Beregning av nye flomvannstander	12
2.2.2 Dam til side for flomløpet	13
2.2.3 Tappearrangement	15
2.2.4 Instrumentering	15
2.2.5 Diverse	16
3. Stabilitetsberegninger	18
3.1 Generelt	18
3.2 Stabilitetskriterier	18
3.3 Laster og forutsetninger	19
3.3.1 Jordskjelvberegninger	21
3.4 Stabilitetsberegninger av dammen	22
3.4.1 Resultater	22
3.4.1.1 Overløp	22
3.4.1.2 Murdam	23
3.4.1.3 Inntaksseksjon	24
4. Tappe- og stengeorgan	26
4.1 Eksisterende tappemuligheter	26
4.2 Planlagt ombygging	27
4.2.1 Forventet tappekapasitet	29
5. Søknad om dispensasjon	30
5.1 Omfang av dispensasjon	30
5.1.1 Beredskapsmessig tapping	30
5.1.2 Lekkasjemålinger	32
5.1.3 Deformasjonsmålinger	32
6. Gjennomføring av arbeidene	34
6.1 Generelt	34

6.2	Forbileding og regulering	35
6.3	Dokumentasjon før bygging	35
7.	Referanser	36
8.	Vedlegg	37

Sammendrag

Dam Nøklevann tilfredsstiller ikke gjeldende krav i damsikkerhetsforskriften og Vann og avløpsetaten i Oslo kommune planlegger derfor ombygging av dammen.

- Eksisterende overløp har lav avledningskapasitet, tilstopningsfaren er stor og dammen overtoppes ved DFV.
- Lavere damdeler er ikke beregningsmessig stabile mot istrykk i kombinasjon med HRV.
- Nedtappingsmulighetene ved dammen er begrenset i tillegg til at det ikke eksisterer noen form for instrumentering ved anlegget.

Den planlegges å erstatte eksisterende flomløp med et nytt hydraulisk utformet flomløp i betong. Overløpet avtrappes for å opprettholde tilnærmet lik avløpskurve som eksisterende flomløp.

Dammen til side for flomløpet anlegges med en oppstrøms påstøpt plate i betong som forankres med fjellbolter for å sikre tilstrekkelig stabilitet. Platen forlenges som en brystning til et nivå 0,3 m over eksisterende damkrone slik at dammen ikke overtoppes ved DFV inkl. klimapåslag.

Felleskammeret innvendig i dammen støpes igjen.

Ny tettevegg i betong anlegges ved venstre vederlag. Utstøping av hulrom ved høyre vederlag er planlagt.

Rørarrangementet gjennom dammen bygges om. Det legges til rette for at nedtapping av magasinet skjer gjennom ombygd rørarrangement. Det søkes om dispensasjon fra krav om beredskapsmessig tapping da disse kravene ikke kan opprettholdes uten en fullstendig ombygging av anlegget.

Det anlegges et forenklet arrangement for oppsamling av lekkasjevann nedstrøms dammen. Logger for automatisk vannstandsmåling installeres.

1. Orientering

1.1 GENERELT

Norconsult AS er engasjert av Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune (VAV) for å utarbeide teknisk plan i forbindelse med ombygging av dam Nøkle vann.

Utført revurdering fra 2007, utarbeidet av Norconsult AS, avdekket at anlegget ikke tilfredsstillende alle krav i damsikkerhetsforskriften og tilhørende retningslinjer for murdammer i klasse 3. VAV planlegger derfor ombygging av dammen for å tilfredsstille dagens regelverk.

1.2 BESKRIVELSE AV EKSISTERENDE ANLEGG

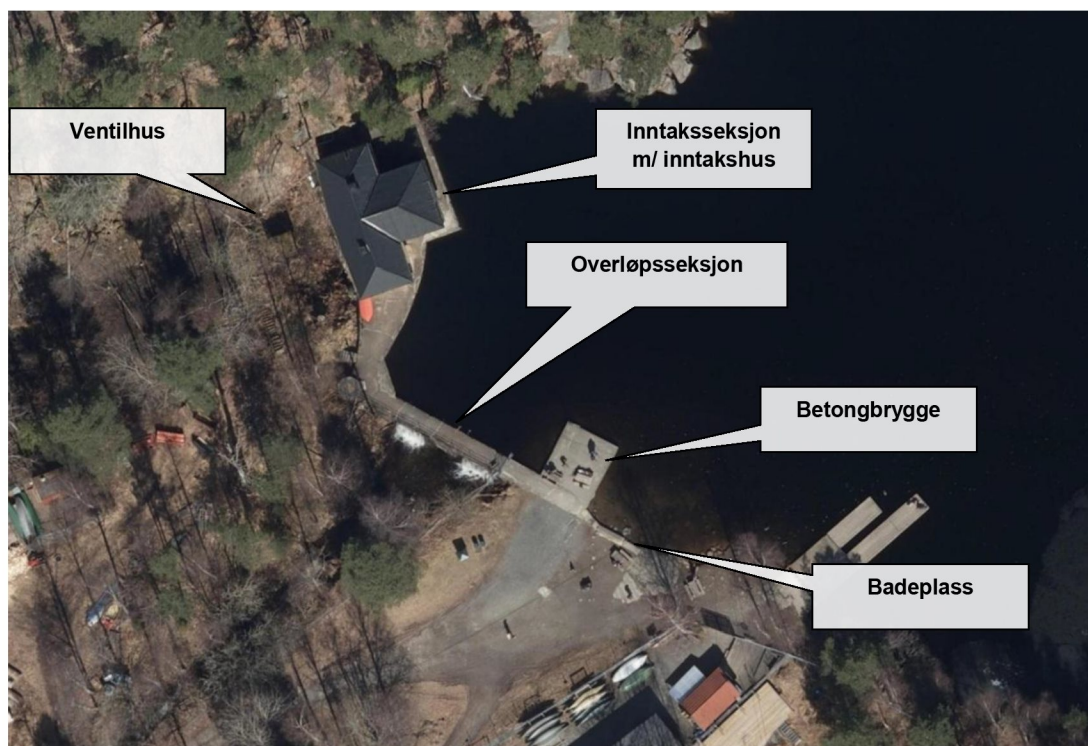
Nøkle vann ligger i Østmarka i Oslo kommune. Selve dammen ligger ved Rustadsaga ca. 1 km øst for Bogerud. Plasseringen er vist på kartet under.



Figur 1: Oversiktskart

Dam Nøkle vann er en murdam som ble bygget rundt 1900, og har tidligere fungert som inntaksdam i forbindelse med vannforsyning.

Dammen er delt i to seksjoner med et markert knekkpunkt som skiller de to delene. Total lengde på damkronen er oppgitt til å være ca. 63 m.



Figur 2: Oversikt over anlegget

Ved høyre seksjon utgjør inntaksseksjonen en stor del av damkonstruksjonen. Kronebredden varierer mellom ca. 2 m og 11 m i dette området. På dammens høyeste og bredeste parti er inntaket anlagt. Dette består av 3 stk. inntaksrør med siler på oppstrøms side som ifølge gamle tegninger befinner seg i en ca. 6 m bred nedsprenget grøft, der bunn av grøften ligger på ca. kote 155. Dammen er nærmere 9,5 m høy i dette område. Inntaksrørene leder inn til et felles kammer før det ledes videre til adskilte silkamre innvendig i dammen. Her fra er det ført 2 stk 600 mm rør ut gjennom dammen til nedstrøms ventilhus, der videre rørføringer består av 2. stk 450 mm rør. Et drenerør på ca. 500 mm er ført fra ventilhuset med utløp i bekken ca. 60 m nedstrøms dammen. Over inntakskammer og silkammer er det anlagt et inntakshus på dammens krone.

Det er utført en enkel lodding av dybden på oppstrøms side, der dammens dypeste parti ble målt til ca. 7,5 m. Damhøyden målt i høyre silkammer innvendig viste imidlertid en høyde på 8,9 m fra bunndekke i betong til topp dam. Oppstrøms dypparti er derfor trolig fylt med løsmasser. Maksimal damhøyde i dette område er således anslått til ca. 9,5 m.

Venstre seksjon omfatter dammens overløp. Dette består av 4 stk. mindre overløpsseksjoner, hver med bredde lik 1,9 m. Over overløpene er det anlagt et gangdekk i betong der fri avstand mellom overløpskronen og betongdekket er ca. 0,3 m.

Til venstre for overløpsseksjonen er dammen utført som en lav betongterskel i tillegg til at det er anlagt en brygge i betong.

Via en tappeluke midt på overløpsseksjonen tappes det minstevassføring på 10 l/s til bekken nedstrøms overløpet. I tillegg overføres det vann til Østensjø via det ene 450 mm røret. Dette er påkoblet en kum et stykke nedstrøms dammen der vannet videre ledes til Østensjø via 2 stk. 150 mm rørledninger. Denne overføringen er konsesjonsbelagt og konsesjonen er nylig utgått. Ny konsesjonssøknad er innsendt og vil trolig godkjennes. Overføringen til Østensjøvann har vært begrenset til 50 l/s i konsesjonen.

Det er kjørbar vei frem til dammen, men veien er stengt med bom ved Rustadsaga.

Det er områder med synlig fjell i hele dammens lengde. Vegetasjon dekker deler av damtåa, men ut fra inspeksjon, samt oversendte dokumenter fra VAV, kan det fastslås at hele dammen er fundamentert på fjell.

For en ytterligere beskrivelse av dammen og dens tilstand henvises det til utført revurdering fra 2007.

1.3 NØKKELDATA

Nedbørsfelt (lokalt):	8,7 km ²
Nedbørsfelt (totalt):	11,0 km ²
HRV:	+ 164,07
LRV:	+ 158,50
Damkrone:	+ 164,53
Magasinvolym (over LRV):	4,13 mill m ³
Damlengde:	ca. 63 m
Største damhøyde:	ca. 9,5 m
Byggeår:	ca. 1900
Bruddkonsekvensklasse:	3

1.4 BRUDDKONSEKVENSKLASSE

Dam Nøkle vann er tidligere vurdert til å tilhøre bruddkonsekvensklasse 3. Nye dambruddsbølgeberegninger er utført av Norconsult AS og ble ferdigstilt april 2014. VAV har nylig utført opptelling av berørte boligekvivalenter ved et eventuelt dambrudd, samt vurdering av konsekvenser for infrastruktur og miljø. VAV har ovenfor NVE foreslått å plassere dam Nøkle vann i klasse 3.

Det er valgt å legge konsekvensklasse 3 til grunn for ombyggingen.

1.5 EKSISTERENDE FLOMBEREGNINGER

Eksisterende flomberegninger for dam Nøkle vann er utført av Norconsult AS, datert 10. januar 2007. Beregningene ble godkjent av NVE i brev datert 7. mai 2007. Det er regnet med full tilstopping av eksisterende overløp slik at alt vann ledes over damkrona.

Flomberegningene gir følgende flomvannstander og avløpsflom:

Dam Nøkle vann	Vannføring (m ³ /s)		Damkrona (moh.)	Flomvannstand (moh.)
	Tilløp	Avløp		
Dimensjonerende flomvannstand (Q ₁₀₀₀)	13,7	9,9	164,53	164,87
Påregnelig maksimal flom (Q _{PMF})	30,7	25,6	164,53	165,17

Tabell 1: Eksisterende flomberegninger

Verdiene er kulminasjonsverdier regnet ut fra HRV på kote 164,07 ved begynnende flom.

Det er planlagt å gjøre endringer av overløpet slik at dimensjonerende flom i sin helhet avledes uten at damkronen overtoppes. Overløpet dimensjoneres i tillegg for et klimapåslag på 20 % på dimensjonerende tilløpsflom for å ha en viss margin mot eventuell fremtidig økning i flommene.

Nye flomberegninger er utført der planlagt ombygging av overløpet legges til grunn. Dette omhandles under kapittel 2.2.1.1.

2. Beskrivelse av tiltak

2.1 KONKLUSJONER FRA REVURDERING

Norconsult AS utarbeidet en revurderingsrapport datert 2. mai 2007 som avdekket at anlegget ikke tilfredsstiller alle krav i damsikkerhetsforskriften og tilhørende retningslinjer for anlegg i klasse 3.

Konklusjoner fra revurderingen er oppsummert under:

- Damkronen overtoppes ved dimensjonerende flom
- Dammen tilfredsstiller ikke gjeldende krav til stabilitet for lastsituasjon HRV + istrykk
- Anlegget tilfredsstiller ikke dagens krav til tappekapasitet
- Damseksjonen til venstre for betongbryggen bør rehabiliteres
- Anlegget mangler instrumentering i form av arrangement for måling av lekkasjer, deformasjoner og kontinuerlig overvåking av vannstand i magasinet

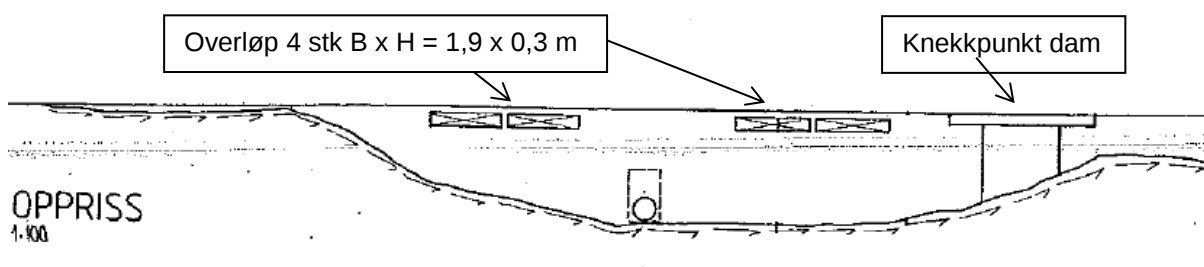
Avvikene er av en slik karakter at ombygging vil være nødvendig for at anlegget skal være utført i henhold til damsikkerhetsforskriften.

Revurderingen ble ikke innsendt til NVE før i 2012, da det ikke forelå vedtak på damklasse. Tilbakemelding fra NVE på revurderingen er foreløpig ikke mottatt.

2.2 PLANLAGTE TILTAK

2.2.1 Flomløp

Eksisterende flomløp har svært begrenset kapasitet og er i tillegg utsatt for tilstopping da det kun er 0,3 m lysåpning fra topp overløp til underkant gangdekke. Dagens situasjon er vist på figuren under.



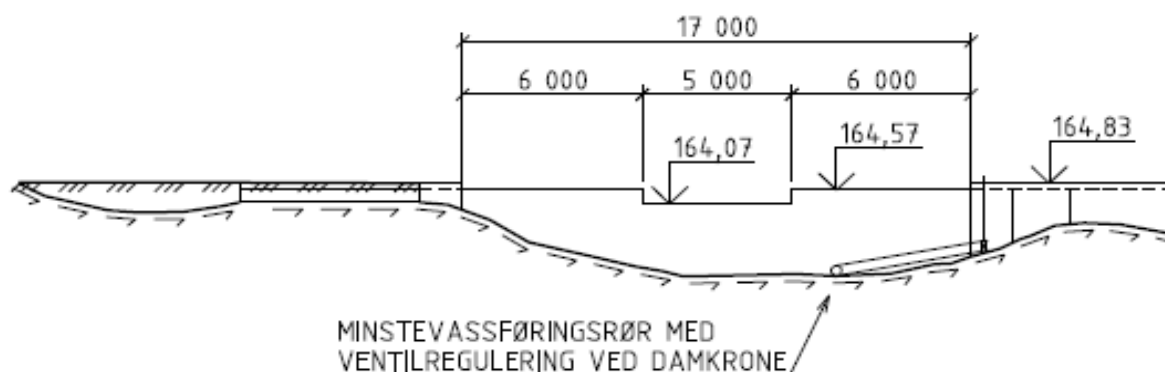
Figur 3: Oppriss vannside eksisterende overløpsseksjon, utsnitt hentet fra tegning 064 (se Vedlegg 5)

Det er besluttet å erstatte eksisterende overløp med et nytt hydraulisk utformet overløp i betong. Overløpslengden er samtidig planlagt å økes fra 7,6 m til 17 m.

Nedenfor overløpet kalles elva Ljanselva. Siden Ljanselva renner gjennom delvis tett bebygde områder er det ønskelig at ombygd overløp ikke skal forandre flomsituasjonen nevneverdig nedstrøms.

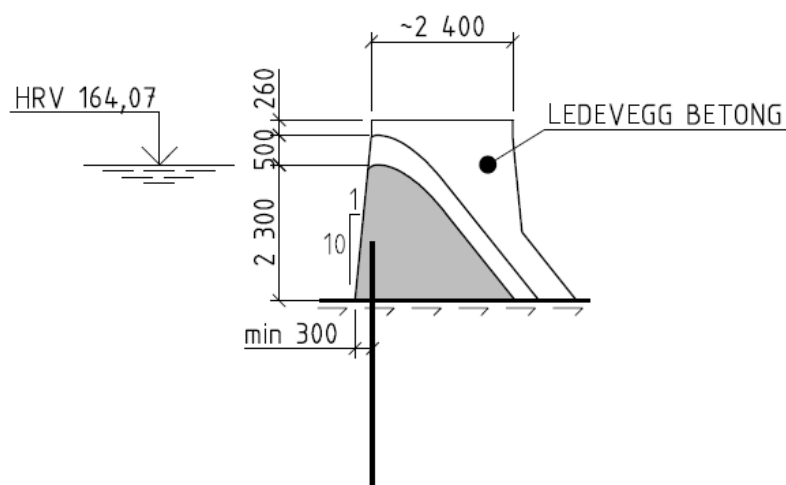
For å hindre en økning i vannføringen for situasjoner ved mindre flommer etter ombygging, samtidig som det bør opprettholdes mest mulig flomdemping i selve magasinet, er det besluttet å anlegge et avtrappet flomløp ved anlegget.

Flomløpet er planlagt å være 17 m langt, der 5 m utgjør laveste terskelnivå. Topp av laveste terskelnivå på overløpet anlegges på samme kotehøyde som topp av eksisterende overløp tilsvarende dagens HRV. Høydeforskjellen mellom laveste og høyeste terskelnivå er satt til 0,5 m.



Figur 4: Oppriss vannside ombygd overløpsseksjon, se tegning 001 i Vedlegg 5 for detaljer

Ombyggingen innebærer at man river eksisterende damkonstruksjon der nytt overløp skal etableres for deretter å støpe en ny hydraulisk utformet overløp i betong. Overløpet forankres med fjellbolter for å sikre tilstrekkelig stabilitet.



Figur 5: Tverrsnitt ombygd overløp

Det skal benyttes Ø32 mm fjellbolter med senteravstand 0,9 m langs hele overløpsseksjonen. Boltene gyses 3,8 m i fjell i henhold til vedlegg til retningslinjen for betongdammer. Se for øvrig Vedlegg 4 for beregninger.

Midt i eksisterende overløpsseksjon befinner det seg en tappeluken til minstevannsføring. Etter ønske fra byggherre er det besluttet å fjerne luka. Gangdekke over flomløpet er dermed ikke nødvendig.

Dagens tappeluken fjernes og erstattes av en rørgjennomføring som skal benyttes til tapping av minstevassføring. Røret monteres med en ventil som reguleres fra damkrona på oppstrøms side.

Overløpet er planlagt uten gangbro. I stedet etableres adkomst til dammen via en ny bro nedstrøms overløpet.

Med den foreslåtte ombyggingen av flomløpet opprettholdes den gode flomdempingen samtidig som fare for tilstopping reduseres.

2.2.1.1 Beregning av nye flomvannstander

Siden dammen skal bygges om med et nytt flomløp, er det utført en ny ruting av aktuelle flommer for det nye anlegget. Beregningene tar utgangspunkt i samme metodikk og feltparametre som godkjente flomberegning fra 2007.

Flomløpets utforming som vist i Figur 5 er lagt til grunn for ny flomberegning.

Verdien på overløpskoeffisienten er satt konstant lik 1,9. Da overløpet er planlagt utført som standard overløpsprofil vurderes koeffisienten til å være noe på konservativ side.

Beregningene er utført for tre ulike situasjoner:

- Dimensjonerende flom (Q_{1000})
- Dimensjonerende flom inklusiv 20 % klimatillegg ($1,2 \times Q_{1000}$)
- Ulykkesflom (Q_{PMF})

Resultatene er sammenstilt i tabellen under (ytterligere informasjon samt nye avløpskurver fremgår av Vedlegg 2).

Flom	Tilslig (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	HRV (m o.h.)	Damkrone ¹⁾ (m o.h.)	Vannstand (m o.h.)
Q_{1000}	13,6	6,8	164,07	164,83	164,73
$1,2 \times Q_{1000}$	16,4	8,8	164,07	164,83	164,81
PMF	30,7	25,6	164,07	164,83	165,10

1) Ny damkrone (topp av frontplate til side for flomløp)

Tabell 2: Flomberegninger for 17 m langt hydraulisk utformet overløp (kuliminasjonsverdier)

Det er valgt å dimensjonere overløpet for et klimapåslag tilsvarende 20 % økning i tilløpsflommen.

Ombyggingen vil redusere tilstopningsfaren ved anlegget. Nytt overløp etableres uten gangbane samtidig som overløpslengden økes betraktelig i forhold til eksisterende situasjon. Det er ikke meldt om unormale forhold hva angår drivgods i magasinet.

Vi mener derfor at det ikke foreligger forhold som tilsier at dimensjonerende flommer ved ombygd anlegg skal utføres med en fastsatt tilstopningsprosent, selv om man ikke planlegger å benytte lenser oppstrøms overløpet.

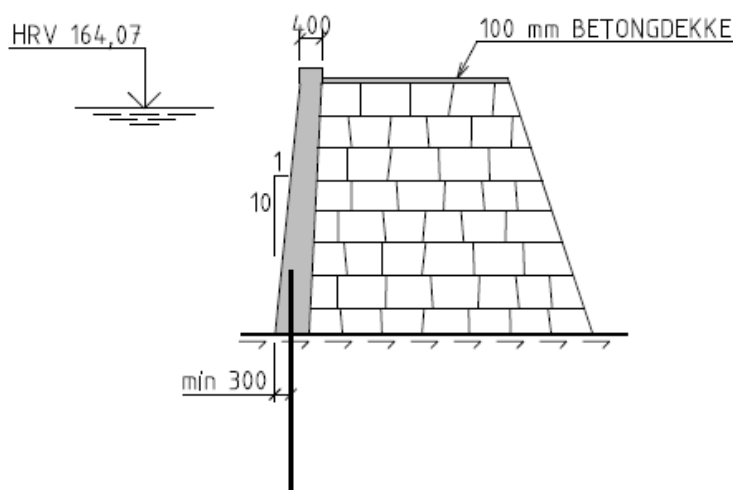
Beregningene viser at anleggelse av en brystning på 0,28 m vil være tilstrekkelig for å unngå overtopping av dammen for situasjonen $1,2 \times Q_{1000}$. Topp brystning på damkrona legges på kote 164,83 tilsvarende 0,3 m over eksisterende kronenivå.

2.2.2 Dam til side for flomløpet

Lavere deler av damkonstruksjonen, inkludert eksisterende overløp, er ikke beregningsmessig stabil mot velting og glidning ved lastsituasjonen «HRV + istrykk».

En oppstrøms frontal påstøp i betong forankret med fjellbolter er vurdert som det mest aktuelle tiltaket både med tanke på byggekostnader og omfang av rehabilitering, samt fremtidig vedlikehold på dammen.

Det er dermed planlagt å støpe en betongplate på oppstrøms side av eksisterende murdam, se Figur 6. Påstøpen vil være 0,4 m tykk i topp med helning 10:1. Påstøpen forlenges til et nivå tilsvarende 0,3 m høyere enn eksisterende damkrona for å sikre tilstrekkelig fribord for DFV. Et 0,1 m tykt betongdekke støpes over eksisterende damkrona slik at kronenivået blir liggende høyere enn øvre del av overløpet.

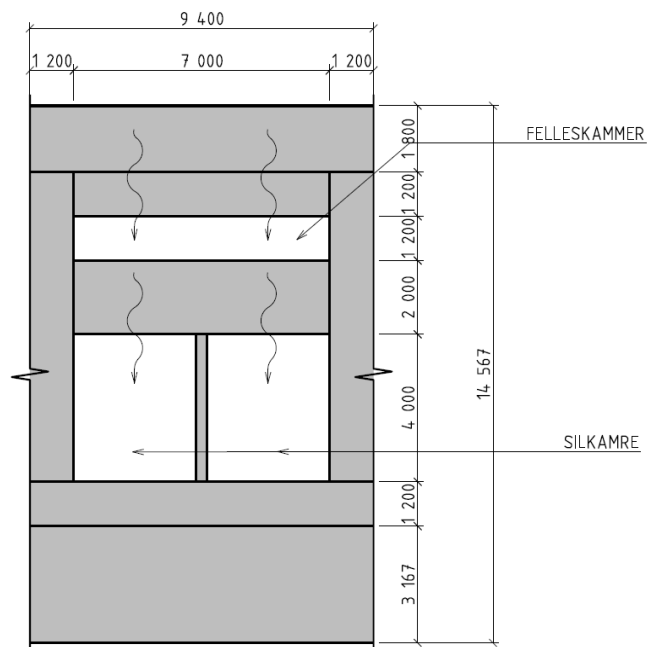


Figur 6: Utforming oppstrøms plate

Den frontale påstøpen sikres med fjellbolter for å tilfredsstille alle stabilitetskrav. Det skal benyttes Ø25 mm fjellbolter med senteravstand mellom 0,5 og 1,0 m langs henholdsvis de lavere og høyere delene av dammen. Boltene gyses fra 2,8 til 3,6 m i fjell for å sikre tilstrekkelig påhengt fjellvekt i henhold til vedlegg til retningslinjer for betongdammer.

For å bedre heft mellom murdam og påstøpt betongplate, forankres platen med bolter/dybler til eksisterende damkonstruksjon.

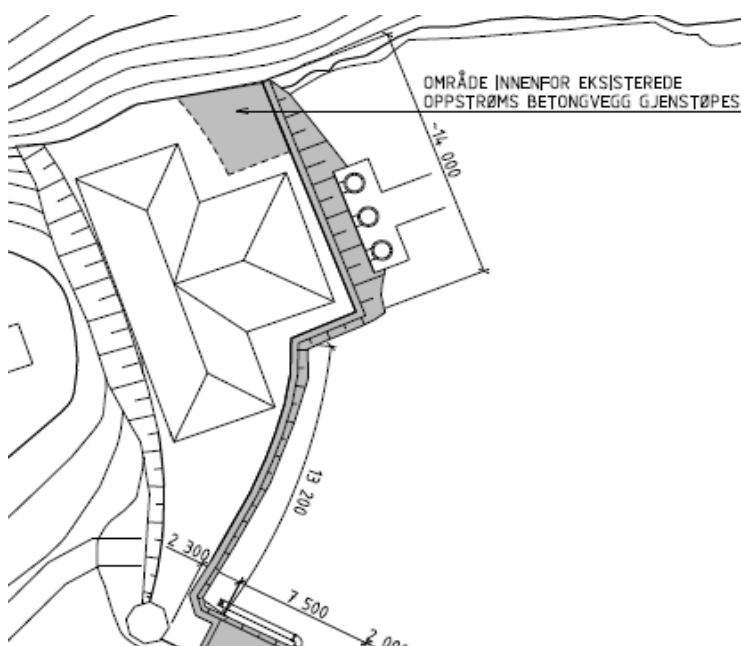
Stabilitetsberegninger viser at eksisterende dam ved dammens inntaksseksjon er stabil når man betrakter denne seksjonen som en monolittisk enhet, se Figur 7.



Figur 7: Dammens inntaksseksjon i dagens situasjon sett i plansnitt ved damkrone (oppgitte dimensjoner er omtrentlige da de er hentet fra tegning uten målsetting)

Da det er mangelfull dokumentasjon av veggen oppstrøms og nedstrøms felleskammer, se Figur 7, skal felleskammeret i sin helhet gjenstøpes. En slik gjenstøping vil sikre at konstruksjonen kan betraktes som monolittisk.

Ved dammens høyre vederlag er det tidligere etablert et betongdekke som hviler på en oppstrøms støpt betongplate og bakenforliggende murdam. Dette er trolig utført for å skape en jevn frontal linjeføring i området, se for øvrig Figur 8. Da det er vanskelig å inspisere bakenforliggende murdam og man ikke med sikkerhet vet tilstanden til oppstrøms side av murdammen i området er det planlagt å fylle hulrommet med betong.



Figur 8; Planlagt utstøping høyre vederlag

2.2.3 Tappearrangement

Det vil bli utført en ombygging av rørarrangementet gjennom dammen. Det henvises til kapittel 4 for detaljer.

2.2.4 Instrumentering

For mur- og betongdammer i klasse 3 stilles det i utgangspunktet krav til registrering av vannstand, lekkasje og deformasjoner.

- **Vannstand:**

Det etableres arrangement for kontinuerlig måling av vannstand med overføring til driftssentral. I forbindelse med gjenstøping av felleskammeret støpes det inn ett mindre rør som står i kontakt med magasinet via midtre inntaksrør inn til felleskammeret. En trykkcelle senkes ned i røret for lett adkomst og registrering av vannstand.

Ny vannstandsskala etableres.

- **Lekkasje:**

Lekkasjer vil kun være mulig å måle ved damseksjonen til høyre for dammens knekkpunkt (sett medstrøms) over en strekning på ca. 25 m. Ved overløpsseksjonen vil det alltid stå vann på nedstrøms side som følge av tapping av minstevassføring, og registrering av eventuelle lekkasjer er derfor vanskelig ved denne damdelen.

Fundamentering av nedstrøms damtå er synlig i hele dammens lengde foruten dypløpet ved ventilhuset. Dybden av løsmasser ved nedstrøms dypløp er ca. 3 m. Eventuelle lekkasjer er derfor enkle å observere over store deler av dammen.

Siden dammen vil få en ny frontal tetning er det antatt at en eventuell lekkasje vil være minimal. Dammen er i tillegg fundamentert på fjell og har et svært solid tverrsnitt. Mindre

lekkasjer vil ikke medføre noen skade på dammen, og registrering av eventuelle lekkasjer er derfor ikke vurdert til å øke sikkerheten ved anlegget.

I forbindelse med at det vil bli lagt ned nytt rør fra dagens ventilkammer til utløp i bekken nedenfor dammen vil det samtidig legges ned en egen drenasjeledning i samme grøft. Arrangementet er vist på vedlagte tegning 002. Ved å legge til rette for en visuell inspeksjon av drenasjevannet fra denne ledningen mener vi dette vil være tilstrekkelig arrangement for å vurdere dammens lekkasjer.

Til venstre for dammens knekkpunkt anser vi det ikke som hensiktsmessig å anlegge arrangement for lekkasjemålinger. Se avsnitt 5 for ytterligere informasjon.

- **Deformasjoner:**

Det vurderes ikke å være nødvendig med bolter for måling av deformasjoner på damkronen. Se avsnitt 5 for ytterligere informasjon.

2.2.5 Diverse

- **Damkonstruksjon venstre vederlag:**

Damkonstruksjonen ved venstre vederlag er i dårlig forfatning og skal erstattes. Det etableres en tettevegg av betong som fylles ned på oppstrøms og nedstrøms side. Topp av betongvegg anlegges noe over 1,2xQ₁₀₀₀ dvs. kote 164,83. Veggens forlenges mot vederlaget til den treffer fjell som ligger høyere enn kote 164,83.

- **Gangbro:**

Det vil ikke bli etablert gangbro over ombygd overløp. I stedet vil adkomsten til dammen skje via eksisterende bro over bekken nedstrøms overløpet. Broen må oppgraderes til å tåle tungtransport i forbindelse med damrehabiliteringen.

- **Betongbrygge:**

Det er planlagt mindre rehabiliteringsarbeider på betongbryggen ved dammens venstre side. Bryggen er delvis undergravd og det vil bli støpt ny betongfront rundt konstruksjonen.

- **Arrangement for minstevassføring:**

Eksisterende luke for tapping av minstevassføring fjernes og erstattes av en rørgjennomføring med påmontert ventil på vannsiden. Ventilen planlegges regulert fra damkrona.

- **Nytt rekkverk:**

Dameier har planer om å bytte ut eksisterende port og rekkverk til samme type som er benyttet på nyere ombygde anlegg i området.

- **Adkomst silkammer:**

Adkomsten til silkamrene vil bli forbedret ved montering av nye ledere. Eventuelt omfang for fjerning av gammelt arrangement innvendig i silkamrene vurderes på et senere tidspunkt.

- **Landskapsutforming:**

Det legges opp til at man gjennomfører mindre landskapsmessige tiltak i området rundt badeplassen. Tiltakene innebærer trappetrinn og rullestolrampe til betongbrygga, samt terrengplanering og tilførsel av sand til badeplass.

3. Stabilitetsberegninger

3.1 GENERELT

De lavere deler av damkonstruksjonen er ikke tilstrekkelig stabil for lastsituasjonen «HRV + istrykk». I tillegg har damkonstruksjonen ved venstre vederlag større skader muligens som følge av istrykk, og må utbedres.

Basert på lodding av oppstrøms dybder i kombinasjon med partier med synlig fjell i nedstrøms tå, virker store deler av konstruksjonen å være lavere enn 7 m. Dette samsvarer med eksisterende tegninger. Det forutsettes derfor at man kan benytte fjellbolter til å stabilisere dammen i de lavere områdene.

Det er usikkert om steinblokkene i dammen er lagt i mørtel eller ikke. Synlige områder av dam virker å være utført med mørtel i fugene og mellom steinene.

Dammens indre oppbygging er ikke dokumentert. Man kan derfor ikke avskrive at damkroppen består av murte steiner i opp- og nedstrøms side, samt røysfylling i midten. Det er derfor beregnet to ulike stabilitetssituasjoner for ombygd murdam:

- En beregning baserer seg på at steinen er lagt i mørtel slik at poretrykket regnes fullt i strekksone og lineært avtagende i dammens trykksone. Det er her benyttet en friksjonsvinkel på 40° mellom mørtel og fjell. Egenvekt settes da lik 25 kN/m^3 .
- Ved å anta at dammens indre deler består av røysfylling kan konstruksjonen regnes som drenert når man støper på en tett oppstrøms betongplate. Ved denne betraktningen regnes konstruksjonen drenert med en drenasjefaktor $k = 0,33$. For dette tilfelle benyttes en friksjonsvinkel lik 33° samt en egenvekt som er regnet som et gjennomsnitt av dimensjoner for antatt røysfylling, murkonstruksjon og ny betong. For de beregnede tverrsnitt tilsvarer dette en variasjon i tyngtetthet mellom $17,7 - 19,3 \text{ kN/m}^3$.

Beregningene tar utgangspunkt i at det støpes på en 400 mm tykk påstøp med oppstrøms helning lik 10:1.

Ombygd dam er stabilt for begge forutsetningene, men kun resultater fra betraktningen om at dammen består steinene er tørrmurt er presentert i det følgende da denne situasjonen gir lavest beregnet sikkerhet.

Overløpsseksjonen beregnes som en monolitisk betongkonstruksjon.

3.2 STABILITETSKRITERIER

I henhold til NVEs retningslinje for murdammer, gjelder samme stabilitetskrav for tørrmurte dammer som for betongdammer.

Stabilitetsberegninger er derfor utført med utgangspunkt i NVEs retningslinjer for murdammer datert desember 2011 og for betongdammer, utgave 2, datert oktober 2005 samt notat fra NVE

datert 6. desember 2012 med tittelen «Glidekontroll for betongdammer uten medvirkende fjellbolter». Lastsituasjoner og laststørrelser er fastsatt i samsvar med NVEs Retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 1, datert 15. desember 2003.

Gjeldende stabilitetskriterier for gravitasjonsdammer i mur og betong er oppsummert i tabellen under. Beregninger av stabilitet gjennomføres i brudd- og ulykkestilstand der last- og materialfaktor settes lik 1,0.

Grense-tilstander	Lastsituasjon	GLIDNING Sikkerhetsfaktor	VELTING Resultant fra nedstrøms tå
Brudd	HRV + istrykk	>1,5	>1/3 B
	DFV	>1,5	>1/3 B
Ulykke	DFV uten bolter	>1,1	>1/12 B
	Ulykkesflom	>1,1	>1/6 B
	Jordskjelv, retur 475 år	>1,1	>1/6 B

Tabell 3: Kriterier for stabilitet av gravitasjonsdam, B = bredden av tverrsnittet mot fundamentet

3.3 LASTER OG FORUTSETNINGER

Stabilitetsberegningene er gjennomført for følgende lasttilfeller:

- HRV kt. 164,07 + istrykk
- Dimensjonerende flomvannstand inkl. klimapåslag på kt. 164,81 ($1,2 \times Q_{1000}$)
- Kontrollflom på kt. 165,10 (Q_{PMF})

Dammen er også kontrollert for jordskjelv med returperiode på 475 år og seismisk faktor på 2, samt en tilleggskontroll av stabilitet ved DFV uten bolter for tverrsnitt større enn 2 m.

- Dimensjonerende flomvannstand inkl. klimapåslag på kt. 164,81 ($1,2 \times Q_{1000}$) u/ bolter
- Jordskjelv ved HRV kt 164,07 med returperiode 475 år jf. forutsetninger i avsnitt 3.3.1.

Følgende forutsetninger er benyttet i beregningene:

- **Vannstander:** Det er benyttet flomvannstander fra oppdaterte flomberegninger for nytt avtrappet overløp.
- **Istrykk:** Det forutsettes et istrykk tilsvarende 100 kN/m som angriper 0,25 m under HRV

- **Egenvekt:** Egenvekten til murdammen betraktes som et gjennomsnitt av antatt røysfylling, murkonstruksjon og ny betong. Dette tilsvarer egenvekter i intervallet 17,7 – 19,3 kN/m³ for de beregnede tverrsnitt.

For overløpsseksjonen der murdammen fjernes og erstattes med betong regnes det med en tyngdetetthet på 24 kN/m³. Tverrsnittareal og tyngdepunkt for dammen er hentet fra DAK tegneprogram, som vist i beregningene.

- **Poretrykk:**

Det antas at damkroppen kan regnes som drenert bak ny betongplate. Det er benyttet poretrykksdiagram i overenstemmelse med retningslinjer for murdammer.

For overløpsseksjonene legges det til grunn fullt poretrykk i dammens strekksone og lineært avtagende i trykksone.

- **Friksjonsvinkel:**

I følge berggrunnskart fra NGU består området av Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt.

Murdam: Fra retningslinjer for murdammer benyttes en friksjonsvinkel på 33° mellom granitt og fjell.

Betongoverløp: Det benyttes en friksjonsvinkel på 45° mellom betong og fjell.

- **Bolter:** Det medregnes aktivert boltekraft for alle damdeler som er under 7 m.
- **Fundamentheining:** Ut fra lodding og visuell vurdering av oppstrøms og nedstrøms bunnivå antas fundamentet å være tilnærmet horisontalt.
- **Inntaksseksjon:** Felleskammeret mellom oppstrøms murt vegg og tverrgående skillevegg foran silkamrene forutsettes gjenstøpt. Stabiliteten beregnes deretter ved å betrakte hele inntaksseksjonen som en homogen konstruksjon med velting om nedstrøms tå som nevnt i avsnitt 2.2.2.
- **Bakvann:** Det er medregnet bakvann for overløpsseksjonene. Normal bakvannstand er ca. 0,5 m ved vannstand tilnærmet HRV. Ved overløp tilsvarende DFV er det gjort ulike beregninger med varierende bakvannstand. Lavest sikkerhet er funnet til å opptre ved 1 m nedstrøms vannstand.

3.3.1 Jordskjelvberegninger

I henhold til "Retningslinje for laster og dimensjonering" - NVE 2003 skal dammer i bruddkonsekvensklasse 3 og 4 kontrolleres for jordskjelvlaster. Beregning av seismiske tilleggslaster er basert på NS-EN 1998-1, «Prosjektering av konstruksjoner, for seismisk påvirkning».

Dammen er kontrollert for et jordskjelv med returperiode 475 år og med en seismisk faktor på 2. Sonekart for jordskjelv i Norge i Nasjonalt tillegg til NS-EN 1998-1 viser at dammen ligger i et område med angitte maksimale akselerasjoner i grunnen på $0,55 \text{ m/s}^2$ for en returperiode på 475 år.

Jordskjelv forutsettes å opptre ved en magasin vannstand tilsvarende HRV uten samtidig opptredende istrykk.

Stabilitetskontroll mot jordskjelv er utført ved å påføre dammen følgende tilleggslaster:

1. Seismisk tilleggslast fra vanntrykk mot dammen (P). Lasten angriper vinkelrett mot oppstrøms flate normalt på damaksen i en avstand over fundamentet tilsvarende 40 % av vanddybden i kontrollsnittet.
2. Seismisk horisontal tilleggslast på grunn av massekrefter i dam (P_{mx}). Lasten angriper i dammens tyngdepunkt med retning i vannets strømningsretning normalt på damaksen.
3. Seismisk vertikal tilleggslast på grunn av massekrefter i dam (P_{mz}). Lasten angriper vertikalt oppover i dammens tyngdepunkt og bidrar til å redusere egenvekten ved konstruksjonen.

Vertikal vannlast mot skrå oppstrøms side beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.

Samtlige tilleggslaster forutsettes å opptre samtidig i følgende to alternative kombinasjoner for hvert av de kontrollerte damtverrsnitt:

- **Kombinasjon A:** $P + P_{mx} + 0,3 \times P_{mz}$
- **Kombinasjon B:** $P + 0,3 \times P_{mx} + P_{mz}$

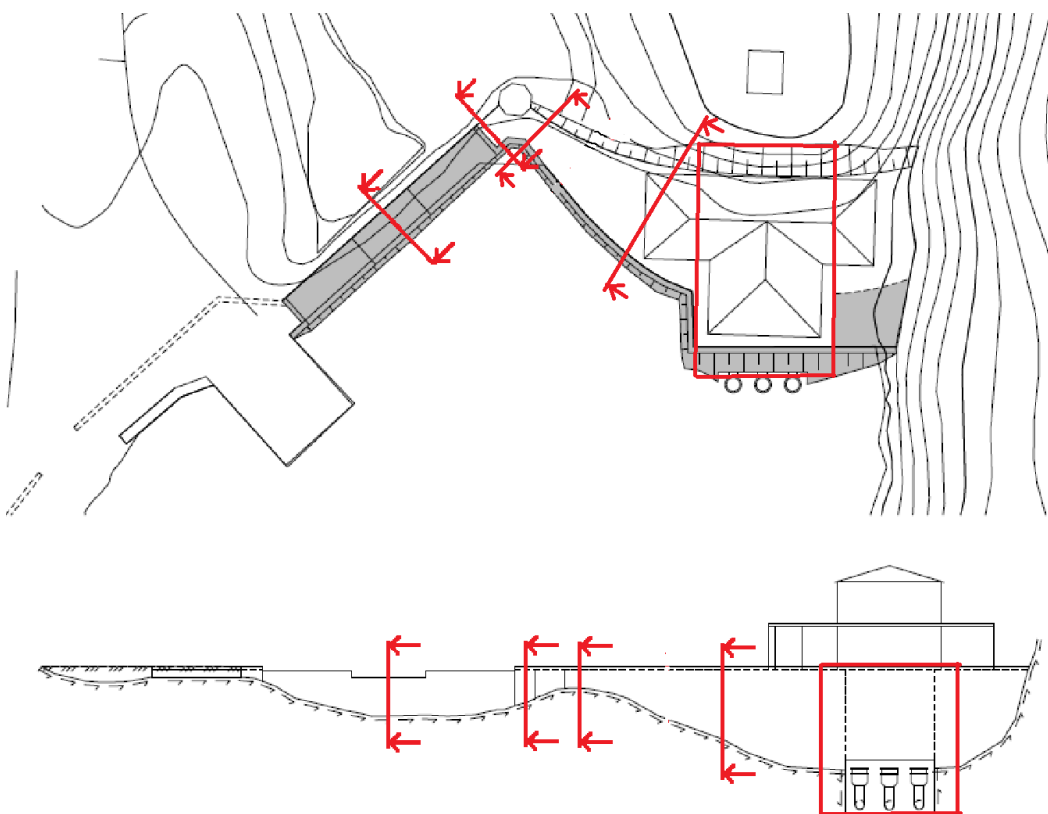
For hver lastkombinasjon kontrolleres stabilitet i ulykkesgrensetilstand ved en vannstand tilsvarende HRV.

3.4 STABILITETSBEREGNINGER AV DAMMEN

Det er gjennomført en kontroll av beregningsmessig stabilitet for følgende snitt ved dammen:

- Ombygd overløpsseksjon, $H = 2,5$ m
- Ombygd murdam, $H = 1,8$ m
- Ombygd murdam, $H = 2,3$ m
- Ombygd murdam, $H = 5,5$ m
- Ombygd inntaksseksjon, $H = 10,0$ m

Snittene er markert på figuren nedenfor.



Figur 9: Snitt og områder benyttet i stabilitetsberegning

3.4.1 Resultater

For stabilitetskontrollen er det benyttet et regneark som er utarbeidet av Norconsult AS og sammendrag fra beregningene er gitt nedenfor. Beregningene som helhet følger som vedlegg til rapporten.

3.4.1.1 Overløp

Det er tatt utgangspunkt i en damhøyde på 2,5 m. For høyder lavere enn 2 m er det ikke nødvendig å kontrollere stabiliteten for situasjonen DFV uten bolter.

Nedstrøms vannstand ved DFV er forutsatt å tilsvare 1 m vanntrykk. Beregningsmessig vil dette være den bakvannstand som gir lavest beregnet sikkerhet.

Vekten av vann over flomløpet er ikke medregnet og vil gi et ekstra stabiliserende bidrag.

Resultatene er vist i tabellen under:

Grensetilstand og lasttilfelle		Velting				Glidning		
		Resultant	Krav		Resultat	Sikkerhet	Krav	Resultat
Bruddgrense:	HRV + istrykk	1,18	>B/3	= 0,97	Stabil!	1,62	>1,5	Stabil!
Bruddgrense:	DFV - Q1000	2,21	>B/3	= 0,97	Stabil!	4,43	>1,5	Stabil!
Ulykkesgrense:	PMF	2,24	>B/6	= 0,48	Stabil!	3,39	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	DFV uten fjellbolter	1,05	>B/12	= 0,24	Stabil!	1,13	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	Kombinasjon A	2,40	>B/6		Stabil!	4,65	>1,1	Stabil!
Jordskjelv	Kombinasjon B	2,44	>B/6		Stabil!	5,29	>1,1	Stabil!

Tabell 4: Beregningsmessig stabilitet nytt betongoverløp, $H = 2,5$ m

Beregningene viser at samtlige stabilitetskrav er overholdt for planlagt nytt overløp. Det er forutsatt at man benytter ø32 bolter med senteravstand lik 0,9 m.

3.4.1.2 Murdam

Kontrollerte snitt er vist på Figur 9.

Grensetilstand og lasttilfelle		Velting				Glidning		
		Resultant	Krav		Resultat	Sikkerhet	Krav	Resultat
Bruddgrense:	HRV+istrykk	1,95	>B/3	= 1,00	Stabil!	1,49≈1,5	>1,5	Stabil!
Bruddgrense:	DFV - 1,2xQ1000	2,25	>B/3	= 1,00	Stabil!	9,92	>1,5	Stabil!
Ulykkesgrense:	PMF	2,23	>B/6	= 0,50	Stabil!	7,39	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	DFV uten fjellbolter	1,33	>B/12	= 0,25	Stabil!	3,27	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	Kombinasjon A	2,26	>B/6		Stabil!	13,57	>1,1	Stabil!
Jordskjelv	Kombinasjon B	2,28	>B/6		Stabil!	20,98	>1,1	Stabil!

Tabell 5: Beregningsmessig stabilitet ombygd murdam, $H = 1,8$ m

Grensetilstand og lasttilfelle		Velting				Glidning		
		Resultant	Krav		Resultat	Sikkerhet	Krav	Resultat
Bruddgrense:	HRV+istrykk	1,61	>B/3	= 0,96	Stabil!	1,51	>1,5	Stabil!
Bruddgrense:	DFV - 1,2xQ1000	2,06	>B/3	= 0,96	Stabil!	6,49	>1,5	Stabil!
Ulykkesgrense:	PMF	2,03	>B/6	= 0,48	Stabil!	5,12	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	DFV uten fjellbolter	1,18	>B/12	= 0,24	Stabil!	2,44	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	Kombinasjon A	2,08	>B/6		Stabil!	8,44	>1,1	Stabil!
Jordskjelv	Kombinasjon B	2,11	>B/6		Stabil!	11,38	>1,1	Stabil!

Tabell 6: Beregningsmessig stabilitet ombygd murdam, $H = 2,3$ m

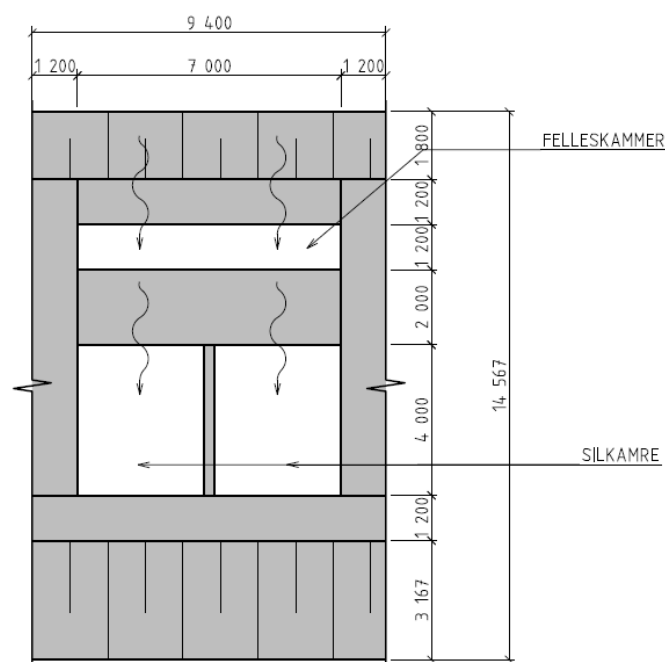
Grensetilstand og lasttilfelle		Velting			Glidning		
		Resultant	Krav	Resultat	Sikkerhet	Krav	Resultat
Bruddgrense:	HRV+istrykk	3,15	>B/3 = 2,85	Stabil!	2,04	>1,5	Stabil!
Bruddgrense:	DFV - 1,2xQ1000	3,63	>B/3 = 2,85	Stabil!	2,84	>1,5	Stabil!
Ulykkesgrense:	PMF	3,54	>B/6 = 1,43	Stabil!	2,54	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	DFV uten fjellbolter	3,63	>B/12 = 0,71	Stabil!	2,84	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	Kombinasjon A	3,56	>B/6	Stabil!	2,35	>1,1	Stabil!
Jordskjelv	Kombinasjon B	3,71	>B/6	Stabil!	3,00	>1,1	Stabil!

Tabell 7: Beregningsmessig stabilitet ombygd murdam, $H = 5,5$ m

Beregningene viser at ombygd murdam tilfredsstiller gjeldende stabilitetskrav. Det forutsettes at man benytter $\varnothing 25$ bolter med senteravstand 0,5 for de laveste damseksjonene (opp til ca 3 m damhøyde), økende til senteravstand 1,0 m for damhøyder opp mot 4 m. Stabilitetsberegningene for snittet med høyde 5,5 m er utført uten medvirkning fra bolter.

3.4.1.3 Inntaksseksjon

Det er gjennomført en kontroll av stabiliteten til inntaksseksjonen der seksjonen er betraktet som en enhetlig konstruksjon, se figur nedenfor.



Figur 10: Dammens inntaksseksjon sett i plansnitt ved damkrone. Oppgitte dimensjoner er omtrentlige.

Etter ombygging vil felleskammeret være gjenstøpt og silkammeret være tørrlagt.

Beregningene av inntaksseksjonen forutsetter fullt poretrykk i strekksone og lineært avtagende i trykksone. Resultatene vises i tabellen under.

Grensetilstand og lasttilfelle		Velting				Glidning		
		Resultant	Krav		Resultat	Sikkerhet	Krav	Resultat
Bruddgrense:	HRV + istrykk	7,16	>B/3	= 4,86	Stabil!	6,39	>1,5	Stabil!
Bruddgrense:	DFV - Q1000	7,17	>B/3	= 4,86	Stabil!	6,53	>1,5	Stabil!
Ulykkesgrense:	PMF	7,01	>B/6	= 2,43	Stabil!	4,22	>1,1	Stabil!
Ulykkesgrense:	Kombinasjon A	9,45	>B/6	= 2,43	Stabil!	2,22	>1,1	Stabil!
Jordskjelv	Kombinasjon B	9,89	>B/6	= 2,43	Stabil!	2,96	>1,1	Stabil!

Tabell 8: Stabilitet inntaksseksjon

Beregningene viser at inntaket har svært god stabilitet selv uten påstøp og fjellbolter. Bolter er følgelig ikke nødvendig for denne damdelen og er ikke inkludert i beregningene.

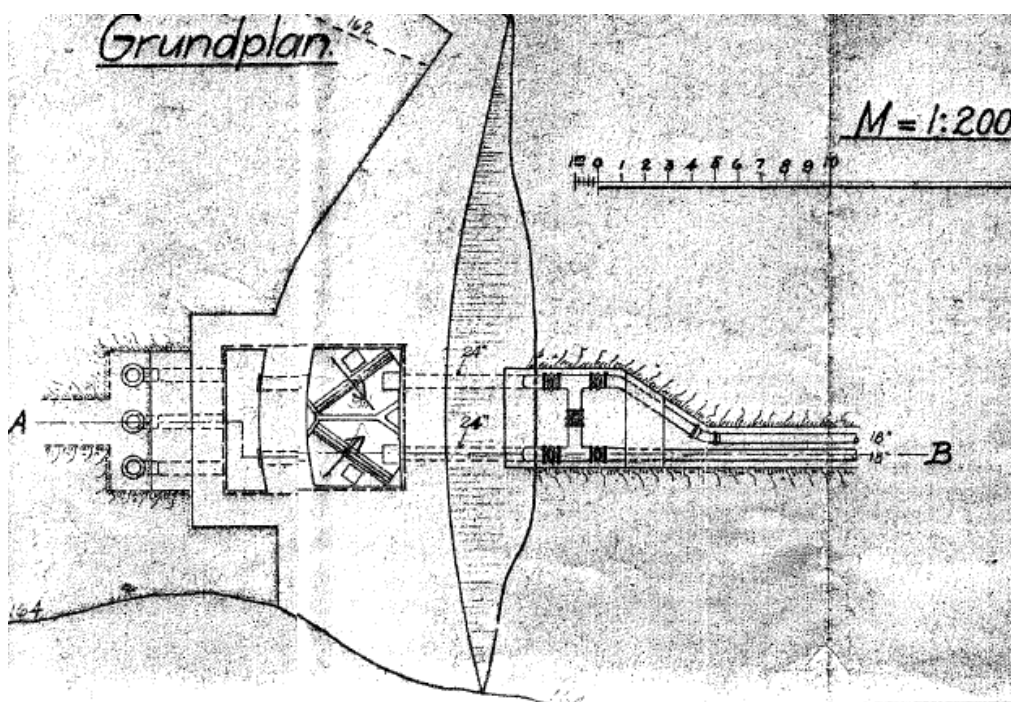
4. Tappe- og stengeorgan

Eksisterende tappekapasitet er for lav i forhold til damsikkerhetsforskriftens beredskapsmessige senkningskrav til dammer i klasse 3 og 4. Anlegget har i tillegg begrensede muligheter for nedtapping av magasinet.

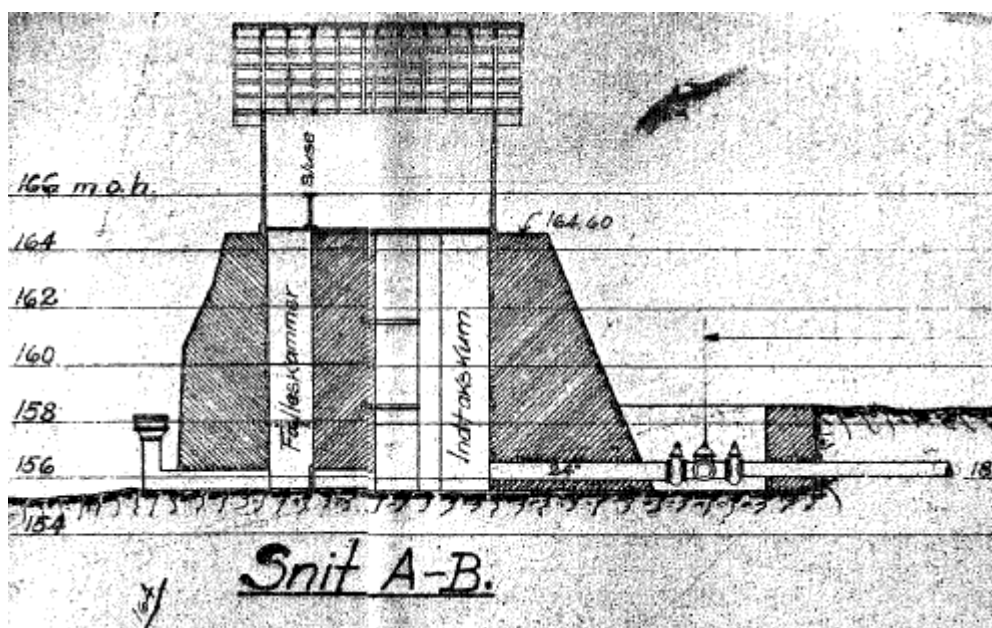
4.1 EKSISTERENDE TAPPEMULIGHETER

Følgende tappeanordninger og rørgjennomføringer finnes ved dammen:

- Sirkulær glideluke ved dammens overløp. Benyttes til tapping av minstevassføring. Diameter 0,58 m, luketerskel kote 161,97.
- 3 stk. inntaksrør av ukjent diameter inn til felleskammer. Videre 1 stk. rør av ukjent diameter inn til hvert silkekammer, før 2 stk. 600 mm rør føres ut gjennom nedstrøms side av dammen inn til ventilhus. Fra ventilhuset føres 2 stk. 450 mm vannforsyningsrør videre. Høyre rør er ikke i bruk og er kappet et stykke nedenfor ventilhuset. Venstre rør benyttes til overføring av vann til Østensjø. Dette er påkoblet 2 stk. 150 mm rørledninger i en kum et stykke nedstrøms dammen, der 150 mm rørene leder vannet videre til Østensjø. Det er ikke tilrettelagt for at rørene kan benyttes til tapping eller senking av magasinet.
- Arrangementet er vist på figuren nedenfor.



Figur 11: Rørrangement gjennom dammens inntaksseksjon sett i plan



Figur 12: Rørarrangement gjennom dammens inntaksseksjon sett i snitt

I tillegg er det etablert et drenerør på ca. 500 mm som går fra nedstrøms ventilhus til elveleiet ca. 60 m nedstrøms dammen.

4.2 PLANLAGT OMBYGGING

Kravene til senking ved midlere tilsig er gjengitt i tabellen under:

Konsekvensklasse	Gjennomsnittlig senking fra HRV til senkingsnivået	Senkingsnivå under HRV
3	ca. 0,5 – 1 m pr døgn	ca. 5 m
4	ca. 1 m pr døgn	ca. 6 m

Tabell 9: Krav til senking av magasin

I dypløpet ved dammens inntak ligger bunnivået ifølge Figur 12 på ca. kote 155. Øvrig dam har bunnivå på ca. kote 158 og høyere. Senkning tilsvarende 5 m under HRV vil dermed tørlegge store deler av dammen.

Kravene til senkningshastighet i magasinet for dammer i klasse 3 og 4 er ikke tilpasset små dammer, og det søkes om dispensasjon fra kravene om beredskapsmessig tapping. For utdypende begrunnelse henvises det til kapittel 5. En svært omfattende ombygging må til hvis dammen skal overholde fastsatte krav til senkning.

Selv om det søkes om dispensasjon fra senkningskrav er det likevel planlagt en ombygging av rørarrangementet ved dammen. Dette baseres på følgende forhold:

- Eksisterende tappemuligheter er svært begrenset for nivåer under 161,97 (nivå eksisterende lukterskel i overløpet). Tørlegging av damfot vil vanskelig la seg gjennomføre med dagens arrangement.

- Tappeluka i overløpet er planlagt fjernet. Omlegging av rørarrangementet vil være nødvendig for å opprettholde tilnærmet samme tappekapasitet for de øvre meterne av magasinet.
- Eksisterende arrangementsløsning benytter kun ett av to rørføringer ut av dammen til overføring.
- Det er ikke ønskelig med vannfylte silkamre etter ombygging. Ny oppstrøms plate skal fungere som dammens tetning. Det foreligger ingen sikker dokumentasjon av dimensjoner eller benyttede materialer for silkamrenes nedre vegg (jf. Figur 12) og det er dermed ikke nok grunnlag for beregning av veggens kapasitet ved vanntrykk.

Planlagt ombygging er vist på tegning 002 og er oppsummert i punktene nedenfor:

- Ombyggingen innebærer at man etablerer to kontinuerlige rørføringer gjennom dammen. Nye rør tres gjennom eksisterende rør og støpes inn.
- Eksisterende drenerør fra nedstrøms ventilhus fjernes og erstattes av et nytt større tapperør som legges i samme trase. Venstre og høyre tapperør gjennom dammen påkobles dette nye tapperøret nedstrøms anlegget. Røret legges ut i bekk ca. 60 m nedstrøms dammen.
- Eksisterende ventilhus nedstrøms dammen fjernes og erstattes av en eller to kummer.
- Eksisterende luker i felleskammeret erstattes med nye ventiler i silkammeret.
- Et forgreinsingsrør til venstre vannforsyningsrør nedstrøms dammen monteres for å sikre overføringen til Østensjøvann.
- Nye inntaksrister/ silkasser må monteres da eksisterende inntaksrister må fjernes i forbindelse med påkobling av rør gjennom fangdam.

4.2.1 Forventet tappekapasitet

Det er gjennomført en beregning av forventet tappekapasitet ved ombygd rørarrangement i henhold til beskrivelsene ovenfor.

Beregningene angir hvor lang tid man kan forvente det vil ta å senke ned magasinet fra HRV til LRV ved midlere tilsig. Kapasiteten er angitt for forskjellig rørdiameter nedstrøms samløpspunktet, da denne diameteren ikke er bestemt på nåværende tidspunkt.

Resultatene er oppsummert i tabellen nedenfor:

Rørdiameter utløpsrør (mm)	Gjennomsnittlig senkehastighet magasin (m/døgn)	Antall døgn på senking fra HRV til LRV (5,57 m)
600	0,11	52
700	0,13	43
800	0,14	39
900	0,15	38
1000	0,15	37

Tabell 10: Beregnet senkehastighet mellom HRV og LRV ved midlere tilsig.

Resultatene viser at det må forventes å ta lang tid å tappe ned magasinet til LRV. Kapasiteten til tapperørene blir svært begrenset når man nærmer seg LRV da trykkehøyden blir lav.

Fullstendige beregninger kan finnes i Vedlegg 3.

5. Søknad om dispensasjon

5.1 OMFANG AV DISPENSASJON

I samsvar med forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg § 8-2, søkes det om dispensasjoner fra følgende bestemmelser i forskriften:

- § 5-9 *Senking av magasin*

Gjelder beredskapsmessig tapping

- § 7-2 *Overvåking*

Gjelder dispensasjon fra lekkasjemålinger ved deler av dammen samt dispensasjon fra deformasjonsmålinger.

5.1.1 Beredskapsmessig tapping

Forskriftens krav til senkningsnivå og senkningshastighet kan være vanskelig å oppfylle for mindre dammer.

Dammer i tilknytning til bynære områder ble gjerne bygget med tanke på drikkevannsforsyning, tømmerfløting og liknende.

Nøkle vann befinner seg i kategorien beskrevet ovenfor. Anlegget ble opprinnelig bygget med tanke på vannforsyning. Rørrangementet er derfor tilpasset dette formålet.

Nedstrøms vassdrag:

Anlegget er tilknyttet bynære områder, og avløpet fra overløpet følger Ljanselva gjennom sørøstre deler av Oslo. Bekken renner delvis i åpne områder og delvis i kulverter og rør med begrenset kapasitet.

Hvis kravet til senkning for klasse 3 dammer skal overholdes (0,5 m/døgn), vil dette medføre at man for øvre meter må ha en kapasitet tilsvarende 4,6 m³/s. Det er stor grunn til å tro at en slik vannføring vil få konsekvenser for nedstrøms vassdrag og for bebyggelse nær elvebredden. For en detaljert beskrivelse av elvestrekningen henvises det til utførte dambruddsbølgeberegninger med tilhørende rapport datert 30. april 2014.

Eksempel på kulverter i nedstrøms elvestrekning fremgår av bildet på neste side (Figur 13).



Figur 13: Eksempel på kulverter i vassdraget. (Kulvert under lokalvei ved Sagdam)

Omfang av ombygging:

Hvis man skal tilfredsstille senkningskravet må man inn med en eller flere større luker. Det ville ikke vært tilstrekkelig å montert dette ved overløpsdelen da det kun ville ført til nedtapping av ca. 2 m. En omfattende ombygging vil måtte gjennomføres for å montere slike luker. Kostnadene for byggherre ville blitt forholdsmessig store samtidig som anleggets visuelle uttrykk hadde blitt totalt endret.

Damkonstruksjon:

Store deler av dammen er lavere enn 3 m. Ved ombygd rørarrangement kan det forventes at nedtapping av øvre 2 meter kan gjennomføres i løpet av ca. 10 døgn. Store deler av vanntrykket på nevnte damdeler vil da være fjernet. Resterende damkonstruksjon har svært solid tverrsnitt. Sikkerheten ved anlegget ved dette tidspunkt er derfor vurdert til å være tilfredsstillende selv om magasinet ikke er nedtappet til et nivå tilsvarende 5 m under HRV.

Konklusjon:

Basert på forhold nevnt ovenfor vurderer vi det til at ved dam Nøkle vann foreligger gode grunner til å fravike Damsikkerhetsforskriftens krav om kapasitet for beredskapsmessig senkning av magasinet.

5.1.2 Lekkasje målinger

Bakvann ved overløpsseksjoner:

Lekkasje vil på en praktisk kun være mulig å måle ved damseksjonen til høyre for dammens knekkpunkt (sett medstrøms) over en strekning på ca. 25 m. Ved overløpsseksjonen vil det alltid stå vann på nedstrøms side som følge av tapping av minstevassføring, og registrering av eventuelle lekkasjer er derfor vanskelig ved denne damdelen.

Konklusjon:

I forbindelse med at det vil bli lagt ned nytt rør fra dagens ventilkammer til utløp i bekken nedenfor dammen vil det samtidig legges ned en egen drenasjeledning i samme grøft. Denne ledningen skal kun samle lekkasjer fra denne delen av dammen. Arrangementet er vist på vedlagte tegning 002. Ved å legge til rette for en visuell inspeksjon av drenasjevannet fra denne ledningen mener vi dette vil være tilstrekkelig arrangement for å vurdere dammens lekkasjer. Arrangementet vil samle opp eventuelt lekkasjevann fra hele dammen til høyre for dammens knekkpunkt.

Basert på overnevnte forhold anser vi det som lite hensiktsmessig å anlegge noen form for lekkasje arrangement til venstre for dammens knekkpunkt. I dette området medfører ombyggingen at det blir bygget en ny damkonstruksjon fundamentert på fjell. Damhøyde her vil også være beskjeden. Det søkes derfor om dispensasjon fra Damsikkerhetsforskriftens krav til lekkasjemålinger ved denne damdelen.

5.1.3 Deformasjonsmålinger

Forskriftene stiller krav til måling av deformasjoner for betong- og murdammer i klasse 3 og 4. Hyppigheten av registreringene er utdypet i retningslinjene for overvåking og instrumentering av vassdragsanlegg. Deformasjonsmålinger av betong- og murdammer i klasse 3 og 4 skal utføres ved hvert hovedtilsyn, som ved dam Nøkle vann skal gjennomføres minst hvert 5 år.

Damkonstruksjon:

Dam Nøkle vann, foruten det nye overløpet, er en murdam med lav høyde og bred damkrone. Det er grunn til å tro at dammen er oppbygd som en murdam med blokker lagt i mørtel selv om dette ikke kan dokumenteres uten undersøkelser. Det er ingen tegn til at dammen har hatt setninger av betydning i løpet av de siste 100 år. Dammens lave høyde gjør at eventuelle deformasjoner antas å være neglisjerbare.

På denne type murdammer skyldes deformasjoner gjerne utglidning av blokker som følge av istrykk, frostsprengning og liknende. Eventuelle slike skader observeres ved rutinemessig tilsyn og repareres omgående. På grunn av dammens tilsyns rutiner og massive tverrsnitt vil slike deformasjoner ikke påvirke anleggets sikkerhet. Ny oppstrøms plate vil i tillegg hindre slike utglidninger. Bolter for å kartlegge en slik deformasjon ansees derfor ikke som nødvendig.

Konklusjon:

Basert på dammens solide tverrsnitt og lave høyde antas deformasjonene ved anlegget å være neglisjerbare. Eventuelle deformasjoner som en følge av islast vil bli reparert dersom slike observeres ved tilsyn.

Innmåling av en til to bolter i damkrona hvert 5 år er ikke vurdert til å øke sikkerheten ved anlegget og det søkes derfor om dispensasjon fra Damsikkerhetsforskriftens krav til deformasjonsmålinger.

6. Gjennomføring av arbeidene

6.1 GENERELT

Eksisterende anlegg har svært begrenset tappemulighet for vannstander under luketerskel i overløpet. Før nedtapping av magasinet starter opp er det derfor planlagt å etablere et permanent arrangement som muliggjør tapping fra begge eksisterende rørføringer ut fra dammen. Arrangementet vil øke kapasiteten i forhold til dagens situasjon for lave vannstander.

VAV ønsker selv å stå for ledningsomleggingen nedstrøms dammen. Dette arbeidet vil derfor holdes utenfor anbudsgrunnlaget som omhandler damrehabiliteringen.

Kort oppsummert omfatter arbeidene følgende hovedaktiviteter:

Før nedsenking av magasin:

- Etablering av nye rørkoplinger og rørtrasè nedstrøms dammen for å øke tappekapasiteten
- Installere rørføringer delvis gjennom silkamre

Etter nedsenking av magasin:

- Etablering av rigg, drift av byggeplass og nedrigging
- Bygging av fangdam med tilhørende ledningsarrangement
- Installere rørføringer gjennom dammen
- Gjenstøping av felleskammer med innstøpte tapperør og rør for vannstandsmåling
- Riving av eksisterende flomløp
- Bygge nytt betongoverløp
- Støping av ny oppstrøms plate på resterende murdam
- Utstøping ved høyre vederlag
- Venstre vederlag avdekkes ned til fjell og det støpes ny betongvegg som gjenfylles på begge sider
- Omstøp av eksisterende brygge
- Opprydding og arrondering av anleggsområdet

6.2 FORBILEDING OG REGULERING

Det vil være nødvendig å anlegge en fangdam for å kunne tørrelegge dammens dypeste parti. Utstrekning og omfang av en slik fangdam vil bli endelig bestemt etter at magasinet er nedsenket og de stedlige forhold er avdekket.

Rørføringer gjennom fangdammen vil påkoples inntaksrørene i front av dammens inntaksseksjon slik at forbileiding kan skje via ombygd ledningsarrangement. Vannet vil tappes ut i elveleiet ca. 60 m nedstrøms dammen.

Selv etter ledningsombygging vil ikke rørarrangementet ha kapasitet til å avlede tilsiget ved middelflom. Det blir derfor viktig å ha tilstrekkelig fribord på fangdammen slik at mindre flommer kan magasineres uten overtopping. Ved fare for større flommer må byggegroppa evakueres.

Alternativt kan det vurderes å benytte deler av fjernet overløpsseksjon til forbileiding før støping av nytt overløp gjennomføres. Denne løsningen krever imidlertid større omfang av fangdammen.

Det forutsettes at arbeidene gjennomføres i en periode der man normalt har lite tilsig.

6.3 DOKUMENTASJON FØR BYGGING

I tillegg til teknisk plan vil det bli utarbeidet kontrollplan for utførelsen. Kontrollplanen vil bli ettersendt til NVE etter at entreprenør er valgt, men før permanente arbeider igangsettes. Av kontrollplanen vil det fremgå krav til organisering, kontroll, rapportering, sluttrapport etc.

De planlagte tiltakene vil medføre terrenginngrep. Det skal utarbeides egen areal og miljøplan i forbindelse med gjennomføringen av tiltaket. Disse planene beskriver midlertidige og permanente inngrep samt krav til istandsetting av terreng etter avsluttet drift. Areal og miljøplanen oversendes NVE så raskt den er ferdigstilt.

Byggherre ønsker at man starter opp med nedtapping av magasinet i løpet av høsten 2015. Utarbeidelse av anbudsdokumenter vil således gjennomføres parallelt med at teknisk plan behandles hos NVE.

7. Referanser

NVE. (2003). *Retningslinje for laster og dimensjonering*. Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE. (2005). *Retningslinjer for betongdammer*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2011). *Retningslinjer for murdammer*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2005). *Retningslinjer for flomløp*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

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

Norconsult. (2007, mai). *Revurdering dam Nøklevann*.

Norconsult. (2007, januar). *Flomberegning for Nøklevann og Steinbruvann*

Norconsult. (2014, april). *Dambruddsbølgeberegninger for Ljanselva. Dammene Lutvann og Nøklevann*

8. Vedlegg

- Vedlegg 1. Bilder**
- Vedlegg 2. Flomberegning**
- Vedlegg 3. Tappekapasitet**
- Vedlegg 4. Stabilitetsberegninger**
- Vedlegg 5. Tegninger**

Vedlegg 1

Bilder



Bilde 1: Oppstrøms side påstøpes betongplate som forlenges 0,3 m over eksisterende damkrone. Øvrig damkrone påstøpes 0,1 m betongdekke.



Bilde 2: Flomløpet ombygges til et fritt avtrappet overløp i betong. Overløpslengden økes til 17 m. Tappeluker i overløpet fjernes.



Bilde 3: Rørarrangement gjennom og nedstrøms dammen bygges om. Nedstrøms ventilhus erstattes av kummer.



Bilde 4: Terskel ved venstre vederlag fjernes. Tettevegg i betong anlegges langs venstre kant av bilde og fylles ned på opp- og nedstrøms side. Betongbryggen rehabiliteres med ny vannfront.



Bilde 5: Hulrom mellom frontale betongplate og bakenforliggende murdam ved høyre vederlag gjenstøpes



Bilde 6: Oppstrøms silkasser/ inntaksseksjon fjernes og erstattes med nye inntakskonstruksjoner

Vedlegg 2

Flomberegning

Til: Ole Kristian Langaker, Norconsult

Fra: Arne J. Carlsen, Norconsult AS

Dato: 2015-02-23

DAM NØKLEVANN – FLOMBEREGNING – NYTT OVERLØP

Flomberegning for Dam Nøklevann ble utført av Norconsult AS i 2007 og godkjent av NVE i brev av 7. mai 2007. Beregningen ga følgende resultater:

Flom	Tilsig (m ³ /s)	Døgntilsig (l/skm ²)	Avløp (m ³ /s)	HRV (m o.h.)	Damkrone (m o.h.)	Vannstand (m o.h.)
Q ₁₀₀₀	13,7	1030	9,9	164,07	164,53	164,87
PMF	30,7	2470	25,6	164,07	164,53	165,17

Tabell 1. Resultater for Dam Nøklevann fra flomberegning i 2007

Dammen er foreslått ombygget ved at det bygges et overløp med terskelhøyde tilsvarende HRV. Det er en forutsetning at dimensjonerende flom (Q₁₀₀₀) skal avledes kun i overløpet og ikke gå over damkrona. Et forslag til ombygging av dammen er vist i bilag 1. Følgende forutsetninger ligger til grunn for beregning av avløpskurven:

Nivå (m o.h.)	Lengde (m)	C-faktor
164,07	5	1,9
164,57	12	1,9
164,83	1,6	1,45
164,83	8,9	1,45
164,83	2,3	1,5
164,83	7,65	1,4
164,83	6,40	1,5

Tabell 2. Forutsetninger for avløpskurven

C-faktorene over dammen er noe usikre. Beregning av avløpskurven er vist i bilag 2 og vist grafisk i bilag 3. Beregningen er gjort for tre alternativer:

1. Nytt overløp og Q₁₀₀₀
2. Nytt overløp og 1,2 x Q₁₀₀₀ (klimatillegg)
3. PMF

Resultatene er vist i tabell 3.

Flom	Tilsig (m ³ /s)	Døgntilsig (l/skm ²)	Avløp (m ³ /s)	HRV (m o.h.)	Damkrone (m o.h.)	Vannstand (m o.h.)
Q ₁₀₀₀	13,6	1030	6,8	164,07	164,83	164,73
1,2 x Q ₁₀₀₀	16,4	1240	8,8	164,07	164,83	164,81
PMF	30,7	2470	24,3	164,07	164,83	165,10

Tabell 3. Resultater for ombygget Dam Nøklevann

Resultatene for dimensjonerende flom Q₁₀₀₀ er vist i vedlegg 1. Lutvann ligger oppstrøms Nøklevann. Resultatene for PMF er vist i vedlegg 2.

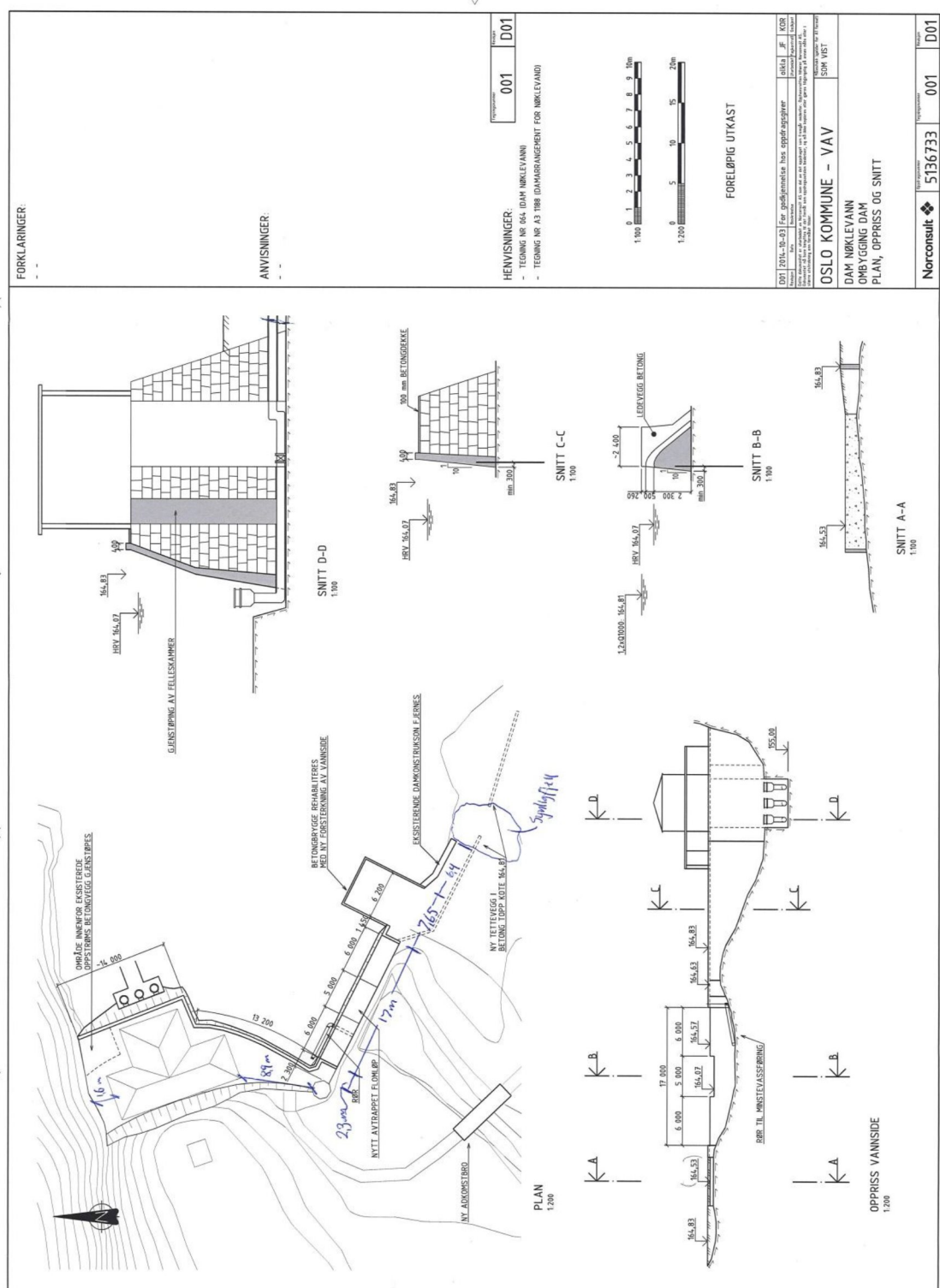
Sandvika, 2015-02-23

Arne J. Carlsen

Claus Rikartsen (fagkontroll)

Vedlegg

BILAG 1



BILAG 2

OPPDRAG 5136733 NØKLEVANN - FLOMBERGNING

Regneark for beregning av avløpskapasitet for Dam Nøkle vann

FORSLAG TIL OMBYGGING

STED:

DAM NØKLEVANN

DAMKRONE

164.53 m o.h. Eksisterende

HRV

164.07 m o.h.

STEP:

0.03 m

Frispeilstømning

$Q = C \cdot b \cdot H^{1.5}$

Trykkstømning

$Q = k \cdot x \cdot a \cdot b \cdot (2 \cdot x \cdot xH)^{0.5}$

Overløp (1)

Overløp (2)

Dam (3)

Dam (4)

Dam(5)

Dam (6))

Dam (7)

C1=

1.90

terskel =

164.07

m

b(bredde) =

5.00

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.7

C2=

1.90

terskel =

164.57

m

b(bredde) =

12.00

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

C3=

1.45

terskel =

164.83

m o.h

b(bredde) =

1.60

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

C4=

1.45

terskel =

164.83

m o.h

b(bredde) =

8.90

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

C5=

1.50

terskel =

164.83

m o.h

b(bredde) =

2.30

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

C4=

1.40

terskel =

164.83

m o.h

b(bredde) =

7.65

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

C5=

1.50

terskel =

164.83

m o.h

b(bredde) =

6.40

pillarer x 2 =

0

koeff. =

0.05

tilstopping=

0

%

Dykket ved

1000

m o.h.

a (høyde) =

0.00

m

k =

0.5

Høyde

Vst.1

Vst.2

Vst.3

Vst.4

Vst.5

Vst.6

Vst.7

Kapas1

Kapas2

Kapas3

Kapas4

Kapas5

Kapas6

Kapas7

Totalkapa

Høyde

m o.h.

m

m

m

m

m

m

m

m³/s

m³/s

m³/s

m³/s

m³/s

m³/s

m³/s

m³/s

m o.h.

164.07

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

164.07

164.10

0.03

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.05

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

164.10

164.13

0.06

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.14

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.14

164.13

164.16

0.09

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.26

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.26

164.16

164.19

0.12

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.39

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.39

164.19

164.22

0.15

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.55

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.55

164.22

164.25

0.18

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.73

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.73

164.25

164.28

0.21

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.91

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.91

164.28

164.31

0.24

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.12

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.12

164.31

164.34

0.27

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.33

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.33

164.34

164.37

0.30

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.56

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.56

164.37

164.40

0.33

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.80

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.80

164.40

164.43

0.36

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.05

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.05

164.43

164.46

0.39

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.31

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.31

164.46

164.49

0.42

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.59

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.59

164.49

164.52

0.45

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.87

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

2.87

164.52

164.55

0.48

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

3.16

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

3.16

164.55

164.58

0.51

0.01

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

3.46

0.02

0.00

0.00

0.00

0.00

3.48

164.58

164.61

0.54

0.04

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

3.77

0.18

0.00

0.00

0.00

0.00

3.95

164.61

164.64

0.57

0.07

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

4.09

0.42

0.00

0.00

0.00

0.00

4.51

164.64

164.67

0.60

0.10

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

4.42

0.72

0.00

0.00

0.00

0.00

5.14

164.67

164.70

0.63

0.13

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

4.75

1.07

0.00

0.00

0.00

0.00

5.82

164.70

164.73

0.66

0.16

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

5.09

1.46

0.00

0.00

0.00

0.00

6.55

164.73

164.76

0.69

0.19

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

5.44

1.89

0.00

0.00

0.00

0.00

7.33

164.76

164.79

0.72

0.22

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

5.80

2.35

0.00

0.00

0.00

0.00

8.16

164.79

164.82

0.75

0.25

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

6.17

2.85

0.00

0.00

0.00

0.00

9.02

164.82

164.85

0.78

0.28

0.02

0.02

0.02

0.02

0.02

6.54

3.38

0.01

0.04

0.01

0.03

0.03

10.03

164.85

164.88

0.81

0.31

0.05

0.05

0.05

0.05

0.05

6.93

3.94

0.03

0.14

0.04

0.12

0.11

11.30

164.88

164.91

0.84

0.34

0.08

0.08

0.08

0.08

0.08

7.31

4.52

0.05

0.29

0.08

0.24

0.22

12.72

164.91

164.94

0.87

0.37

0.11

0.11

0.11

0.11

0.11

7.71

5.13

0.08

0.47

0.13

0.39

0.35

14.26

164.94

164.97

0.90

0.40

0.14

0.14

0.14

0.14

0.14

8.11

5.77

0.12

0.68

0.18

0.56

0.50

15.92

164.97

165.00

0.93

0.43

0.17

0.17

0.17

0.17

0.17

8.52

6.43

0.16

0.90

0.24

0.75

0.67

17.68

165.00

165.03

0.96

0.46

0.20

0.20

0.20

0.20

0.20

8.94

7.11

0.21

1.15

0.31

0.96

0.86

19.54

165.03

165.06

0.99

0.49

0.23

0.23

0.23

0.23

0.23

9.36

7.82

0.26

1.42

0.38

1.18

1.06

21.48

165.06

165.09

1.02

0.52

0.26

0.26

0.26

0.26

0.26

9.79

8.55

0.31

1.71

0.46

1.42

1.27

23.50

165.09

165.12

1.05

0.55

0.29

0.29

0.29

0.29

0.29

10.22

9.30

0.36

2.02

0.54

1.67

1.50

25.61

165.12

165.15

1.08

0.58

0.32

0.32

0.32

0.32

0.32

10.66

10.07

0.42

2.34

0.62

1.94

1.74

27.79

165.15

165.18

1.11

0.61

0.35

0.35

0.35

0.35

0.35

11.11

10.86

0.48

2.67

0.71

2.22

1.99

30.04

165.18

165.21

1.14

0.64

0.38

0.38

0.38

0.38

0.38

11.56

11.67

0.54

3.02

0.81

2.51

2.25

32.37

165.21

165.24

1.17

0.67

0.41

0.41

0.41

0.41

0.41

12.02

12.50

0.61

3.39

0.91

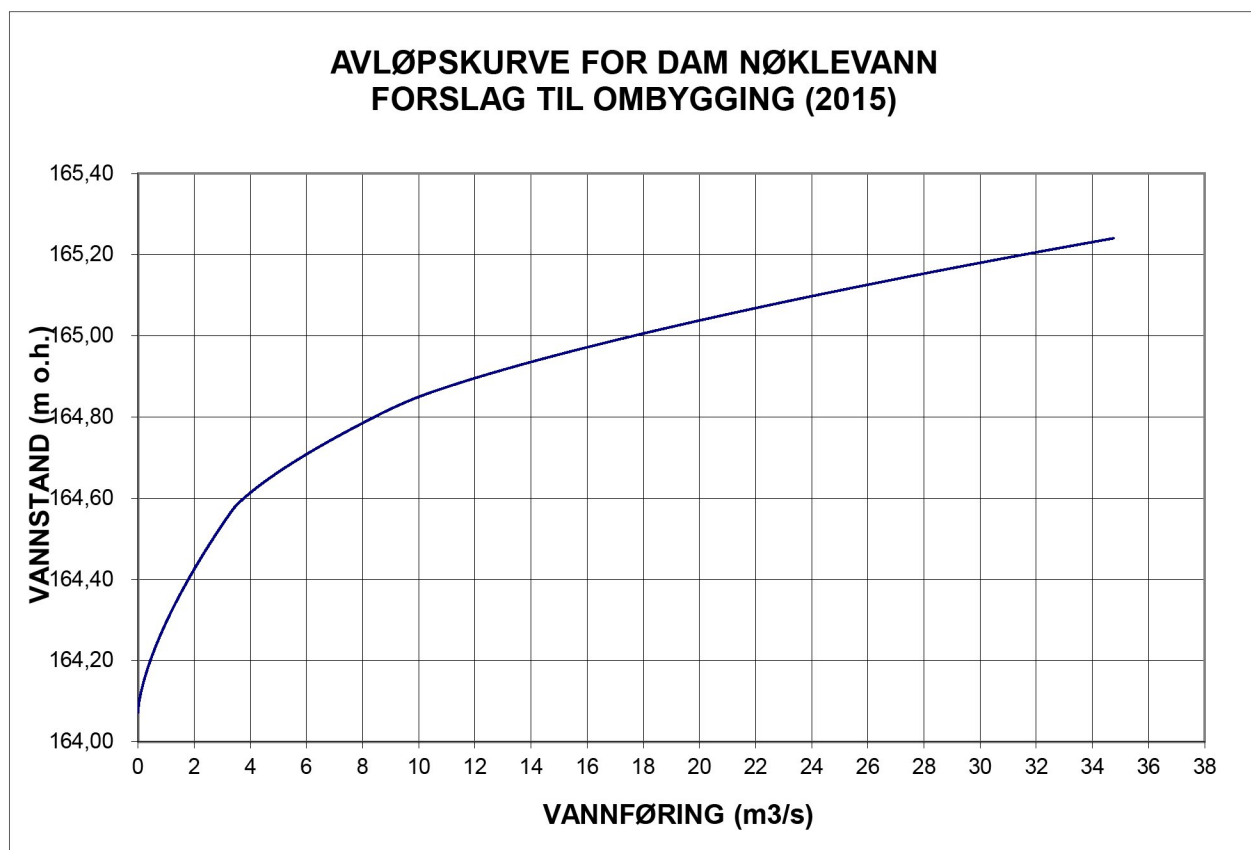
2.81

2.52

34.76

165.24

BILAG 3

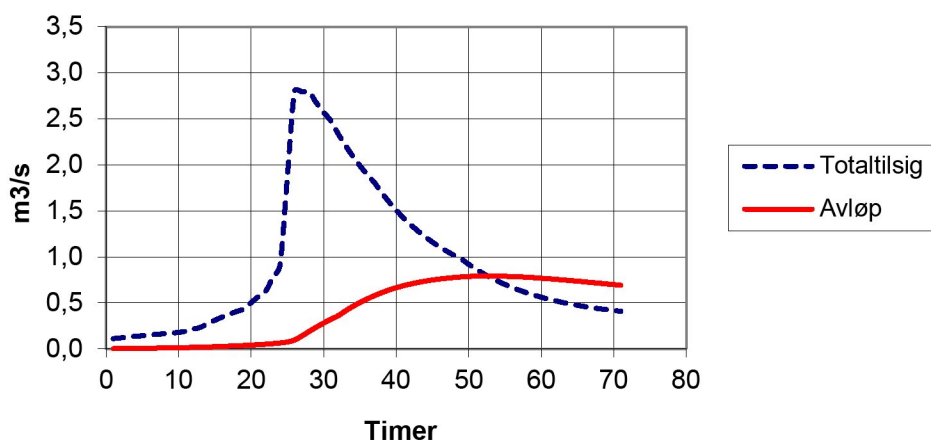


VEDLEGG 1

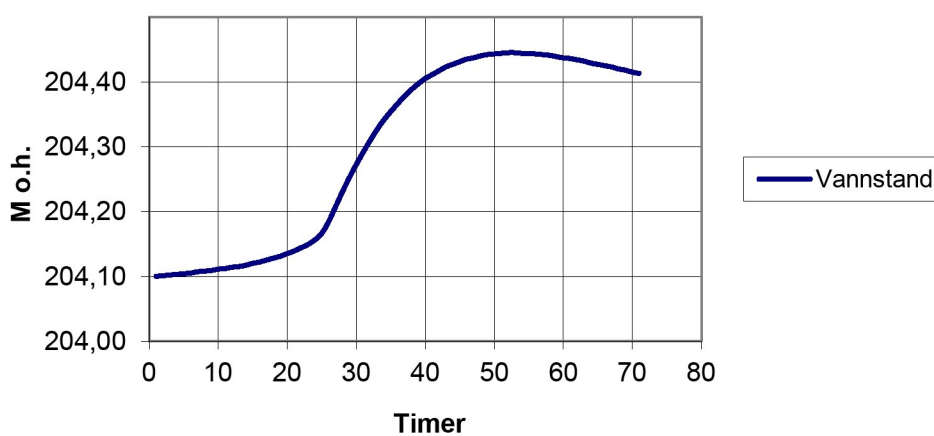
Resultater for Q_{1000} - ombygget dam

Data for Lutvannet Q1000					
Time	Nedbør mm	Lokaltilsig m3/s	Totaltilsig m3/s	Avløp m3/s	Vannstand m o.h
1	1.2	0.1	0.1	0.0	204.10
2	1.2	0.1	0.1	0.0	204.10
3	1.2	0.1	0.1	0.0	204.10
4	1.2	0.1	0.1	0.0	204.10
5	1.2	0.1	0.1	0.0	204.10
6	1.2	0.1	0.1	0.0	204.11
7	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
8	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
9	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
10	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
11	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
12	1.2	0.2	0.2	0.0	204.11
13	1.9	0.2	0.2	0.0	204.12
14	1.9	0.3	0.3	0.0	204.12
15	1.9	0.3	0.3	0.0	204.12
16	1.9	0.3	0.3	0.0	204.12
17	1.9	0.4	0.4	0.0	204.13
18	1.9	0.4	0.4	0.0	204.13
19	3.2	0.4	0.4	0.0	204.13
20	3.2	0.5	0.5	0.0	204.14
21	3.2	0.6	0.6	0.0	204.14
22	5.9	0.6	0.6	0.0	204.14
23	5.9	0.8	0.8	0.1	204.15
24	28.8	0.9	0.9	0.1	204.16
25	28.8	1.9	1.9	0.1	204.17
26	5.9	2.8	2.8	0.1	204.18
27	5.9	2.8	2.8	0.1	204.21
28	3.2	2.8	2.8	0.2	204.23
29	3.2	2.7	2.7	0.2	204.25
30	3.2	2.6	2.6	0.3	204.27
31	1.9	2.5	2.5	0.3	204.29
32	1.9	2.3	2.3	0.4	204.31
33	1.9	2.2	2.2	0.4	204.33
34	1.9	2.1	2.1	0.5	204.34
35	1.9	2.0	2.0	0.5	204.35
36	1.9	1.9	1.9	0.5	204.37
37	1.2	1.8	1.8	0.6	204.38
38	1.2	1.7	1.7	0.6	204.39
39	1.2	1.6	1.6	0.6	204.40
40	1.2	1.5	1.5	0.7	204.41
41	1.2	1.4	1.4	0.7	204.41
42	1.2	1.3	1.3	0.7	204.42
43	1.2	1.3	1.3	0.7	204.42
44	1.2	1.2	1.2	0.7	204.43
45	1.2	1.2	1.2	0.7	204.43
46	1.2	1.1	1.1	0.8	204.44
47	1.2	1.1	1.1	0.8	204.44

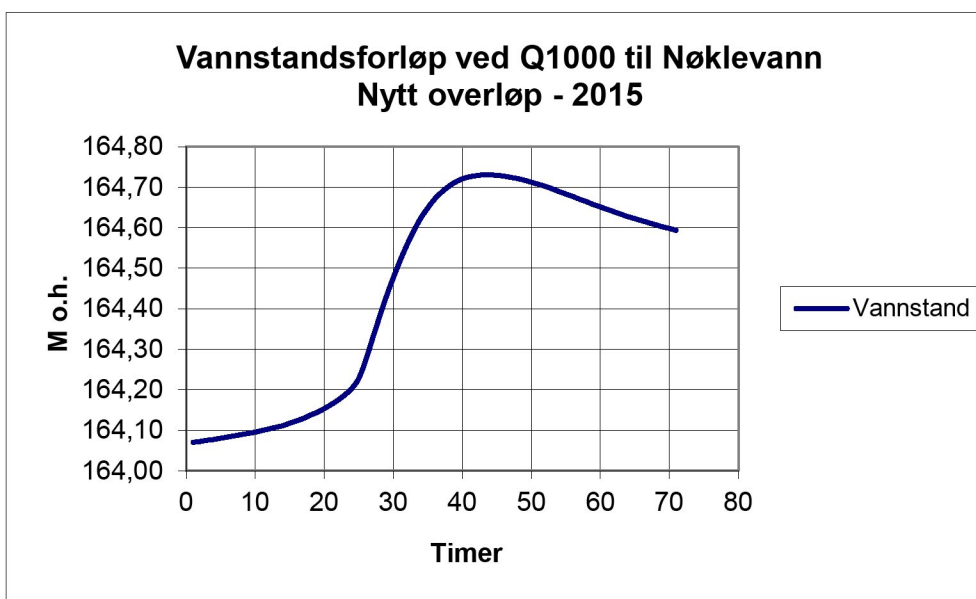
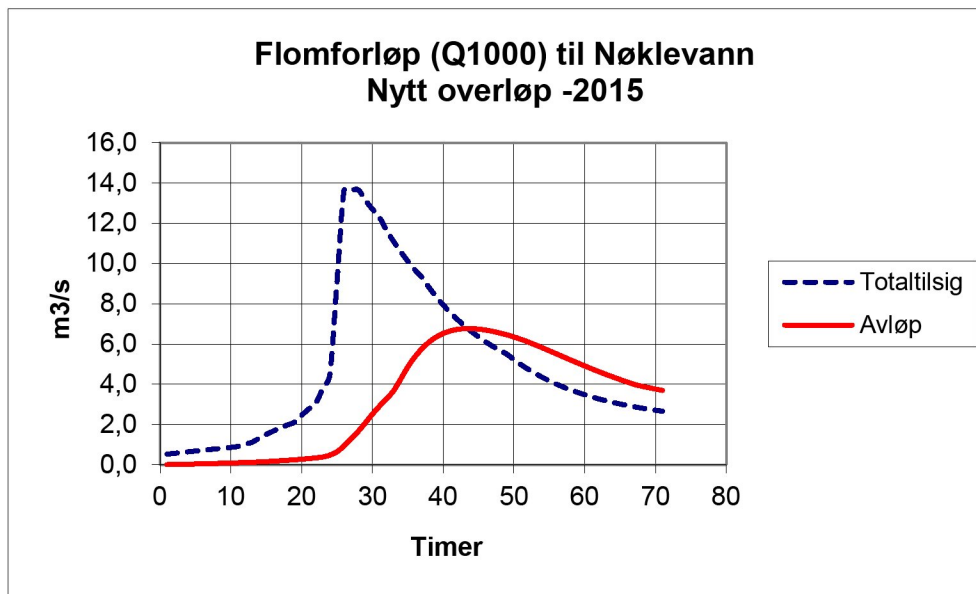
Flomforløp (Q1000) til Lutvann



Vannstandsforløp ved Q1000 til Lutvann



Data for Nøkle vannet Q1000					
Time	Nedbør mm	Lokaltilsig m3/s	Totaltilsig m3/s	Avløp m3/s	Vannstand m o.h
1	1.2	0.5	0.5	0.0	164.07
2	1.2	0.6	0.6	0.0	164.07
3	1.2	0.6	0.6	0.0	164.08
4	1.2	0.6	0.6	0.0	164.08
5	1.2	0.7	0.7	0.0	164.08
6	1.2	0.7	0.7	0.0	164.08
7	1.2	0.7	0.8	0.1	164.09
8	1.2	0.8	0.8	0.1	164.09
9	1.2	0.8	0.8	0.1	164.09
10	1.2	0.8	0.9	0.1	164.10
11	1.2	0.9	0.9	0.1	164.10
12	1.2	1.0	1.0	0.1	164.10
13	1.9	1.1	1.1	0.1	164.11
14	1.9	1.3	1.3	0.1	164.11
15	1.9	1.5	1.5	0.2	164.12
16	1.9	1.6	1.7	0.2	164.12
17	1.9	1.8	1.8	0.2	164.13
18	1.9	1.9	2.0	0.2	164.14
19	3.2	2.1	2.1	0.2	164.14
20	3.2	2.4	2.4	0.3	164.15
21	3.2	2.7	2.8	0.3	164.16
22	5.9	3.0	3.1	0.3	164.17
23	5.9	3.7	3.8	0.4	164.19
24	28.8	4.4	4.5	0.5	164.20
25	28.8	9.0	9.0	0.6	164.23
26	5.9	13.5	13.6	0.9	164.27
27	5.9	13.5	13.6	1.3	164.33
28	3.2	13.5	13.6	1.7	164.38
29	3.2	12.9	13.1	2.1	164.43
30	3.2	12.4	12.7	2.5	164.48
31	1.9	12.0	12.3	2.9	164.52
32	1.9	11.3	11.7	3.3	164.56
33	1.9	10.7	11.1	3.7	164.59
34	1.9	10.1	10.6	4.2	164.62
35	1.9	9.6	10.1	4.8	164.65
36	1.9	9.1	9.7	5.3	164.67
37	1.2	8.7	9.3	5.8	164.69
38	1.2	8.2	8.8	6.1	164.70
39	1.2	7.7	8.4	6.3	164.71
40	1.2	7.3	7.9	6.5	164.72
41	1.2	6.9	7.6	6.6	164.73
42	1.2	6.5	7.2	6.7	164.73
43	1.2	6.2	6.9	6.8	164.73
44	1.2	5.9	6.6	6.8	164.73
45	1.2	5.6	6.3	6.7	164.73
46	1.2	5.3	6.1	6.7	164.73
47	1.2	5.1	5.9	6.6	164.72

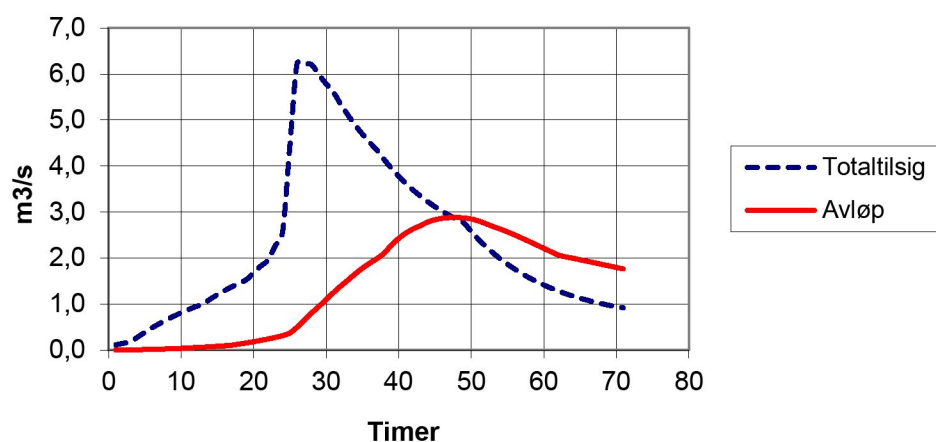


VEDLEGG 2

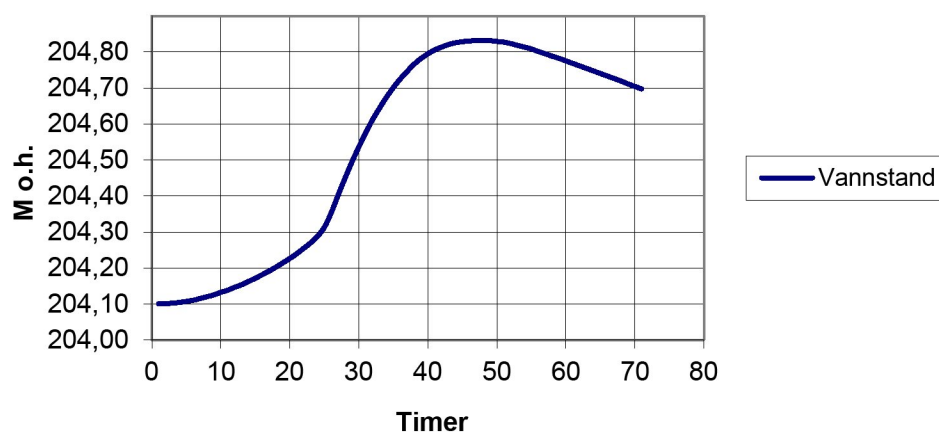
Resultater for PMF - ombygget dam

Data for Lutvannet PMF					
Time	Nedbør	Lokaltilsig	Totaltilsig	Avløp	Vannstand
	mm	m3/s	m3/s	m3/s	m o.h
1	4.0	0.1	0.1	0.0	204.10
2	4.0	0.1	0.1	0.0	204.10
3	4.0	0.2	0.2	0.0	204.10
4	4.0	0.3	0.3	0.0	204.10
5	4.0	0.4	0.4	0.0	204.11
6	4.0	0.5	0.5	0.0	204.11
7	4.0	0.6	0.6	0.0	204.12
8	4.0	0.7	0.7	0.0	204.12
9	4.0	0.7	0.7	0.0	204.13
10	4.0	0.8	0.8	0.0	204.13
11	4.0	0.9	0.9	0.0	204.14
12	4.0	0.9	0.9	0.1	204.15
13	5.3	1.0	1.0	0.1	204.15
14	5.3	1.1	1.1	0.1	204.16
15	5.3	1.2	1.2	0.1	204.17
16	5.3	1.3	1.3	0.1	204.18
17	5.3	1.4	1.4	0.1	204.19
18	5.3	1.5	1.5	0.1	204.20
19	7.5	1.5	1.5	0.2	204.21
20	7.5	1.7	1.7	0.2	204.23
21	7.5	1.8	1.8	0.2	204.24
22	12.2	2.0	2.0	0.2	204.25
23	12.2	2.3	2.3	0.3	204.27
24	51.5	2.6	2.6	0.3	204.29
25	51.5	4.4	4.4	0.4	204.31
26	12.2	6.2	6.2	0.5	204.35
27	12.2	6.2	6.2	0.7	204.40
28	7.5	6.2	6.2	0.8	204.45
29	7.5	6.0	6.0	0.9	204.49
30	7.5	5.8	5.8	1.1	204.54
31	5.3	5.6	5.6	1.2	204.57
32	5.3	5.3	5.3	1.4	204.61
33	5.3	5.1	5.1	1.5	204.64
34	5.3	4.9	4.9	1.7	204.67
35	5.3	4.7	4.7	1.8	204.70
36	5.3	4.5	4.5	1.9	204.72
37	4.0	4.3	4.3	2.0	204.75
38	4.0	4.1	4.1	2.1	204.77
39	4.0	3.9	3.9	2.3	204.78
40	4.0	3.8	3.8	2.4	204.79
41	4.0	3.6	3.6	2.5	204.81
42	4.0	3.5	3.5	2.6	204.81
43	4.0	3.3	3.3	2.7	204.82
44	4.0	3.2	3.2	2.8	204.83
45	4.0	3.1	3.1	2.8	204.83
46	4.0	3.0	3.0	2.9	204.83
47	4.0	2.9	2.9	2.9	204.83
48	4.0	2.8	2.8	2.9	204.83
49	1.3	2.8	2.8	2.9	204.83
50	1.3	2.6	2.6	2.8	204.83
51	1.3	2.4	2.4	2.8	204.83
52	1.3	2.3	2.3	2.7	204.82

Flomforløp (PMF) til Lutvann

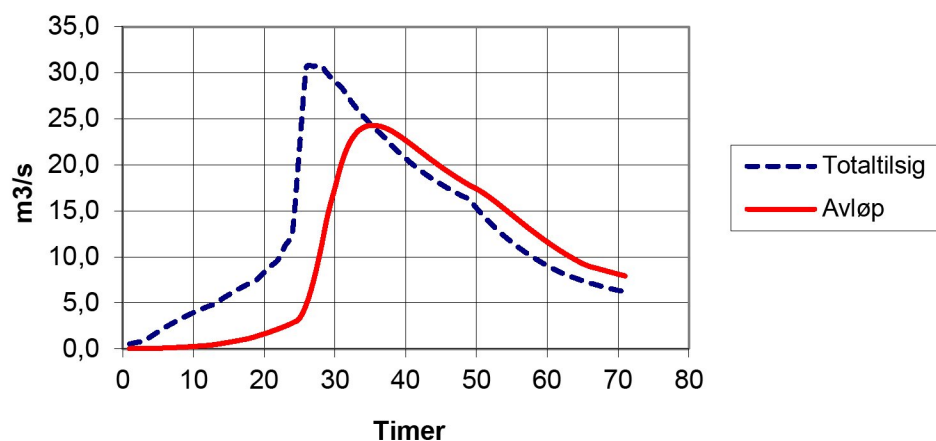


Vannstandsforløp ved PMF til Lutvann

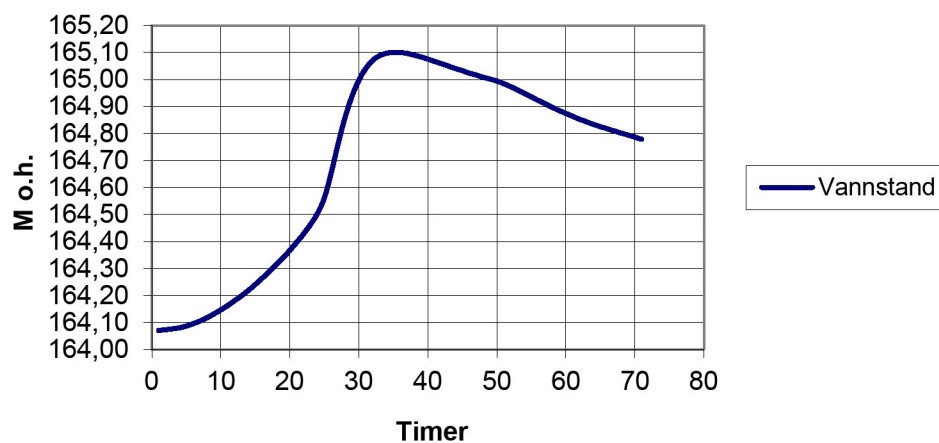


Data for Nøkle vannet PMF					
Time	Nedbør mm	Lokaltilsig m3/s	Totaltilsig m3/s	Avløp m3/s	Vannstand m o.h
1	4.0	0.5	0.5	0.0	164.07
2	4.0	0.7	0.7	0.0	164.07
3	4.0	0.8	0.8	0.0	164.08
4	4.0	1.3	1.3	0.0	164.08
5	4.0	1.8	1.8	0.1	164.09
6	4.0	2.3	2.3	0.1	164.10
7	4.0	2.7	2.7	0.1	164.11
8	4.0	3.1	3.2	0.2	164.12
9	4.0	3.5	3.5	0.2	164.13
10	4.0	3.9	3.9	0.2	164.15
11	4.0	4.2	4.3	0.3	164.16
12	4.0	4.5	4.6	0.4	164.18
13	5.3	4.8	4.9	0.4	164.20
14	5.3	5.3	5.4	0.6	164.22
15	5.3	5.8	5.9	0.7	164.24
16	5.3	6.2	6.3	0.8	164.26
17	5.3	6.6	6.7	1.0	164.29
18	5.3	7.0	7.1	1.1	164.31
19	7.5	7.4	7.5	1.4	164.34
20	7.5	8.1	8.3	1.6	164.37
21	7.5	8.8	9.0	1.9	164.40
22	12.2	9.5	9.7	2.1	164.43
23	12.2	11.0	11.2	2.5	164.46
24	51.5	12.4	12.7	2.8	164.50
25	51.5	21.4	21.8	3.3	164.56
26	12.2	30.1	30.6	4.9	164.65
27	12.2	30.0	30.7	7.4	164.76
28	7.5	29.9	30.7	10.7	164.86
29	7.5	28.9	29.8	14.5	164.94
30	7.5	27.9	29.0	17.4	165.00
31	5.3	27.1	28.3	20.3	165.04
32	5.3	25.8	27.2	22.2	165.07
33	5.3	24.7	26.2	23.4	165.09
34	5.3	23.6	25.3	24.0	165.10
35	5.3	22.7	24.4	24.3	165.10
36	5.3	21.8	23.7	24.2	165.10
37	4.0	21.0	23.0	24.0	165.10
38	4.0	20.0	22.1	23.7	165.09
39	4.0	19.1	21.4	23.2	165.08
40	4.0	18.3	20.7	22.6	165.08
41	4.0	17.5	20.0	22.1	165.07
42	4.0	16.8	19.4	21.5	165.06
43	4.0	16.2	18.9	20.9	165.05
44	4.0	15.6	18.4	20.3	165.04
45	4.0	15.1	17.9	19.8	165.03
46	4.0	14.6	17.4	19.2	165.02
47	4.0	14.1	17.0	18.7	165.02
48	4.0	13.7	16.6	18.2	165.01
49	1.3	13.4	16.2	17.8	165.00
50	1.3	12.5	15.3	17.4	164.99
51	1.3	11.6	14.4	16.9	164.98

Flomforløp (PMF) til Nøkle vann Nytt overløp - 2015



Vannstandsforløp ved PMF til Nøkle vann Nytt overløp - 2015



Vedlegg 3

Tappekapasitet

Til: Ole Kristian Langaker, Norconsult AS
Fra: Olav Anders Jørstad, Norconsult AS
Dato: 2015-03-02

Kapasitet tapperør Nøkle vann

FORUTSETNINGER

Det er utført en grov hydraulisk beregning av tappekapasiteten til prosjektert tapperør gjennom dam Nøkle vann. Beregningene tar utgangspunkt i at man legger kontinuerlige rørføringer gjennom dammen og ut i elven nedstrøms anlegget som beskrevet i teknisk plan. Detaljer hva angår inntak og ventiler o.l. er ikke bestemt på nåværende tidspunkt. Resultatene i dette dokumentet må således betraktes som veiledende overslagsberegninger.

Følgende forutsetninger ble benyttet:

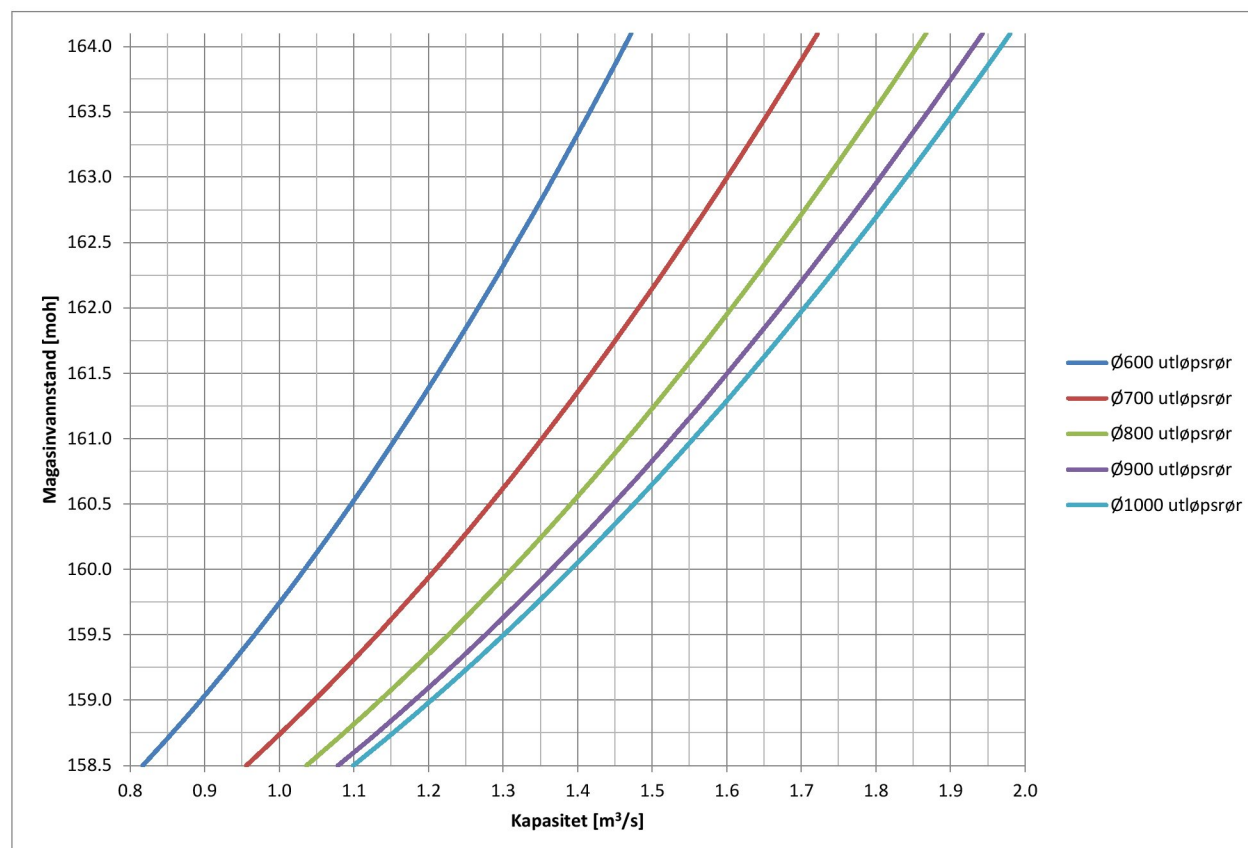
- Rørstrekke 1:
 - Innløp fra magasin - Beregner kapasitet for magasin vannstand mellom 164,07 (m.o.h) og 158,5 moh)
 - Antall parallelle rør, $n_1 = 2$ stk.
 - Lengde rør, $L_1 = 26$ m
 - Diameter rør, $D_1 = 0,5$ m
 - Ruhet rør, $\varepsilon = 0,26$ mm (støpejern)
 - Singulærtapskoeffisienter:
 - Innløpstapskoeffisient (finvaregrind), $k_{s,1} = 1$ relatert til rørdiameter på 0,5 m (tilsvarer omtrent 50 % arealkontraksjon av vannstrømmen – varegrindas lysåpning bør da ikke være mindre enn ca. 0,2 m²)
 - Singulærtap 3 x ventil (skyvespjeld antatt), $k_{s,2} = 3 \times 0,2$ relatert til rørdiameter på 0,5 m
 - Singulærtap 2 x 30°-bend, $k_{s,3} = 2 \times 0,4$ relatert til rørdiameter på 0,5 m
 - Singulærtap 3 x 90°-bend, $k_{s,4} = 3 \times 0,7$ relatert til rørdiameter på 0,5 m
- Rørstrekke 2:
 - Antall parallelle rør, $n_2 = 1$ stk.
 - Lengde rør, $L_2 = 40$ m
 - Diameter rør, $D_2 = 0,6$ m – 1 m (varieres)
 - Ruhet rør, $\varepsilon = 1$ mm (glatt betong)
 - Singulærtapskoeffisienter:
 - Samløpstap, $k_{s,1} =$
 - 0,17 for $D_2 = 0,6$ m
 - 0,13 for $D_2 = 0,7$ m
 - 0,25 for $D_2 = 0,8$ m
 - 0,60 for $D_2 = 0,9$ m
 - 1,27 for $D_2 = 1,0$ m
 - Singulærtap 1 x 30°-bend, $k_{s,2} = 0,4$
 - Senter rør ved utløp, $z_2 = 156$ moh

Beregningene ble utført med forutsetning om trykkstrømning i alle rørene og ingen oppstuvning ved utløpet.

RESULTAT

Kapasitet tapperør

Graf under viser beregnet kapasitet for tapperør ved forskjellig valg av utløpsrør (rørstrekke 2). Tabellarisk presentasjon av beregnet kapasitet er vist i vedlegg 1.



Figur 1: Beregnet kapasitet for tapperør ved forskjellig valg av utløpsrør (rørstrekke 2)

Senkehastighet magasin

Basert på beregnede kapasitetskurver ble det utført en ruting av magasinet for å se på senkehastigheten til magasinet ved ulike valg av størrelser på utløpsrøret (rørstrekke 2). Det ble sett på senkning mellom magasin vannstand på 164,07 moh (HRV) og 158,5 moh ved et tilsig på 0,2 m³/s (middel vannføring hentet fra NVE Atlas). Resultatet fra beregningene er presentert i Tabell 1 og i vedlegg 2.

Tabell 1: Beregnet senkehastighet magasin ved senkning mellom 164,07 moh (HRV) og 158,5 moh

Rørdiameter utløpsrør [mm]	Gjennomsnittlig senkehastighet magasin [m/døgn]	Antall døgn på 5,57 m senkning fra HRV (164,07 moh)
600	0,11	52
700	0,13	43
800	0,14	39
900	0,15	38
1000	0,15	37

VEDLEGG

Vedlegg 1 – Beregnet kapasitet tapperør

Vedlegg 2 – Beregnet senkehastighet magasin

Sandvika, 2015-03-02

Olav Anders Jørstad

Vedlegg 4

Stabilitetsberegninger

Stabilitetskontroll - Massiv betongdam

Prosjekt: Nøkle vann - Overløp H = 2,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3
 Damhøyde (m): 2,5

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for betongdammer, utgave 2
4. Skriv fra NVE datert 6. desember 2012 med nye stabilitetskriterier vedr. kontroll med fjellbolter.

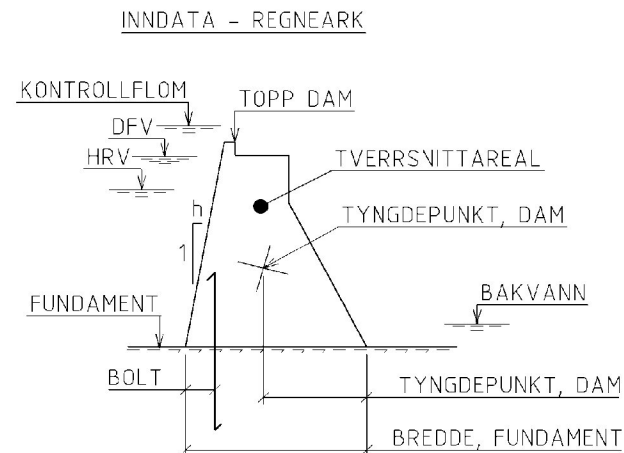
Forutsetninger

Egenvekt, dam	24 kN/m ³
Egenvekt, vann	9,8 kN/m ³
Egenvekt, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykks koeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,33
Istrykk	100,0 kN/m
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm ²
Bolte diameter	32 mm
Areal bolt	804 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,90 m
Andel av bolter som ikke er virksomme (prosent)	10 %
Friksjonsvinkel, ϕ	45 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi+\alpha)$	1,00
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk i trykksonen	Lineært avtagende
DFV, Dimensjonerende flom (Qdim)	Q1000
Ulykkesflom	PMF
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, oppstrøms side	161,57 m.o.h.
Nivå topp dam	164,07 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	161,57 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	4,37 m ²
Tyngdepunkt damtverrsnitt - avstand fra nedstrøms tå	1,79 m
Bredde av fundament	2,90 m
Segmentbredde	1,00 m
Nivå fundament, nedstrøms tå	161,57 m.o.h.
Damhøyde over nedstrøms tå	2,50 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,10

Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	162,07 m.o.h.	
	Statisk vanntrykk	2,50 m	0,50 m	Bakvann mot dammen
	Overtopping	0,00 m		Ingen overtopping
DFV Q1000	Vannstand, nivå	164,81 m.o.h.	162,57 m.o.h.	
	Statisk vanntrykk	3,24 m	1,00 m	Bakvann mot dammen
	Overtopping	0,74 m		Overtopping
Ulykkesflom PMF	Vannstand, nivå	165,10 m.o.h.	162,57 m.o.h.	
	Statisk vanntrykk	3,53 m	1,00 m	Bakvann mot dammen
	Overtopping	1,03 m		Overtopping



KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel: Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.
 Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.
 Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Poretrykk	Lastsituasjon				
	HRV P1	14,21		1,45	20,60
	HRV P2	28,42		1,93	54,95
	DFV P1	28,42		1,45	41,21
	DFV P2	31,83		1,93	61,54
	Ulykkesflom P1	28,42		1,45	41,21
	Ulykkesflom P2	35,95		1,93	69,51
	Resultanten innenfor 1/3-punktet (jf. fig.2)				
	Ulykkesflom P1	28,42		1,45	41,21
	Ulykkesflom P2	35,95		2,18	78,19
	Ulykkesflom P3	17,98		0,97	17,38
	Resultanten i 1/6 punkt (jf. fig.3)				
Resultanten i 1/12 punkt	DFV P1	28,42		1,45	41,21
	DFV P2	47,75		1,81	86,54
	DFV P3	7,96		0,48	3,85
	Fult poretrykk	92,08		1,45	133,52
Ulykkesflom P2		100,32		1,45	145,47
Islast			100,00	2,25	225,00
Fjellbolter		-144,76		2,60	-376,39
Egenvekt, dam		-104,88		1,79	-187,74
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1	HRV		30,63	0,83	25,52
	DFV		48,76	0,99	48,18
	Ulykkesflom		55,86	1,02	57,06
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2	HRV		-1,23	0,17	-0,20
	DFV		-4,90	0,33	-1,63
	Ulykkesflom		-4,90	0,33	-1,63
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	HRV	-3,06		2,82	-8,63
	DFV	-4,88		2,79	-13,61
	Ulykkesflom	-5,59		2,78	-15,54
Enhetslaster					
Last X1	HRV				0,00
	DFV				0,00
	Ulykkesflom				0,00
Last X2	Alle				0,00
Last X3	Alle				0,00
Last X4	Alle				0,00
Last X5	Alle				0,00
Sum enhetslaster	HRV	0,00	0,00		0,00
	DFV	0,00	0,00		0,00
	Ulykkesflom	0,00	0,00		0,00
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK OG ENHETSLASTER					
	HRV	-107,94	29,40		-171,04
	DFV	-109,76	43,86		-154,80
	Ulykkesflom	-110,47	50,96		-147,85

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

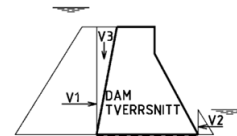


Fig 1 Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

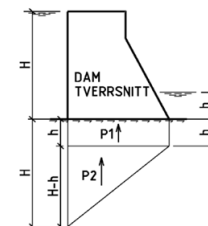


Fig 2 Poretrykk - Resultanten i 1/3-punktet

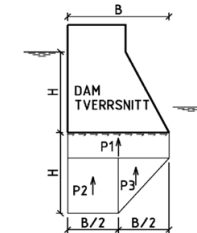


Fig 3 Poretrykk - Resultanten i 1/6-punktet

BEREGNING AV STABILITET

Lastsituasjon: HRV + istrykk	Bruddgrense		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-104,88		-187,74
Islast		100,00	225,00
Fjellbolter	-144,76		-376,39
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		30,63	25,52
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		-1,23	-0,20
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-3,06		-8,63
Poretrykk	42,63		75,55
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-210,08	129,40	-246,88

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	1,62 > 1,5	Stabil!
	Velting - Resultant	1,18 > B/3	Stabil!

Kriterier for stabilitet*

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning

2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet*	Velting		Glidning
	Resultantens plassering	Resultantens plassering	
	Krav	(m)	Sikkerhet
Bruddgrense: HRV + istrykk	1/3B	0,97	1,5
Bruddgrense: DFV	1/3B	0,97	1,5
Ulykkesgrense: DFV uten bolter	1/12B	0,24	1,1
Ulykkesgrense: Ulykkesflom	1/6B	0,48	1,1

* Kriterier for stabilitet samsvarer med skriv fra NVE datert 6. desember 2012, som erstatter kriterier gitt i NVEs retningslinje for betongdammer, utgave 2.

Lastsituasjon: DFV Q1000	Bruddgrense: DFV			Ulykkesgrense: DFV uten bolter		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-104,88		-187,74	-104,88		-187,74
Fjellbolter	-144,76		-376,39			
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		48,76	48,18		48,76	48,18
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		-4,90	-1,63		-4,90	-1,63
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-4,88		-13,61	-4,88		-13,61
Poretrykk	60,25		102,75	60,25		102,75
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM	-194,27	43,86	-428,44	-49,51	43,86	-52,05

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	4,43 > 1,5	Stabil!	1,13 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	2,21 > B/3	Stabil!	1,05 > B/12	Stabil!

Lastsituasjon: Ulykkesflom PMF	Ulykkesgrense: Ulykkesflom		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-104,88		-187,74
Fjellbolter	-144,76		-376,39
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		55,86	57,06
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		-4,90	-1,63
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-5,59		-15,54
Poretrykk	82,35		136,78
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-172,88	50,96	-387,45

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	3,39 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	2,24 > B/6	Stabil!

Stabilitetskontroll - Massiv betongdam, Jordskjelv

Prosjekt: Nøkle vann - Overløp H = 2,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Kontroll av jordskjelv er gjennomført i samsvar med :

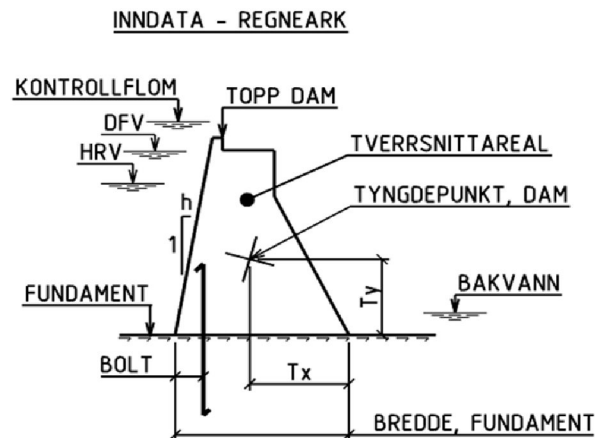
1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie", revidert mars 2011.

Forutsetninger

Egenvekt, dam	24 kN/m ³
Egenvekt, vann	9,8 kN/m ³
Egenvekt, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykks koeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,33
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm
Bolte diameter	32 mm
Areal bolt	804 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,3 m
Bolteavstand	0,90 m
Friksjonsvinkel, ϕ	45 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	1,00
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk i trykksonen	Linjert avtagende
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, nedstrøms tå	161,57 m.o.h.
Nivå fundament, oppstrøms side	161,57 m.o.h.
Nivå topp dam	164,07 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	161,57 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	4,37 m ²
Tyngdepunkt, damtverrsnitt (= Tx, jf. figur)	1,79 m
Bredde av fundament	2,90 m
Segmentbredde	1,00 m
Damhøyde over nedstrøms tå	2,50 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,10



Flomsituasjon	Vannstand	Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	162,07 m.o.h.	
	Statisk vanntrykk	2,50 m	0,50 m	Bakvann mot dammen
	Overtopping	0,00 m		Ingen overtopping

INNDATA - JORDSKJELV

Jordskjelv			Kommentar
Tyngdepunkt dam - vertikal arm (= Ty - jf. figur)		0,96 m	
Høyde på brystning		0,00 m	Settes = 0 når dammen ikke har brystning
Akslerasjon (a_g) - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	0,55 m/s ²	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1, Figur NA.3 (901 og 902)
Seismisk trykklaster ved skrå vannside (C_a)		0,69 = 0,73 ved vertikal vannside.	Fra Norconsult notat, figur 2 og 3
Seismisk faktor, γ_1 - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	2,00 = 2 (jf. Eurokode 8 - del 1)	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1 (NS-EN 1998-1:2004/NA:2008)

KREFTER OG MOMENT**Fortegnsregel:**

Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.

Horisontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.

Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER		Vertikal last kN	Horisontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Poretrykk					
Fult poretrykk	P1	14,21		1,45	20,60
	P2	56,84		1,45	82,42
Fjellbolter		-144,76		2,60	-376,39
Egenvekt, dam		-104,88		1,79	-187,74
Jordtrykk mot vannside - horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1			30,63	0,83	25,52
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2			-1,23	0,17	-0,20
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3		-3,06		2,82	-8,63
Enhetslaster	Last X1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X3	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum enhetslaster		0,00	0,00		0,00
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK OG ENHETSLASTER		-107,94	29,40		-171,04

Kommentar:

- Last X3, X4 og X5 er forutsatt å ikke ha egenvekt (f.eks. bolter). Dette innebærer at lasten ikke er påvirket av seimisk akselerasjon.

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

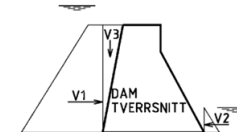


Fig 1: Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

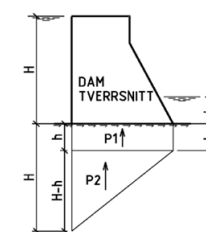


Fig 2: Poretrykk - Resultanten i 1/3-punktet

JORDSKJELV - KREFTER OG MOMENT

Forutsetninger:

1. Kvasistatisk analyse i samsvar med Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie".
2. Beregninger gjennomføres for vannstand ved HRV uten istrykk. Ved is i magasinet antas at denne sprekker opp slik at istrykk ikke er relevant.
3. Poretrykk endres ikke under jordskjelv ettersom sjokkbølgene antas å forplante seg raskere enn et eventuelt poretrykk. Normal frekvens for jordskjelv er i området 1 - 10 Hz.
4. Massekrefter fra jord og vertikal vannlast beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.
5. Bestemmelser i Eurokode 8 benyttes der kombinasjon av lastvirkninger ikke harmonerer med NVEs retningslinje for laster og dimensjonering.

Egensvingeperiode for dam			
Snitthøyde, dam	Elastisitetsmodul	Frekvens	Egensvingeperiode
H	E	$f = \sqrt{E/(0,012 \cdot H)}$	$T = 1/f$
m	GN/m ²	Hz	sek
2,50	20,00	149,07	0,0067

Dimensjonerende seismisk akselerasjon			
Horisontalt:	$S_{hd} = \gamma_1 a_g (2 + 55 T) / 3,75$	når $0 < T \leq 0,1$	
	$S_{hd} = 2 \gamma_1 a_g$	når $0,1 < T \leq 0,25$	
Vertikalt:	$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$	$T = 0$	

Tilleggslast fra vanntrykk (Pvx)								
Grensetilstand	Horisontal seismisk akselerasjon	Vanntrykk	Gravitasjon	Egenvekt, vann	Seismisk trykkfaktor	Seismisk tilleggslast, vann	Momentarm	Moment
	S_{hd}	z_{max}	g	γ	C_e	$Pvx = 0,66 C_e S_{hd} z_{max}^2 \gamma / g$	$Arm = 0,4 \cdot z_{max}$	
	m/s ²	m	m/s ²	kN/m ³	(se Norconsult notat, figur s. 8)	kN	m	kNm
Ulykkesgrense	0,69	2,50	9,80	9,80	0,69	1,98	1,00	1,98

Tilleggslast fra dam (Pm)									
Grensetilstand	Vekt av dam	Horisontal tilleggslast fra dam (Pmx)				Redusert egenvekt av dam (Pmz)			
		Horisontal akselerasjon	Horisontal last	Arm	Moment	Vertikal akselerasjon	Redusert vekt	Arm	Moment
	m	S_{hd}	$Pmx = S_{hd} m$	T_y		$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$	$Pmz = S_{vd} m$	T_x	
	Tonn	m/s ²	kN	m	kNm	m/s ²	kN	m	kNm
Ulykkesgrense	10,70	0,69	7,44	0,96	7,14	0,35	3,77	1,79	6,74

Andre seismiske laster	Grensetilstand	Horisontalt (Px)					Vertikalt (Pz)				
		Akselerasjon	Vekt	Last	Arm	Moment	Akselerasjon	Vekt	Last	Arm	Moment
		S_{hd}	m	Px	m	kNm	S_{vd}	m	Pz	m	kNm
		m/s ²	tonn	kN			m/s ²	tonn	kN		
Horisontalt jordtrykk ¹⁾	Ulykkesgrense	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00					
Vannlast, skrå vannside	Ulykkesgrense						0,35	0,31	0,11	2,82	0,31
Last X1	Ulykkesgrense	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Last X2	Ulykkesgrense	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00

1) Jordtrykkkomponenten fra jordskjelv er antatt å virke 2/3 H over fundament, der H er høyden av jordfyllingen.

2) Enhetslast: Tilleggslast er antatt å være destabiliserende.

Sum tilleggslast fra dam og øvrige seismiske laster					
Grensetilstand	Returperiode	Horisontalt: $Pmx + \sum Px$		Vertikalt: $Pmz + \sum Pz$	
		H [kN]	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]
Ulykkesgrense	475 år	7,44	7,14	3,88	7,05

BEREGNING AV STABILITET**Kriterier for stabilitet**

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Glidning Sikkerhet	Velting Resultantens plassering fra nedstrøms tå
Ulykkesgrense - Jordskjelv	$\geq 1,0$	≥ 0

Lastkombinasjoener, JordskjelvKombinasjon A: $P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$ Kombinasjon B: $P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$

Ulykkesgrense - Jordskjelv Returperiode 475 år	Kombinasjon A:			Kombinasjon B:		
	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$			$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Poretrykk	71,05		103,02	71,05		103,02
Fjellbolter	-144,76		-376,39	-144,76		-376,39
Sum egenvekt, enhetslaster, vann- og jordtrykk	-107,94	29,40	-171,04	-107,94	29,40	-171,04
Seismisk tilleggslast, vanntrykk (Pv)		1,98	1,98		1,98	1,98
Horizontal tilleggslast (Pmx + Px)		7,44	7,14		2,23	2,14
Vertikal tilleggslast (Pmz + Pz)	1,16		2,12	3,88		7,05
SUM	-180,49	38,82	-433,17	-177,78	33,61	-433,23
STABILITET	Glidning - Sikkerhet	4,65 >1,1	Stabil!	5,29 >1,1	Stabil!	
	Velting - Resultant	2,40 >B/6	Stabil!	2,44 >B/6	Stabil!	

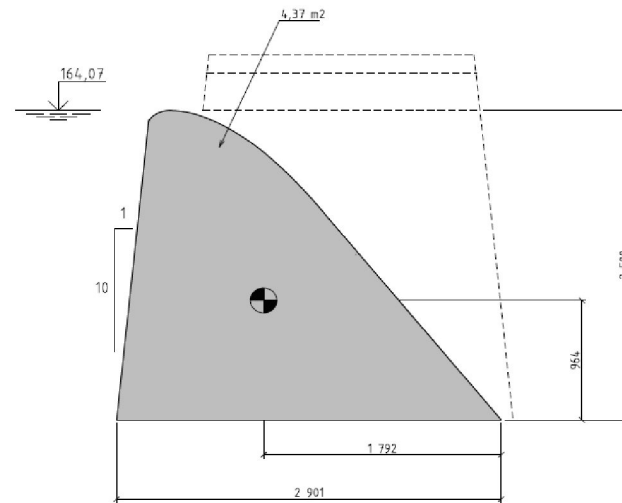
Stabilitetskontroll - Massiv betongdam

Prosjekt: Nølevann - Overløp H = 2,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Forutsetninger, dam

Damhøyde:	2,50 m
Tyngdetetthet, dam	24 kN/m ³
Fjellbolt, kapasitet	180 N/mm
Boltediameter	32 mm
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,90 m
Friksjonsvinkel, ϕ	45 °
Fundament helning, α (+ve mot magasinet)	0 °
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Lineært avtagende
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

INNDATA - REGNEARK



Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 1,8 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3
 Damhøyde (m): 1,8

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 3
4. Skriv fra NVE datert 6. desember 2012 med nye stabilitetskriterier vedr. kontroll med fjellbolter.

Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Istrykk	100,0 kN/m
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm ²
Bolte diameter	25 mm
Areal bolt	491 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Andel av bolter som ikke er virksomme (prosent)	10 %
Friskjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
DFV, Dimensjonerende flom, Q _{dim} :	1,2xQ1000
Ulykkesflom	PMF
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

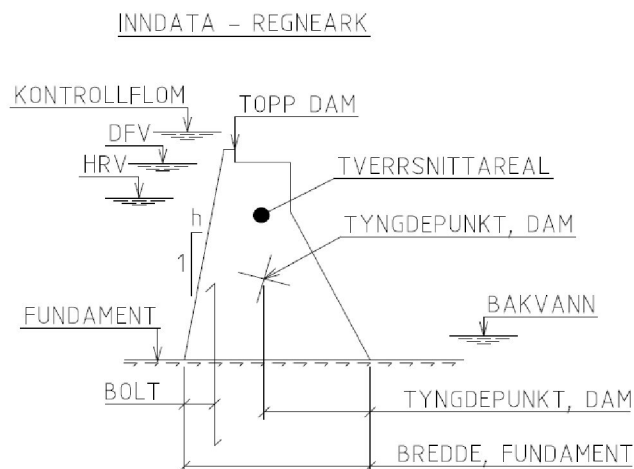
Dimensjoner, dam

Nivå fundament, oppstrøms side	163,03 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	163,03 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	4,62 m ²
Tyngdepunkt damtverrsnitt - avstand fra nedstrøms tå	1,52 m
Bredde av fundament	3,00 m
Segmentbredde	1,00 m
Nivå fundament, nedstrøms tå	163,03 m.o.h.
Damhøyde over nedstrøms tå	1,80 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,10

Drenasje

Drensfaktor, k (jf. fig. 2 - neste side)	0,33	Kommentar
Drenasjeplan, D (jf. fig. 2 - neste side)	0,00 m	= 1/3 (normalt) som vist på fig. 2 (neste side). Se også Retningslinje for murdammer, kap. 2.1. Velg D = 0 for tørrmurte dammer. Drensplanet regnes da som D = 1/4(H-h) - se tabellen nedenfor.

Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,26 m	
	Statisk vanntrykk	1,04 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			Ikke bakvann Ingen overtopping
DFV 1,2xQ1000	Vannstand, nivå	164,81 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,45 m	
	Statisk vanntrykk	1,78 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			Ikke bakvann Ingen overtopping
Ulykkesflom PMF	Vannstand, nivå	165,10 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,52 m	
	Statisk vanntrykk	2,07 m	0,00 m		
	Overtopping	0,27 m			Ikke bakvann Overtopping



KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel: Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.
Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.
Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.
Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER	Lastsituasjon	Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Islast			100,00	0,79	79,00
Fjellbolt, kapasitet		-159,04		2,70	-429,42
Egenvekt, dam		-89,17		1,52	-135,53
Jordtrykk (vannside), Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1	HRV		5,30	0,35	1,84
	DFV		15,53	0,59	9,21
	Ulykkesflom		20,64	0,67	13,81
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2	HRV		0,00	0,00	0,00
	DFV		0,00	0,00	0,00
	Ulykkesflom		0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	HRV	-0,53		2,97	-1,57
	DFV	-1,55		2,94	-4,57
	Ulykkesflom	-2,06		2,93	-6,05
Poretrykk (jf. fig.2)	HRV P1	0,00		1,50	0,00
	HRV P2	1,77		2,89	5,11
	HRV P3	4,65		1,83	8,50
	DFV P1	0,00		1,50	0,00
	DFV P2	5,18		2,81	14,57
	DFV P3	7,43		1,70	12,65
	Ulykkesflom P1	0,00		1,50	0,00
	Ulykkesflom P2	7,00		2,78	19,49
	Ulykkesflom P3	8,39		1,66	13,89
Enhetslaster					
Last X1	HRV				0,00
	DFV				0,00
	Ulykkesflom				0,00
Last X2	Alle				0,00
Last X3	Alle				0,00
Last X4	Alle				0,00
Last X5	Alle				0,00
Sum enhetslaster	HRV	0,00	0,00		0,00
	DFV	0,00	0,00		0,00
	Ulykkesflom	0,00	0,00		0,00
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK, PORETRYKK OG ENHETSLASTER					
	HRV	-83,28	5,30		-121,66
	DFV	-78,12	15,53		-103,67
	Ulykkesflom	-75,84	20,64		-94,39

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

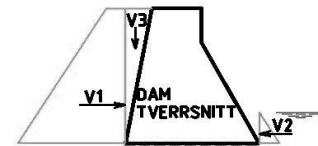


Fig 1 Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

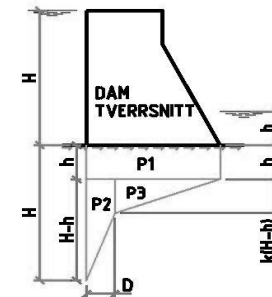


Fig 2 Poretrykk, dam med drainasje
For tørrmurt murdam settes normalt $k = 1/3$ og $D = 1/4(H-h)$

BEREGNING AV STABILITET

Lastsituasjon: HRV + istrykk	Bruddgrense		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-89,17		-135,53
Islast		100,00	79,00
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-429,42
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		5,30	1,84
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-0,53		-1,57
Poretrykk (jf. fig.2)	6,42		13,61
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-242,32	105,30	-472,07

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet		Velting Resultantens plassering Krav		Glidning Sikkerhet
		Resultantens plassering (m)		
Bruddgrense: HRV + istrykk		1/3B	1,00	1,5
Bruddgrense: DFV		1/3B	1,00	1,5
Ulykkesgrense: DFV uten bolter		1/12B	0,25	1,1
Ulykkesgrense: Ulykkesflom		1/6B	0,50	1,1

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	1,49 < 1,5	Ikke stabil!
	Velting - Resultant	1,95 > B/3	Stabil!

Lastsituasjon: DFV 1,2xQ1000	Bruddgrense: DFV			Ulykkesgrense: DFV uten bolter		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-89,17		-135,53	-89,17		-135,53
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-429,42			
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		15,53	9,21		15,53	9,21
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-1,55		-4,57	-1,55		-4,57
Poretrykk (jf. fig.2)	12,60		27,22	12,60		27,22
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM	-237,16	15,53	-533,08	-78,12	15,53	-103,67

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	9,92 > 1,5	Stabil!	3,27 > 1,1	Stabil!	Damhøyde < 2 m - Kontroll 'DFV uten bolter' er ikke nødvendig
	Velting - Resultant	2,25 > B/3	Stabil!	1,33 > B/12	Stabil!	

Lastsituasjon: Ulykkesflom PMF	Ulykkesgrense: Ulykkesflom		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-89,17		-135,53
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-429,42
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		20,64	13,81
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-2,06		-6,05
Poretrykk (jf. fig.2)	15,39		33,38
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-234,88	20,64	-523,81

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	7,39 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	2,23 > B/6	Stabil!

Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 1,8 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 2

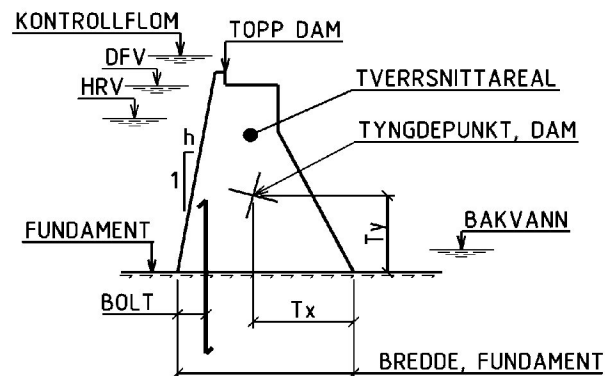
Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm ²
Boltediameter	25 mm
Areal bolt	491 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi+\alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, nedstrøms tå	163,03 m.o.h.
Nivå fundament, oppstrøms side	163,03 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	163,03 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	4,62 m ²
Tyngdepunkt dam - horisontal arm (= Tx - jf. figur)	1,52 m
Bredde av fundament	3,00 m
Segmentbredde	1,00 m
Damhøyde over nedstrøms tå	1,80 m
Helning, oppstrøms side (=x -jf. figur)	0,10

INNDATA - REGNEARK



Flomsituasjon	Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,26 m
	Statisk vanntrykk	1,04 m	0,00 m	
	Overtopping	0,00 m		Ikke bakvann Ingen overtopping

INNDATA - JORDSKJELV

Jordskjelv			Kommentar
Tyngdepunkt dam - vertikal arm (= Ty - jf. figur)		0,80 m	
Høyde på brytning		0,30 m	Settes=0 når dammen ikke har brytning.
Akslerasjon (a_g) - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	0,55 m/s ²	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1, figur NA.3 (901 og 902)
Seismisk trykklaster ved skrå vannside (C_s)		0,69 (= 0,73 ved vertikal vannside)	Se Norconsult notat, figur 2 og 3
Seismisk faktor, γ_1 - Ulykkeslast; Returperiode:	475 år	2,00 = 2 (jf. Eurokode 8 - del 1)	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1 (NS-EN 1998-1:2004/NA:2008)

KREFTER OG MOMENT**Fortegnsregel:**

Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.

Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.

Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Fjellbolt, kapasitet		-159,04		2,70	-429,42
Egenvekt, dam		-89,17		1,52	-135,53
Jordtrykk (vannside), Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V1			5,30	0,35	1,84
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V2			0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1: V3		-0,53		2,97	-1,57
Poretrykk (jf. fig.2)	P1	0,00		1,50	0,00
	P2	1,77		2,89	5,11
	P3	4,65		1,83	8,50
Enhetslaster	Last X1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X3	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum enhetslaster		0,00	0,00		0,00
SUM LASTER OG MOMENT		-83,28	5,30		-121,66

Kommentar:

- Last X3, X4 og X5 er forutsatt å ikke ha egenvekt (f.eks. bolter). Dette innebærer at lasten ikke er påvirket av seismisk akselerasjon.

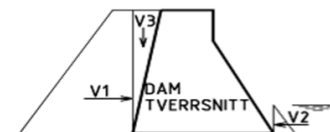
PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

Fig 1: Vannlast mot dammen

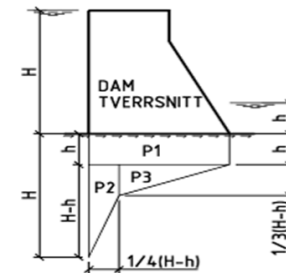
PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

Fig 2 Poretrykk, Tørrmurt dam

JORDSKJELV - KREFTER OG MOMENT

Forutsetninger:

1. Kvasistatisk analyse i samsvar med Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie".
2. Beregninger gjennomføres for vannstand ved HRV uten istrykk. Ved is i magasinet antas at isen sprekker opp, slik at istrykk ikke er relevant.
3. Poretrykk endres ikke under jordskjelv ettersom sjokkbølgene antas å forplante seg raskere enn et eventuelt poretrykk. Normal frekvens for jordskjelv er i området 1 - 10 Hz.
4. Massekrefter fra jord og vertikal vannlast beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.
5. Bestemmelser i Eurokode 8 benyttes der kombinasjon av lastvirkninger ikke harmonerer med NVEs retningslinje for laster og dimensjonering.

Horizontal normalisert elastisk responsspekter (S_{oh}) - Jordskjelv			
Snitthøyde, dam	Elastisitetsmodul	Frekvens	Egensvingeperiode
H	E	$f = \sqrt{E/(0,012 \cdot H)}$	$T = 1/f$
m	GN/m ²	Hz	sek
1,50	20,00	248,45	0,0040

Dimensjonerende seismisk akselerasjon	
Horisontalt:	$S_{hd} = \gamma_1 a_g (2 + 55 T) / 3,75$ når $0 < T \leq 0,1$ $S_{hd} = 2 \gamma_1 a_g$ når $0,1 < T \leq 0,25$
Vertikalt:	$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ $T = 0$

Tilleggslast fra vanntrykk (Pvx)								
Grensetilstand	Horizontal seismisk akselerasjon S_{hd} m/s ²	Vanndybde z_{max} m	Gravitasjon g m/s ²	Egenvekt, vann γ kN/m ³	Seismisk trykkfaktor C_e (se Norconsult notat, figur s. 8)	Seismisk tilleggslast, vann $Pvx = 0,66 C_e S_d z_{max}^2 \gamma / g$ kN	Momentarm $Arm = 0,4 \cdot z_{max}$ m	Moment kNm
Ulykkesgrense	0,65	1,04	9,80	9,80	0,69	0,32	0,42	0,13

Tilleggslast fra dam (Pm)									
Grensetilstand	Vekt av dam m Tonn	Horizontal tilleggslast fra dam (Pmx)				Redusert egenvekt av dam (Pmz)			
		Horizontal akselerasjon S_{hd} m/s ²	Horisontal last $Pmx = S_{hd} m$ kN	Arm Ty m	Moment kNm	Vertikal akselerasjon $S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ m/s ²	Redusert vekt $Pmz = S_{vd} m$ kN	Arm Tx m	Moment kNm
Ulykkesgrense	9,10	0,65	5,93	0,80	4,74	0,35	3,20	1,52	4,87

Andre seismiske laster	Grensetilstand	Horisontalt (Px)					Vertikalt (Pz)				
		Akselerasjon S_{hd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN	Arm m	Moment kNm	Akselerasjon S_{vd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN	Arm m	Moment kNm
Horisontalt jordtrykk ¹	Ulykkesgrense	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00					
Vannlast, skrå vannside	Ulykkesgrense						0,35	0,05	0,02	2,97	0,06
Last X1	Ulykkesgrense	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Last X2	Ulykkesgrense	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00

1) Jordtrykkkomponenten fra jordskjelv er antatt å virke 2/3 H over fundament, der H er høyden av jordfyllingen.

2) Enhetslast: Tilleggslast er antatt å være destabiliserende.

Sum tilleggslast fra dam og øvrige seismiske laster					
Grensetilstand	Returperiode	Horisontalt: $Pmx + \sum Px$		Vertikalt: $Pmz + \sum Pz$	
		H [kN]	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]
Ulykkesgrense	475 år	5,93	4,74	3,22	4,92

BEREGNING AV STABILITET

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning $\geq \Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Glidning Sikkerhet	Velting Resultantens plassering fra nedstrøms tå
Ulykkesgrense - Jordskjelv	$\geq 1,0$	≥ 0

Lastkombinasjoener, Jordskjelv

Kombinasjon A: $P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$ Kombinasjon B: $P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$

Ulykkesgrense - Jordskjelv	Kombinasjon A:			Kombinasjon B:		
	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$			$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Bruddgrense: 475 år						
Sum laster og moment	-83,28	5,30	-121,66	-83,28	5,30	-121,66
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-429,42	-159,04		-429,42
Seismisk tilleggslast, vanntrykk (Pv)		0,32	0,13		0,32	0,13
Horizontal tilleggslast (Pmx + Px)		5,93	4,74		1,78	1,42
Vertikal tilleggslast (Pmz + Pz)	0,97		1,48	3,22		4,92
SUM	-241,35	11,55	-544,72	-239,10	7,40	-544,59
STABILITET	Glidning - Sikkerhet	13,57 >1,1	Stabil!	20,98 >1,1	Stabil!	
	Velting - Resultant	2,26 >B/6	Stabil!	2,28 >B/6	Stabil!	

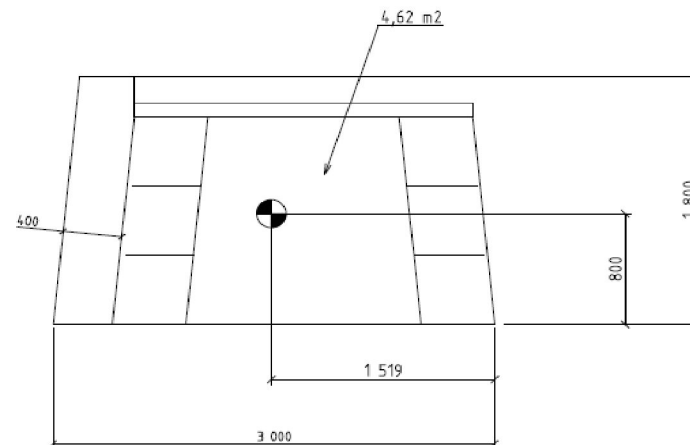
Stabilitetskontroll - Tørrmurt dam

Prosjekt: Nøkle vann - H = 1,8 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Forutsetninger, dam

Damhøyde:	1,80 m
Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm
Boltediameter	25 mm
Bolt, plassering - avst. fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α	0 °
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

INNDATA - REGNEARK



Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 2,3 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3
 Damhøyde (m): 2,3

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 3
4. Skriv fra NVE datert 6. desember 2012 med nye stabilitetskriterier vedr. kontroll med fjellbolter.

Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Istrykk	100,0 kN/m
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm ²
Bolte diameter	25 mm
Areal bolt	491 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Andel av bolter som ikke er virksomme (prosent)	10 %
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
DFV, Dimensjonerende flom, Qdim:	1,2xQ1000
Ulykkesflom	PMF
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

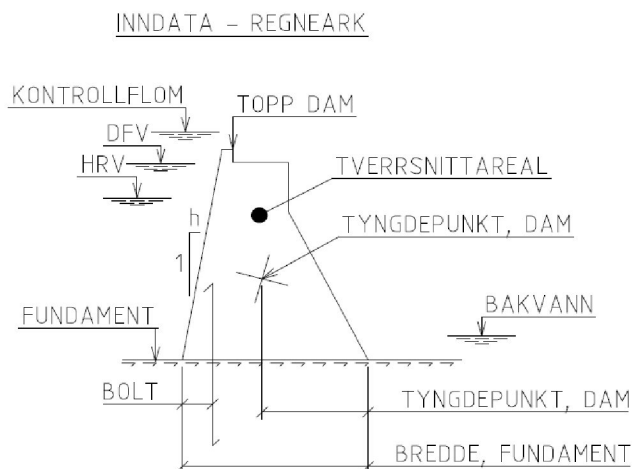
Dimensjoner, dam

Nivå fundament, oppstrøms side	162,53 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	162,53 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	5,71 m ²
Tyngdepunkt damtverrsnitt - avstand fra nedstrøms tå	1,46 m
Bredde av fundament	2,89 m
Segmentbredde	1,00 m
Nivå fundament, nedstrøms tå	162,53 m.o.h.
Damhøyde over nedstrøms tå	2,30 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,10

Drenasje

Drensfaktor, k (jf. fig. 2 - neste side)	0,33	Kommentar
Drenasjeplan, D (jf. fig. 2 - neste side)	0,00 m	= 1/3 (normalt) som vist på fig. 2 (neste side). Se også Retningslinje for murdammer, kap. 2.1. Velg D = 0 for tørrmurte dammer. Drensplanet regnes da som D = 1/4(H-h) - se tabellen nedenfor.

Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,38 m	
	Statisk vanntrykk	1,54 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			Ikke bakvann Ingen overtopping
DFV 1,2xQ1000	Vannstand, nivå	164,81 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,57 m	
	Statisk vanntrykk	2,28 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			Ikke bakvann Ingen overtopping
Ulykkesflom PMF	Vannstand, nivå	165,10 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,64 m	
	Statisk vanntrykk	2,57 m	0,00 m		
	Overtopping	0,27 m			Ikke bakvann Overtopping



KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel: Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.
 Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.
 Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER	Lastsituasjon	Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Islast			100,00	1,29	129,00
Fjellbolt, kapasitet		-159,04		2,59	-411,92
Egenvekt, dam		-110,20		1,46	-160,90
Jordtrykk (vannside), Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1	HRV		11,62	0,51	5,97
	DFV		25,47	0,76	19,36
	Ulykkesflom		32,01	0,84	26,87
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2	HRV		0,00	0,00	0,00
	DFV		0,00	0,00	0,00
	Ulykkesflom		0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	HRV	-1,16		2,84	-3,30
	DFV	-2,55		2,81	-7,17
	Ulykkesflom	-3,20		2,80	-8,98
Poretrykk (jf. fig.2)	HRV P1	0,00		1,45	0,00
	HRV P2	3,87		2,73	10,57
	HRV P3	6,30		1,67	10,52
	DFV P1	0,00		1,45	0,00
	DFV P2	8,49		2,65	22,52
	DFV P3	8,64		1,55	13,36
	Ulykkesflom P1	0,00		1,45	0,00
	Ulykkesflom P2	10,79		2,62	28,29
	Ulykkesflom P3	9,43		1,50	14,14
Enhetslaster					
Last X1	HRV				0,00
	DFV				0,00
	Ulykkesflom				0,00
Last X2	Alle				0,00
Last X3	Alle				0,00
Last X4	Alle				0,00
Last X5	Alle				0,00
Sum enhetslaster	HRV	0,00	0,00		0,00
	DFV	0,00	0,00		0,00
	Ulykkesflom	0,00	0,00		0,00
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK, PORETRYKK OG ENHETSLASTER					
	HRV	-101,19	11,62		-137,13
	DFV	-95,62	25,47		-112,82
	Ulykkesflom	-93,18	32,01		-100,58

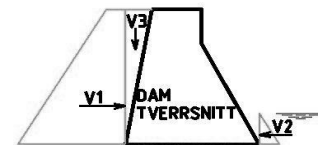
PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

Fig 1 Vannlast mot dammen

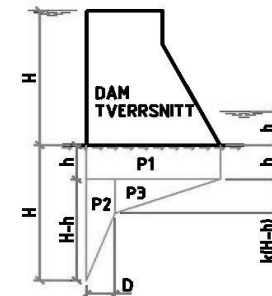
PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

Fig 2 Poretrykk, dam med drenasje
 For tørrmurt murdam settes
 normalt $k = 1/3$ og $D = 1/4(H-h)$

BEREGNING AV STABILITET

Lastsituasjon: HRV + istrykk	Bruddgrense		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-110,20		-160,90
Islast		100,00	129,00
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-411,92
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		11,62	5,97
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-1,16		-3,30
Poretrykk (jf. fig.2)	10,17		21,10
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-260,23	111,62	-420,06

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Velting		Glidning Sikkerhet
	Resultantens plassering Krav	(m)	
Bruddgrense: HRV + istrykk	1/3B	0,96	1,5
Bruddgrense: DFV	1/3B	0,96	1,5
Ulykkesgrense: DFV uten bolter	1/12B	0,24	1,1
Ulykkesgrense: Ulykkesflom	1/6B	0,48	1,1

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	1,51 > 1,5	Stabil!
	Velting - Resultant	1,61 > B/3	Stabil!

Lastsituasjon: DFV 1,2xQ1000	Bruddgrense: DFV			Ulykkesgrense: DFV uten bolter		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-110,20		-160,90	-110,20		-160,90
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-411,92			
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		25,47	19,36		25,47	19,36
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-2,55		-7,17	-2,55		-7,17
Poretrykk (jf. fig.2)	17,13		35,88	17,13		35,88
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM	-254,66	25,47	-524,74	-95,62	25,47	-112,82

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	6,49 > 1,5	Stabil!	2,44 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	2,06 > B/3	Stabil!	1,18 > B/12	Stabil!

Lastsituasjon: Ulykkesflom PMF	Ulykkesgrense: Ulykkesflom		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-110,20		-160,90
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-411,92
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		32,01	26,87
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-3,20		-8,98
Poretrykk (jf. fig.2)	20,22		42,42
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-252,22	32,01	-512,50

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	5,12 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	2,03 > B/6	Stabil!

Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 2,3 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

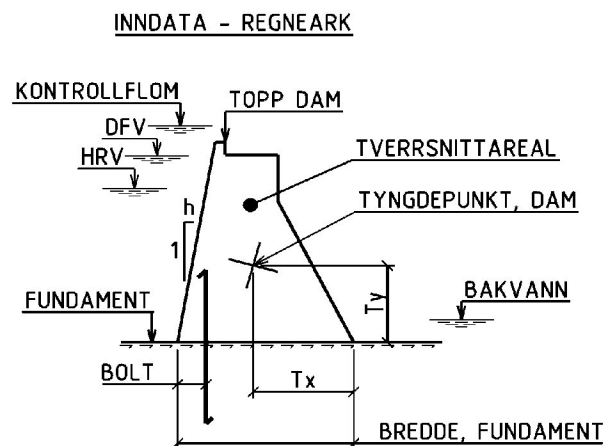
1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 2

Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm ²
Boltediameter	25 mm
Areal bolt	491 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi+\alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, nedstrøms tå	162,53 m.o.h.
Nivå fundament, oppstrøms side	162,53 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	162,53 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	5,71 m ²
Tyngdepunkt dam - horisontal arm (= Tx - jf. figur)	1,46 m
Bredde av fundament	2,89 m
Segmentbredde	1,00 m
Damhøyde over nedstrøms tå	2,30 m
Helning, oppstrøms side (=x -jf. figur)	0,10



Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	0,38 m	
	Statisk vanntrykk	1,54 m	0,00 m		Ikke bakvann
	Overtopping	0,00 m			Ingen overtopping

INNDATA - JORDSKJELV

Jordskjelv			Kommentar
Tyngdepunkt dam - vertikal arm (= Ty - jf. figur)		1,04 m	
Høyde på brystning		0,30 m	Settes=0 når dammen ikke har brystning.
Akslerasjon (a_g) - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	0,55 m/s ²	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1, figur NA.3 (901 og 902)
Seismisk trykklaster ved skrå vannside (C_s)		0,69 (= 0,73 ved vertikal vannside)	Se Norconsult notat, figur 2 og 3
Seismisk faktor, γ_1 - Ulykkeslast; Returperiode:	475 år	2,00 = 2 (jf. Eurokode 8 - del 1)	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1 (NS-EN 1998-1:2004/NA:2008)

KREFTER OG MOMENT**Fortegnsregel:**

Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.

Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.

Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Fjellbolt, kapasitet		-159,04		2,59	-411,92
Egenvekt, dam		-110,20		1,46	-160,90
Jordtrykk (vannside), Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V1			11,62	0,51	5,97
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V2			0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1: V3		-1,16		2,84	-3,30
Poretrykk (jf. fig.2)	P1	0,00		1,45	0,00
	P2	3,87		2,73	10,57
	P3	6,30		1,67	10,52
Enhetslaster	Last X1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X3	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum enhetslaster		0,00	0,00		0,00
SUM LASTER OG MOMENT		-101,19	11,62		-137,13

Kommentar:

- Last X3, X4 og X5 er forutsatt å ikke ha egenvekt (f.eks. bolter). Dette innebærer at lasten ikke er påvirket av seismisk akselerasjon.

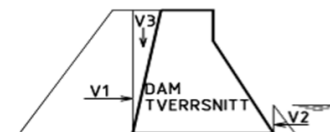
PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

Fig 1: Vannlast mot dammen

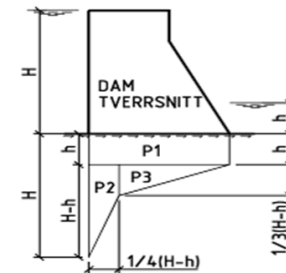
PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

Fig 2 Poretrykk, Tørrmurt dam

JORDSKJELV - KREFTER OG MOMENT

Forutsetninger:

1. Kvasistatisk analyse i samsvar med Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterier".
2. Beregninger gjennomføres for vannstand ved HRV uten istrykk. Ved is i magasinet antas at isen sprekker opp, slik at istrykk ikke er relevant.
3. Poretrykk endres ikke under jordskjelv ettersom sjokkbølgene antas å forplante seg raskere enn et eventuelt poretrykk. Normal frekvens for jordskjelv er i området 1 - 10 Hz.
4. Massekrefter fra jord og vertikal vannlast beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.
5. Bestemmelser i Eurokode 8 benyttes der kombinasjon av lastvirkninger ikke harmonerer med NVEs retningslinje for laster og dimensjonering.

Horizontal normalisert elastisk responsspekter (S_{oh}) - Jordskjelv			
Snitthøyde, dam	Elastisitetsmodul	Frekvens	Egensvingeperiode
H	E	$f = \sqrt{E/(0,012 \cdot H)}$	$T = 1/f$
m	GN/m ²	Hz	sek
2,00	20,00	186,34	0,0054

Dimensjonerende seismisk akselerasjon	
Horisontalt:	$S_{hd} = \gamma_1 a_g (2 + 55 T) / 3,75$ når $0 < T \leq 0,1$ $S_{hd} = 2 \gamma_1 a_g$ når $0,1 < T \leq 0,25$
Vertikalt:	$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ $T = 0$

Tilleggslast fra vanntrykk (Pvx)								
Grensetilstand	Horizontal seismisk akselerasjon S_{hd} m/s ²	Vanndybde z_{max} m	Gravitasjon g m/s ²	Egenvekt, vann γ kN/m ³	Seismisk trykkfaktor C_e (se Norconsult notat, figur s. 8)	Seismisk tilleggslast, vann $Pvx = 0,66 C_e S_{hd} z_{max}^2 \gamma / g$ kN	Momentarm Arm=0,4 $\cdot z_{max}$ m	Moment kNm
Ulykkesgrense	0,67	1,54	9,80	9,80	0,69	0,73	0,62	0,45

Tilleggslast fra dam (Pm)									
Grensetilstand	Vekt av dam m Tonn	Horizontal tilleggslast fra dam (Pmx)				Redusert egenvekt av dam (Pmz)			
		Horizontal akselerasjon S_{hd} m/s ²	Horisontal last $Pmx = S_{hd} m$ kN	Arm Ty m	Moment kNm	Vertikal akselerasjon $S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ m/s ²	Redusert vekt $Pmz = S_{vd} m$ kN	Arm Tx m	Moment kNm
Ulykkesgrense	11,25	0,67	7,57	1,04	7,87	0,35	3,96	1,46	5,78

Andre seismiske laster	Grensetilstand	Horisontalt (Px)				Vertikalt (Pz)			
		Akselerasjon S_{hd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN	Arm m	Moment kNm	Akselerasjon S_{vd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN
Horisontalt jordtrykk ¹	Ulykkesgrense	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vannlast, skrå vannside	Ulykkesgrense						0,35	0,12	0,04
Last X1	Ulykkesgrense	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00
Last X2	Ulykkesgrense	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00

1) Jordtrykkkomponenten fra jordskjelv er antatt å virke 2/3 H over fundament, der H er høyden av jordfyllingen.

2) Enhetslaster: Tilleggslaster er antatt å være destabiliserende.

Sum tilleggslast fra dam og øvrige seismiske laster					
Grensetilstand	Returperiode	Horisontalt: $Pmx + \sum Px$		Vertikalt: $Pmz + \sum Pz$	
		H [kN]	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]
Ulykkesgrense	475 år	7,57	7,87	4,00	5,90

BEREGNING AV STABILITET

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning $\geq \Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Glidning Sikkerhet	Velting Resultantens plassering fra nedstrøms tå
Ulykkesgrense - Jordskjelv	$\geq 1,0$	≥ 0

Lastkombinasjoener, Jordskjelv

Kombinasjon A: $P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$ Kombinasjon B: $P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$

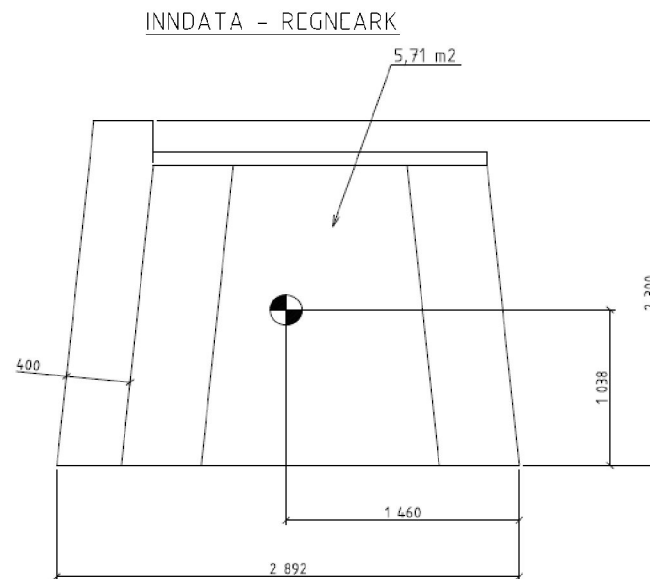
Ulykkesgrense - Jordskjelv	Kombinasjon A:			Kombinasjon B:		
	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$			$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Bruddgrense: 475 år						
Sum laster og moment	-101,19	11,62	-137,13	-101,19	11,62	-137,13
Fjellbolt, kapasitet	-159,04		-411,92	-159,04		-411,92
Seismisk tilleggslast, vanntrykk (Pv)		0,73	0,45		0,73	0,45
Horizontal tilleggslast (Pmx + Px)		7,57	7,87		2,27	2,36
Vertikal tilleggslast (Pmz + Pz)	1,20		1,77	4,00		5,90
SUM	-259,03	19,92	-538,96	-256,23	14,62	-540,35
STABILITET	Glidning - Sikkerhet	8,44 >1,1	Stabil!	11,38 >1,1	Stabil!	
	Velting - Resultant	2,08 >B/6	Stabil!	2,11 >B/6	Stabil!	

Stabilitetskontroll - Tørrmurt dam

Prosjekt: Nøkle vann - H = 2,3 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Forutsetninger, dam

Damhøyde:	2,30 m
Tyngdetetthet, dam	19,3 kN/m ³
Fjellbolt, kapasitet - fjellbolter aktive	180 N/mm
Boltdiameter	25 mm
Bolt, plassering - avst. fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α	0 °
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00



Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 5,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3
 Damhøyde (m): 5,5

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 3
4. Skriv fra NVE datert 6. desember 2012 med nye stabilitetskriterier vedr. kontroll med fjellbolter.

Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	17,7 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Istrykk	100,0 kN/m
Fjellbolt, kapasitet - Ikke fjellbolter	180 N/mm ²
Bolte diameter	0 mm
Areal bolt	0 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,00 m
Andel av bolter som ikke er virksomme (prosent)	10 %
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
DFV, Dimensjonerende flom, Q _{dim} :	1,2xQ1000
Ulykkesflom	PMF
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

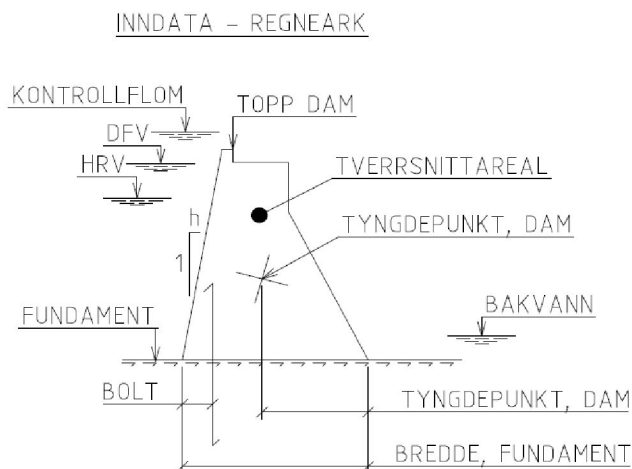
Dimensjoner, dam

Nivå fundament, oppstrøms side	159,33 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	159,33 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	41,90 m ²
Tyngdepunkt damtverrsnitt - avstand fra nedstrøms tå	4,29 m
Bredde av fundament	8,55 m
Segmentbredde	1,00 m
Nivå fundament, nedstrøms tå	159,33 m.o.h.
Damhøyde over nedstrøms tå	5,50 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,10

Drenasje

Drensfaktor, k (jf. fig. 2 - neste side)	0,33	Kommentar = 1/3 (normalt) som vist på fig. 2 (neste side). Se også Retningslinje for murdammer, kap. 2.1. Velg D = 0 for tørrmurte dammer. Drensplanet regnes da som D = 1/4(H-h) - se tabellen nedenfor.
Drenasjeplan, D (jf. fig. 2 - neste side)	0,00 m	

Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	1,19 m	Ikke bakvann Ingen overtopping
	Statisk vanntrykk	4,74 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			
DFV 1,2xQ1000	Vannstand, nivå	164,81 m.o.h.	0,00 m.o.h.	1,37 m	Ikke bakvann Ingen overtopping
	Statisk vanntrykk	5,48 m	0,00 m		
	Overtopping	0,00 m			
Ulykkesflom PMF	Vannstand, nivå	165,10 m.o.h.	0,00 m.o.h.	1,44 m	Ikke bakvann Overtopping
	Statisk vanntrykk	5,77 m	0,00 m		
	Overtopping	0,27 m			



KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel: Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.
Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.
Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.
Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LAST	Lastsituasjon	Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Islast		100,00		4,49	449,00
Fjellbolt, kapasitet	- Ikke fjellbolter			0,00	0,00
Egenvekt, dam		-741,63		4,29	-3181,59
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1	HRV	110,09	1,58	173,94	
	DFV	147,15	1,83	268,79	
	Ulykkesflom	162,78	1,92	311,77	
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2	HRV	0,00	0,00	0,00	
	DFV	0,00	0,00	0,00	
	Ulykkesflom	0,00	0,00	0,00	
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	HRV	-11,01	8,39	-92,39	
	DFV	-14,71	8,37	-123,12	
	Ulykkesflom	-16,28	8,36	-136,04	
Poretrykk (jf. fig.2)	HRV P1	0,00	4,28	0,00	
	HRV P2	36,70	8,06	295,64	
	HRV P3	57,02	4,91	279,97	
	DFV P1	0,00	4,28	0,00	
	DFV P2	49,05	7,98	391,38	
	DFV P3	64,27	4,79	307,62	
	Ulykkesflom P1	0,00	4,28	0,00	
	Ulykkesflom P2	54,38	7,95	432,25	
	Ulykkesflom P3	66,98	4,74	317,39	
Enhetslaster					
Last X1	HRV				0,00
	DFV				0,00
	Ulykkesflom				0,00
Last X2	Alle				0,00
Last X3	Alle				0,00
Last X4	Alle				0,00
Last X5	Alle				0,00
Sum enhetslaster	HRV	0,00	0,00		0,00
	DFV	0,00	0,00		0,00
	Ulykkesflom	0,00	0,00		0,00
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK, PORETRYKK OG ENHETSLASTER					
	HRV	-658,92	110,09		-2524,43
	DFV	-643,03	147,15		-2336,93
	Ulykkesflom	-636,55	162,78		-2256,23

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

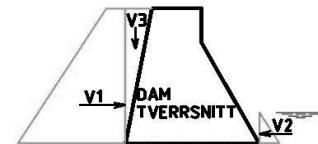


Fig 1 Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

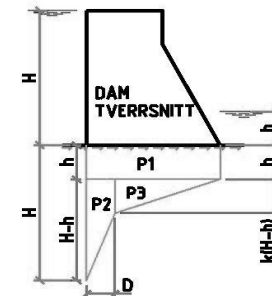


Fig 2 Poretrykk, dam med drainasje
For tørrmurt murdam settes normalt $k = 1/3$ og $D = 1/4(H-h)$

BEREGNING AV STABILITET

Lastsituasjon: HRV + istrykk	Bruddgrense		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-741,63		-3181,59
Islast			449,00
Fjellbolt, kapasitet	- Ikke fjellbolter	100,00	0,00
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		110,09	173,94
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-11,01		-92,39
Poretrykk (jf. fig.2)	93,72		575,61
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-658,92	210,09	-2075,43

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Velting		Glidning Sikkerhet
	Resultantens plassering Krav	(m)	
Bruddgrense: HRV + istrykk	1/3B	2,85	1,5
Bruddgrense: DFV	1/3B	2,85	1,5
Ulykkesgrense: DFV uten bolter	1/12B	0,71	1,1
Ulykkesgrense: Ulykkesflom	1/6B	1,43	1,1

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	2,04 > 1,5	Stabil!
	Velting - Resultant	3,15 > B/3	Stabil!

Lastsituasjon: DFV 1,2xQ1000	Bruddgrense: DFV			Ulykkesgrense: DFV uten bolter		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-741,63		-3181,59	-741,63		-3181,59
Fjellbolt, kapasitet	- Ikke fjellbolter		0,00			0,00
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		147,15	268,79		147,15	268,79
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-14,71		-123,12	-14,71		-123,12
Poretrykk (jf. fig.2)	113,32		698,99	113,32		698,99
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUM	-643,03	147,15	-2336,93	-643,03	147,15	-2336,93

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	2,84 > 1,5	Stabil!	2,84 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	3,63 > B/3	Stabil!	3,63 > B/12	Stabil!

Lastsituasjon: Ulykkesflom PMF	Ulykkesgrense: Ulykkesflom		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-741,63		-3181,59
Fjellbolt, kapasitet	- Ikke fjellbolter		0,00
Jordtrykk (vannside), Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		162,78	311,77
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	-16,28		-136,04
Poretrykk (jf. fig.2)	121,36		749,64
Enhetslaster	0,00	0,00	0,00
SUM	-636,55	162,78	-2256,23

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	2,54 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	3,54 > B/6	Stabil!

Stabilitetskontroll - Dam med drenasje

Prosjekt: Nøkle vann - H = 5,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

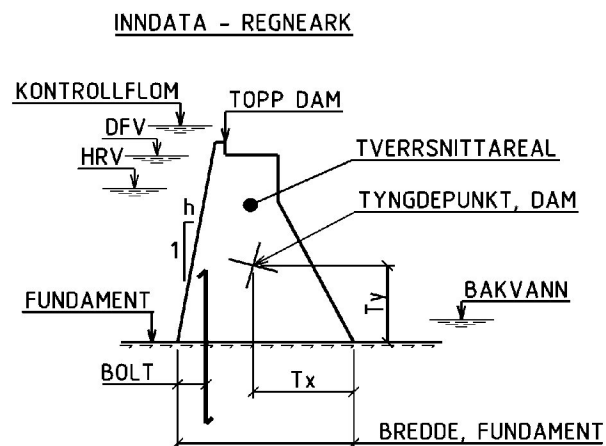
1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for murdammer, utgave 2

Forutsetninger

Tyngdetetthet, dam	17,7 kN/m ³
Tyngdetetthet, vann	9,8 kN/m ³
Tyngdetetthet, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykkskoeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,40
Fjellbolt, kapasitet	180 N/mm ²
Bolte diameter	0 mm
Areal bolt	0 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,00 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, nedstrøms tå	159,33 m.o.h.
Nivå fundament, oppstrøms side	159,33 m.o.h.
Nivå topp dam	164,83 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	159,33 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	41,90 m ²
Tyngdepunkt dam - horisontal arm (= Tx - jf. figur)	4,29 m
Bredde av fundament	8,55 m
Segmentbredde	1,00 m
Damhøyde over nedstrøms tå	5,50 m
Helning, oppstrøms side (=x -jf. figur)	0,10



Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Drenasjeplan fra vannside	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	1,19 m	
	Statisk vanntrykk	4,74 m	0,00 m		Ikke bakvann
	Overtopping	0,00 m			Ingen overtopping

INNDATA - JORDSKJELV

Jordskjelv			Kommentar
Tyngdepunkt dam - vertikal arm (= Ty - jf. figur)		2,55 m	
Høyde på brytning		0,30 m	Settes=0 når dammen ikke har brytning.
Akslerasjon (a_g) - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	0,55 m/s ²	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1, figur NA.3 (901 og 902)
Seismisk trykklaster ved skrå vannside (C_s)		0,69 (= 0,73 ved vertikal vannside)	Se Norconsult notat, figur 2 og 3
Seismisk faktor, γ_1 - Ulykkeslast; Returperiode:	475 år	2,00 = 2 (jf. Eurokode 8 - del 1)	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1 (NS-EN 1998-1:2004/NA:2008)

KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel:

Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.

Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.

Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet pr. løpemeter dam

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Fjellbolt, kapasitet		- Ikke fjellbolter		0,00	0,00
Egenvekt, dam		-741,63		4,29	-3181,59
Jordtrykk (vannside), Horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V1			110,09	1,58	173,94
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V2			0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1: V3		-11,01		8,39	-92,39
Poretrykk (jf. fig.2)	P1	0,00		4,28	0,00
	P2	36,70		8,06	295,64
	P3	57,02		4,91	279,97
Enhetslaster	Last X1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X3	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Last X5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum enhetslaster		0,00	0,00		0,00
SUM LASTER OG MOMENT		-658,92	110,09		-2524,43

Kommentar:

- Last X3, X4 og X5 er forutsatt å ikke ha egenvekt (f.eks. bolter). Dette innebærer at lasten ikke er påvirket av seismisk akselerasjon.

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

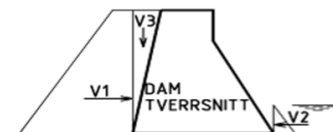


Fig 1: Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

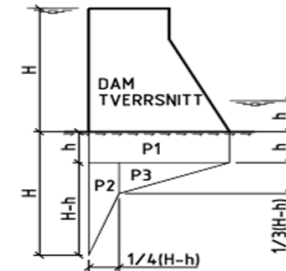


Fig 2 Poretrykk, Tørrmurt dam

JORDSKJELV - KREFTER OG MOMENT

Forutsetninger:

1. Kvasistatisk analyse i samsvar med Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie".
2. Beregninger gjennomføres for vannstand ved HRV uten istrykk. Ved is i magasinet antas at isen sprekker opp, slik at istrykk ikke er relevant.
3. Poretrykk endres ikke under jordskjelv ettersom sjokkbølgene antas å forplante seg raskere enn et eventuelt poretrykk. Normal frekvens for jordskjelv er i området 1 - 10 Hz.
4. Massekrefter fra jord og vertikal vannlast beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.
5. Bestemmelser i Eurokode 8 benyttes der kombinasjon av lastvirkninger ikke harmonerer med NVEs retningslinje for laster og dimensjonering.

Horizontal normalisert elastisk responsspekter (S_{oh}) - Jordskjelv			
Snitthøyde, dam	Elastisitetsmodul	Frekvens	Egensvingeperiode
H	E	$f = \sqrt{E/(0,012 \cdot H)}$	$T = 1/f$
m	GN/m ²	Hz	sek
5,20	20,00	71,67	0,0140

Dimensjonerende seismisk akselerasjon	
Horisontalt:	$S_{hd} = \gamma_1 a_g (2 + 55 T) / 3,75$ når $0 < T \leq 0,1$ $S_{hd} = 2 \gamma_1 a_g$ når $0,1 < T \leq 0,25$
Vertikalt:	$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ $T = 0$

Tilleggslast fra vanntrykk (Pvx)								
Grensetilstand	Horizontal seismisk akselerasjon S_{hd} m/s ²	Vanndybde z_{max} m	Gravitasjon g m/s ²	Egenvekt, vann γ kN/m ³	Seismisk trykkfaktor C_e (se Norconsult notat, figur s. 8)	Seismisk tilleggslast, vann $Pvx = 0,66 C_e S_{hd} z_{max}^2 \gamma / g$ kN	Momentarm Arm=0,4 $\cdot z_{max}$ m	Moment kNm
Ulykkesgrense	0,81	4,74	9,80	9,80	0,69	8,32	1,90	15,77

Tilleggslast fra dam (Pm)									
Grensetilstand	Vekt av dam m Tonn	Horizontal tilleggslast fra dam (Pmx)				Redusert egenvekt av dam (Pmz)			
		Horizontal akselerasjon S_{hd} m/s ²	Horisontal last $Pmx = S_{hd} m$ kN	Arm Ty m	Moment kNm	Vertikal akselerasjon $S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$ m/s ²	Redusert vekt $Pmz = S_{vd} m$ kN	Arm Tx m	Moment kNm
Ulykkesgrense	75,68	0,81	61,43	2,55	156,65	0,35	26,64	4,29	114,28

Andre seismiske laster	Grensetilstand	Horisontalt (Px)					Vertikalt (Pz)				
		Akselerasjon S _{hd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN	Arm m	Moment kNm	Akselerasjon S _{vd} m/s ²	Vekt m tonn	Last Px kN	Arm m	Moment kNm
Horisontalt jordtrykk ¹	Ulykkesgrense	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00					
Vannlast, skrå vannside	Ulykkesgrense						0,35	1,12	0,40	8,39	3,32
Last X1	Ulykkesgrense	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Last X2	Ulykkesgrense	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00

1) Jordtrykkkomponenten fra jordskjelv er antatt å virke 2/3 H over fundament, der H er høyden av jordfyllingen.

2) Enhetslast: Tilleggslast er antatt å være destabiliserende.

Sum tilleggslast fra dam og øvrige seismiske laster					
Grensetilstand	Returperiode	Horisontalt: $Pmx + \sum Px$		Vertikalt: $Pmz + \sum Pz$	
		H [kN]	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]
Ulykkesgrense	475 år	61,43	156,65	27,03	117,60

BEREGNING AV STABILITET

Kriterier for stabilitet

1. Sikkerhet mot glidning $\geq \Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Glidning Sikkerhet	Velting Resultantens plassering fra nedstrøms tå
Ulykkesgrense - Jordskjelv	$\geq 1,0$	≥ 0

Lastkombinasjoener, Jordskjelv

Kombinasjon A: $P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$ Kombinasjon B: $P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$

Ulykkesgrense - Jordskjelv	Kombinasjon A:			Kombinasjon B:		
	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$			$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$		
Bruddgrense: 475 år	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Sum laster og moment	-658,92	110,09	-2524,43	-658,92	110,09	-2524,43
Fjellbolt, kapasitet	- Ikke fjellbolter		0,00	- Ikke fjellbolter		0,00
Seismisk tilleggslast, vanntrykk (Pv)		8,32	15,77		8,32	15,77
Horizontal tilleggslast (Pmx + Px)		61,43	156,65		18,43	47,00
Vertikal tilleggslast (Pmz + Pz)		8,11	35,28		27,03	117,60
SUM	-650,81	179,84	-2316,72	-631,89	136,84	-2344,06
STABILITET	Glidning - Sikkerhet	2,35 >1,1	Stabil!	3,00 >1,1	Stabil!	
	Velting - Resultant	3,56 >B/6	Stabil!	3,71 >B/6	Stabil!	

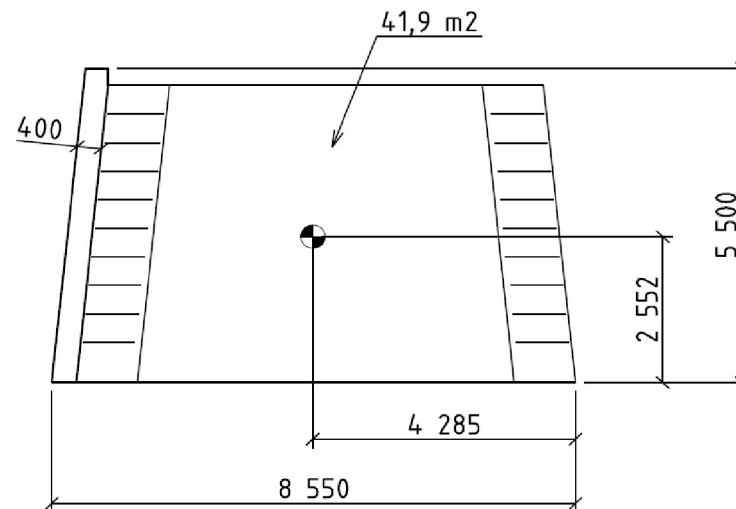
Stabilitetskontroll - Tørrmurt dam

Prosjekt: Nøkle vann - H = 5,5 m
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Forutsetninger, dam

Damhøyde:	5,50 m
Tyngdetetthet, dam	17,7 kN/m ³
Fjellbolt, kapasitet	180 N/mm
Bolte diameter	0 mm
Bolt, plassering - avst. fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,00 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α	0 °
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Drenert
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

INNDATA - REGNEARK



Stabilitetskontroll - Massiv betongdam

Prosjekt: Nøklevann - Inntaksseksjon eksisterende dam
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3
 Damhøyde (m): 9,8

Kontroll av stabilitet gjennomført i samsvar med :

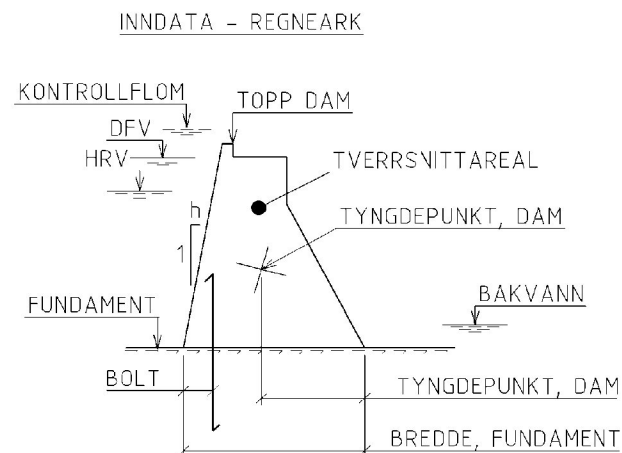
1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. NVEs retningslinje for betongdammer, utgave 2
4. Skriv fra NVE datert 6. desember 2012 med nye stabilitetskriterier vedr. kontroll med fjellbolter.

Forutsetninger

Egenvekt, dam	21 kN/m ³
Egenvekt, vann	9,8 kN/m ³
Egenvekt, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykks koeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,33
Istrykk	100,0 kN/m
Fjellbolt, kapasitet - Ikke fjellbolter	180 N/mm ²
Bolte diameter	0 mm
Areal bolt	0 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Andel av bolter som ikke er virksomme (prosent)	10 %
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi+\alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	$c=0$
Poretrykk i trykksonen	Lineært avtagende
DFV, Dimensjonerende flom (Qdim)	Q1000
Ulykkesflom	PMF
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, oppstrøms side	155,00 m.o.h.
Nivå topp dam	164,81 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	155,00 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	119,30 m ²
Tyngdepunkt damtverrsnitt - avstand fra nedstrøms tå	7,84 m
Bredde av fundament	14,57 m
Segmentbredde	2,40 m
Nivå fundament, nedstrøms tå	155,00 m.o.h.
Damhøyde over nedstrøms tå	9,81 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,00



Flomsituasjon		Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	Ikke bakvann Ingen overtopping
	Statisk vanntrykk	9,07 m	0,00 m	
	Overtopping	0,00 m		
DFV Q1000	Vannstand, nivå	164,81 m.o.h.	0,00 m.o.h.	Ikke bakvann Ingen overtopping
	Statisk vanntrykk	9,81 m	0,00 m	
	Overtopping	0,00 m		
Ulykkesflom PMF	Vannstand, nivå	165,10 m.o.h.	0,00 m.o.h.	Ikke bakvann Overtopping
	Statisk vanntrykk	10,10 m	0,00 m	
	Overtopping	0,29 m		

KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel: Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.
 Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.
 Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.
 Last og moment beregnet for segmentbredde = 2,40

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Poretrykk	Lastsituasjon				
	HRV P1	0,00		7,29	0,00
	HRV P2	6086,82		9,71	59123,35
	DFV P1	0,00		7,29	0,00
	DFV P2	6583,43		9,71	63947,09
	Ulykkesflom P1	0,00		7,29	0,00
	Ulykkesflom P2	6778,05		9,71	65837,47
	Ulykkesflom P1	0,00		7,29	0,00
	Ulykkesflom P2	6778,05		10,93	74067,16
	Ulykkesflom P3	3389,03		4,86	16459,37
Resultanten i 1/6 punkt (jf. fig.3)	DFV P1	0,00		7,29	0,00
	DFV P2	9875,15		9,11	89925,60
	DFV P3	1645,86		2,43	3996,69
	DFV P2	13166,87		7,29	95920,63
Fult poretrykk	Ulykkesflom P2	13556,10		7,29	98756,21
Islast			240,00	8,82	2116,80
Fjellbolter		- Ikke fjellbolter		0,00	0,00
Egenvekt, dam	Alle	-6012,72		7,84	-47139,72
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt	Alle		0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	Alle	0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1	HRV		967,44	3,02	2924,88
	DFV		1131,74	3,27	3700,78
	Ulykkesflom		1198,65	3,36	4028,98
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2	HRV		0,00	0,00	0,00
	DFV		0,00	0,00	0,00
	Ulykkesflom		0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	HRV	0,00		14,57	0,00
	DFV	0,00		14,57	0,00
	Ulykkesflom	0,00		14,57	0,00
Enhetslaster					
Last X1	HRV				0,00
	DFV				0,00
	Ulykkesflom				0,00
Egenvekt front	Alle	-3601,50		12,92	-46531,38
Egenvekt innvendig vegg	Alle	-2793,00		9,37	-26170,41
Egenvekt nedstrøms vegg	Alle	-3880,80		2,83	-10982,66
Egenvekt gjenstøpt felleskammer	Alle	-1675,80		10,97	-18383,53
Sum enhetslaster	HRV	-11951,10	0,00		-102067,98
	DFV	-11951,10	0,00		-102067,98
	Ulykkesflom	-11951,10	0,00		-102067,98
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK OG ENHETSLASTER	HRV	-17963,82	967,44		-146282,83
	DFV	-17963,82	1131,74		-145506,93
	Ulykkesflom	-17963,82	1198,65		-145178,72

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

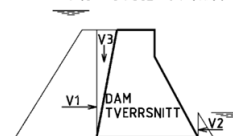


Fig 1 Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

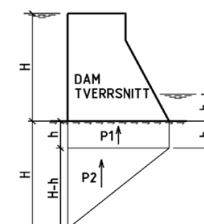


Fig 2 Poretrykk - Resultanten i 1/3-punktet

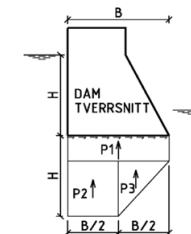


Fig 3 Poretrykk - Resultanten i 1/6-punktet

BEREGNING AV STABILITET

Lastsituasjon: HRV + istrykk	Bruddgrense		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-6012,72		-47139,72
Islast		240,00	2116,80
Fjellbolter	- Ikke fjellbolter		0,00
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		967,44	2924,88
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	0,00		0,00
Poretrykk	6086,82		59123,35
Enhetslaster	-11951,10	0,00	-102067,98
SUM	-11877,00	1207,44	-85042,67

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	6,39 > 1,5	Stabil!
	Velting - Resultant	7,16 > B/3	Stabil!

Kriterier for stabilitet*

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning

2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet*	Velting		Glidning
	Resultantens plassering	Resultantens plassering	
	Krav	(m)	Sikkerhet
Bruddgrense: HRV + istrykk	1/3B	4,86	1,5
Bruddgrense: DFV	1/3B	4,86	1,5
Ulykkesgrense: DFV uten bolter	1/12B	1,21	1,1
Ulykkesgrense: Ulykkesflom	1/6B	2,43	1,1

* Kriterier for stabilitet samsvarer med skriv fra NVE datert 6. desember 2012, som erstatter kriterier gitt i NVEs retningslinje for betongdammer, utgave 2.

Lastsituasjon: DFV Q1000	Bruddgrense: DFV			Ulykkesgrense: DFV uten bolter		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-6012,72		-47139,72	-6012,72		-47139,72
Fjellbolter	- Ikke fjellbolter		0,00			
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		1131,74	3700,78		1131,74	3700,78
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	0,00		0,00	0,00		0,00
Poretrykk	6583,43		63947,09	11521,01		93922,29
Enhetslaster	-11951,10	0,00	-102067,98	-11951,10	0,00	-102067,98
SUM	-11380,39	1131,74	-81559,84	-6442,81	1131,74	-51584,64

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	6,53 > 1,5	Stabil!	3,70 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	7,17 > B/3	Stabil!	8,01 > B/12	Stabil!

Lastsituasjon: Ulykkesflom PMF	Ulykkesgrense: Ulykkesflom		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Egenvekt, dam	-6012,72		-47139,72
Fjellbolter	- Ikke fjellbolter		0,00
Jordtrykk mot vannside - Horisontalt		0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside	0,00		0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V1		1198,65	4028,98
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1; V2		0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1; V3	0,00		0,00
Poretrykk	10167,08		90526,53
Enhetslaster	-11951,10	0,00	-102067,98
SUM	-7796,74	1198,65	-54652,20

STABILITET	Glidning - Sikkerhet	4,22 > 1,1	Stabil!
	Velting - Resultant	7,01 > B/6	Stabil!

Stabilitetskontroll - Massiv betongdam, Jordskjelv

Prosjekt: Nøkle vann - Inntaksseksjon eksisterende dam
 Prosjekt nr.: 5136733
 Konsekvensklasse: 3

Kontroll av jordskjelv er gjennomført i samsvar med :

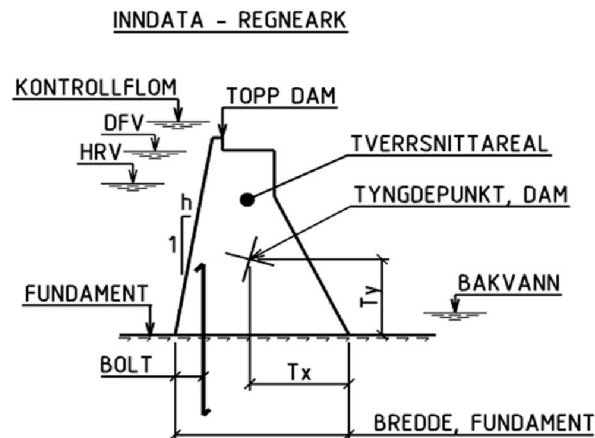
1. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg
2. NVEs retningslinje for laster og dimensjonering, utgave 2
3. Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie", revidert mars 2011.

Forutsetninger

Egenvekt, dam	21 kN/m ³
Egenvekt, vann	9,8 kN/m ³
Egenvekt, løsmasser	20 kN/m ³
Jordtrykks koeffisient (Aktivt jordtrykk mot vannside)	0,33
Fjellbolt, kapasitet - Ikke fjellbolter	180 N/mm
Bolte diameter	0 mm
Areal bolt	0 mm ²
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,3 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (positiv ved helning mot magasinet)	0 °
$\tan(\phi + \alpha)$	0,65
Kohesjon er ikke medregnet	$c = 0$
Poretrykk i trykksonen	Linjert avtagende
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

Dimensjoner, dam

Nivå fundament, nedstrøms tå	155,00 m.o.h.
Nivå fundament, oppstrøms side	155,00 m.o.h.
Nivå topp dam	164,81 m.o.h.
Nivå løsmasser, oppstrøms side	155,00 m.o.h.
Tverrsnitt, Areal	119,30 m ²
Tyngdepunkt, damtverrsnitt (= T_x , jf. figur)	7,84 m
Bredde av fundament	14,57 m
Segmentbredde	2,40 m
Damhøyde over nedstrøms tå	9,81 m
Helning, oppstrøms side (=h -jf. figur)	0,00



Flomsituasjon	Vannstand	Oppstrøms vannstand	Nedstrøms vannstand	Kommentar
HRV	Vannstand, nivå	164,07 m.o.h.	0,00 m.o.h.	
	Statisk vanntrykk	9,07 m	0,00 m	Ikke bakvann
	Overtopping	0,00 m		Ingen overtopping

INNDATA - JORDSKJELV

Jordskjelv			Kommentar
Tyngdepunkt dam - vertikal arm (= T_y - jf. figur)		4,44 m	
Høyde på brystning		0,00 m	Settes = 0 når dammen ikke har brystning
Akslerasjon (a_g) - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	0,55 m/s ²	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1, Figur NA.3 (901 og 902)
Seismisk trykklfaktor ved skrå vannside (C_a)		0,73 = 0,73 ved vertikal vannside.	Fra Norconsult notat, figur 2 og 3
Seismisk faktor, γ_1 - Ulykkeslast. Returperiode:	475 år	2,00 = 2 (jf. Eurokode 8 - del 1)	Jf. Nasjonalt tillegg til Eurokode 8, del 1 (NS-EN 1998-1:2004/NA:2008)

KREFTER OG MOMENT

Fortegnsregel:

Vertikal last: +ve ved oppadrettet last.

Horizontal last: +ve ved last som virker mot nedstrøms side.

Moment: +ve ved de-stabiliserende moment. Moment regnes om nedstrøms tå.

Last og moment beregnet for segmentbredde = 2,40

LASTER		Vertikal last kN	Horizontal last kN	Momentarm m	Moment kNm
Poretrykk					
Fult poretrykk	P1	0,00		7,29	0,00
	P2	12173,65		7,29	88685,03
Fjellbolter					
- Ikke fjellbolter				0,00	0,00
Egenvekt, dam		-6012,72		7,84	-47139,72
Jordtrykk mot vannside - horisontalt			0,00	0,00	0,00
Vertikalt jordtrykk mot skrå vannside		0,00		0,00	0,00
Oppstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V1			967,44	3,02	2924,88
Nedstrøms vanntrykk, Horisontalt- fig.1: V2			0,00	0,00	0,00
Vertikal vanntrykk, skrå vannside- fig.1: V3		0,00		14,57	0,00
Enhetslaster	Last X1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Egenvekt front	-3601,50	0,00	12,92	-46531,38
	Egenvekt innvendig vegg Se kommentar under	-2793,00	0,00	9,37	-26170,41
	Egenvekt nedstrøms vegg Se kommentar under	-3880,80	0,00	2,83	-10982,66
	Egenvekt gjenstøpt felleska Se kommentar under	-1675,80	0,00	10,97	-18383,53
Sum enhetslaster		-11951,10	0,00		-102067,98
SUM EGENVEKT, JORDTRYKK, VANNTRYKK OG ENHETSLASTER		-17963,82	967,44		-146282,83

Kommentar:

- Last X3, X4 og X5 er forutsatt å ikke ha egenvekt (f.eks. bolter). Dette innebærer at lasten ikke er påvirket av seimisk akselerasjon.

PRINSIPPSKISSE FOR VANNTRYKK

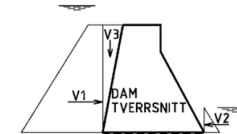


Fig 1: Vannlast mot dammen

PRINSIPPSKISSER FOR PORETRYKK

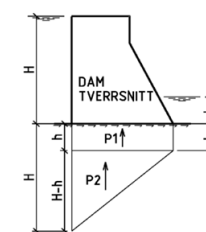


Fig 2: Poretrykk - Resultanten i 1/3-punktet

JORDSKJELV - KREFTER OG MOMENT

Forutsetninger:

1. Kvasistatisk analyse i samsvar med Eurokode 8 og Norconsult notat: "Seismiske krefter på dam - Dimensjoneringskriterie".
2. Beregninger gjennomføres for vannstand ved HRV uten istrykk. Ved is i magasinet antas at denne sprekker opp slik at istrykk ikke er relevant.
3. Poretrykk endres ikke under jordskjelv ettersom sjokkbølgene antas å forplante seg raskere enn et eventuelt poretrykk. Normal frekvens for jordskjelv er i området 1 - 10 Hz.
4. Massekrefter fra jord og vertikal vannlast beregnes på samme måte som for massekrefter i dammen.
5. Bestemmelser i Eurokode 8 benyttes der kombinasjon av lastvirkninger ikke harmonerer med NVEs retningslinje for laster og dimensjonering.

Egensvingeperiode for dam			
Snitthøyde, dam	Elastisitetsmodul	Frekvens	Egensvingeperiode
H	E	$f = \sqrt{E/(0,012 \cdot H)}$	$T = 1/f$
m	GN/m ²	Hz	sek
9,81	20,00	37,99	0,0263

Dimensjonerende seismisk akselerasjon			
Horisontalt:	$S_{hd} = \gamma_1 a_g (2 + 55 T) / 3,75$	når $0 < T \leq 0,1$	
	$S_{hd} = 2 \gamma_1 a_g$	når $0,1 < T \leq 0,25$	
Vertikalt:	$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$	$T = 0$	

Tilleggslast fra vanntrykk (Pvx)								
Grensetilstand	Horisontal seismisk akselerasjon	Vanntrykk	Gravitasjon	Egenvekt, vann	Seismisk trykkfaktor	Seismisk tilleggslast, vann	Momentarm	Moment
	S_{hd}	z_{max}	g	γ	C_e	$Pvx = 0,66 C_e S_d z_{max}^2 \gamma / g$	$Arm = 0,4 \cdot z_{max}$	
	m/s ²	m	m/s ²	kN/m ³	(se Norconsult notat, figur s. 8)	kN	m	kNm
Ulykkesgrense	1,01	9,07	9,80	9,80	0,73	96,20	3,63	349,03

Tilleggslast fra dam (Pm)									
Grensetilstand	Vekt av dam	Horisontal tilleggslast fra dam (Pmx)				Redusert egenvekt av dam (Pmz)			
		Horisontal akselerasjon	Horisontal last	Arm	Moment	Vertikal akselerasjon	Redusert vekt	Arm	Moment
	m	S_{hd}	$Pmx = S_{hd} m$	T_y		$S_{vd} = 0,32 \gamma_1 a_g$	$Pmz = S_{vd} m$	T_x	
	Tonn	m/s ²	kN	m	kNm	m/s ²	kN	m	kNm
Ulykkesgrense	613,54	1,01	620,50	4,44	2755,03	0,35	215,97	7,84	1693,18

Andre seismiske laster	Grensetilstand	Horisontalt (Px)					Vertikalt (Pz)				
		Akselerasjon	Vekt	Last	Arm	Moment	Akselerasjon	Vekt	Last	Arm	Moment
		S_{hd}	m	Px	m	kNm	S_{vd}	m	Pz	m	kNm
		m/s ²	tonn	kN			m/s ²	tonn	kN		
Horisontalt jordtrykk ¹⁾	Ulykkesgrense	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00					
Vannlast, skrå vannside	Ulykkesgrense						0,35	0,00	0,00	14,57	0,00
Last X1	Ulykkesgrense	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Egenvekt front	Ulykkesgrense	1,01	0,00	0,00	12,92	0,00	0,35	-367,50	-129,36	12,92	-1671,33

1) Jordtrykkkomponenten fra jordskjelv er antatt å virke 2/3 H over fundament, der H er høyden av jordfyllingen.

2) Enhetslast: Tilleggslast er antatt å være destabiliserende.

Sum tilleggslast fra dam og øvrige seismiske laster					
Grensetilstand	Returperiode	Horisontalt: $Pmx + \sum Px$		Vertikalt: $Pmz + \sum Pz$	
		H [kN]	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]
Ulykkesgrense	475 år	620,50	2755,03	86,61	21,85

BEREGNING AV STABILITET**Kriterier for stabilitet**

1. Sikkerhet mot glidning = $\Sigma V \tan(\phi + \alpha) / \Sigma H$, der ϕ friksjonsvinkelen og α er fundamenthelning
2. Sikkerhet mot velting er gitt ved resultantens plassering i fra nedstrøms damtå

Kriterier for stabilitet	Glidning Sikkerhet	Velting Resultantens plassering fra nedstrøms tå
Ulykkesgrense - Jordskjelv	$\geq 1,0$	≥ 0

Lastkombinasjoener, Jordskjelv

Kombinasjon A:	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$
Kombinasjon B:	$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$

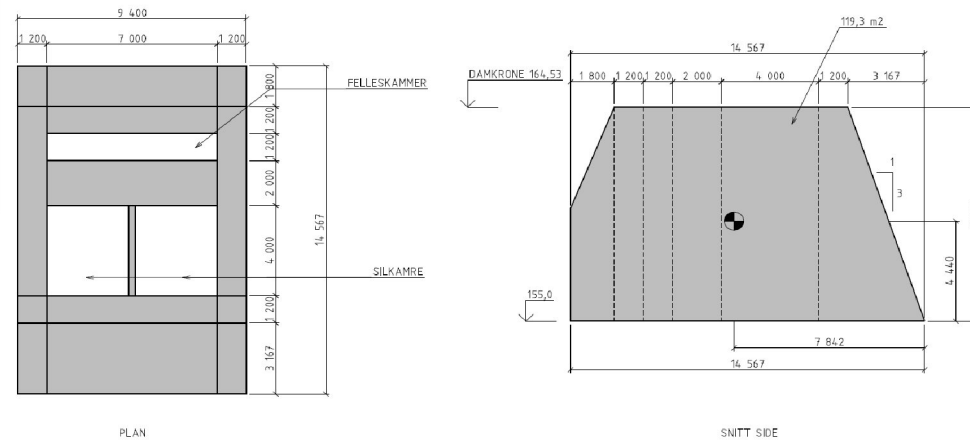
Ulykkesgrense - Jordskjelv Returperiode 475 år	Kombinasjon A:			Kombinasjon B:		
	$P_v + P_{mx} + \Sigma P_x + 0,3^*(P_{mz} + \Sigma P_z)$			$P_v + 0,3^*(P_{mx} + \Sigma P_x) + P_{mz} + \Sigma P_z$		
	V [kN]	H [kN]	M [kNm]	V [kN]	H [kN]	M [kNm]
Poretrykk	12173,65		88685,03	12173,65		88685,03
Fjellbolter	- Ikke fjellbolter		0,00	- Ikke fjellbolter		0,00
Sum egenvekt, enhetslaster, vann- og jordtrykk	-17963,82	967,44	-146282,83	-17963,82	967,44	-146282,83
Seismisk tilleggslast, vanntrykk (Pv)		96,20	349,03		96,20	349,03
Horizontal tilleggslast (Pmx + Px)		620,50	2755,03		186,15	826,51
Vertikal tilleggslast (Pmz + Pz)	25,98		6,56	86,61		21,85
SUM	-5764,19	1684,14	-54487,18	-5703,56	1249,79	-56400,41
STABILITET	Glidning - Sikkerhet	2,22 >1,1	Stabil!	2,96 >1,1	Stabil!	
	Velting - Resultant	9,45 >B/6	Stabil!	9,89 >B/6	Stabil!	

Stabilitetskontroll - Massiv betongdam

Prosjekt:	Nøkle vann - Inntaksseksjon eksisterende dam
Prosjekt nr.:	5136733
Konsekvensklasse:	3

Forutsetninger, dam

Damhøyde:	9,81 m
Tyngdetetthet, dam	21 kN/m ³
Fjellbolt, kapasitet - Ikke fjellbolter	180 N/mm
Boltediameter	0 mm
Bolt, plassering - avstand fra oppstrøms side	0,30 m
Bolteavstand	0,50 m
Friksjonsvinkel, ϕ	33 °
Fundament helning, α (+ve mot magasinet)	0 °
Kohesjon er ikke medregnet	c=0
Poretrykk	Lineært avtagende
Materialfaktor og lastfaktor er satt lik 1,0	1,00

INNDATA - REGNEARK

Forankring av fjellbolter

jf. vedlegg til NVEs retningslinje for betongdammer, utgave 2

Prosjekt: Dam Nøkle vann

Prosjekt nr.: 5136733

Forankringslengde = $D + L/2$ der L = Inngysningslengde
 D = Forankringsdybde (motholdt fjellvekt)

Hvite tallfelt i regnearket fylles ut

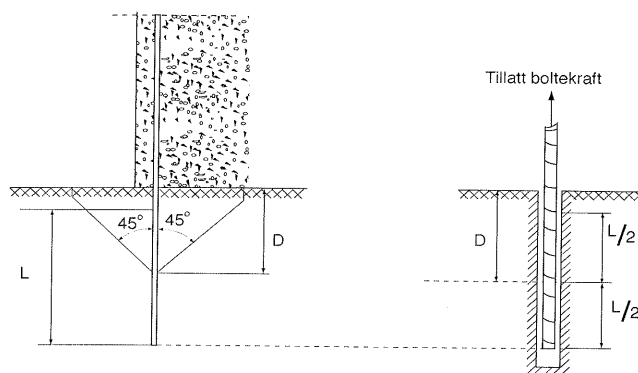
Forutsetninger:

Egenvekt av fjell (kN/m ³):	26,0	
Boltediameter (mm):	32,0	
Bolteareal (mm ²):	804,2	
Borhulldiameter (mm)	42,0	(- Boltediameter + 10mm)
Flytspenning 1 (N/mm ²)	400,0	(- Forutsatt strekkfasthet for beregning av L)
Flytspenning 2 (N/mm ²)	180,0	(- Forutsatt strekkfasthet for beregning av D)
Karakteristisk heft, stål/mørtel (N/mm ²)	3,0	
Karakteristisk heft, mørtel/fjell (N/mm ²)	2,0	(- Jf. tabell i retningslinje for betongdammer)
Materialfaktor	2,0	(- Krav = 2, jf. vedlegg til NVEs retningslinje)
Dim. heft, stål/mørtel (N/mm ²)	1,5	
Dim. heft, mørtel/fjell (N/mm ²)	1,0	

Beregnet inngysningslengde	Inngysningslengdes (L) - Største verdi av L ₁ og L ₂ (mm)
L ₁ - Heft - bolt/mørtel, (mm)	2133,3
L ₂ - Heft - fjell/mørte (mm)	2438,1

Forankringslengde	Bolte- avstand* c/c (mm)	D (mm)	Dimensjonerende forankringslengde D + L/2 (m)	Benyttet forankringslengde (m)	Maksimum bolteavstand* (m)
Senteravstand, bolter (mm):	500,0	3337,0	4,6	4,6	1,5
Senteravstand, bolter (mm):	750,0	2724,7	3,9	3,9	1,5
Senteravstand, bolter (mm):	900,0	2487,3	3,7	3,7	1,5
Senteravstand, bolter (mm):	1000,0	2359,6	3,6	3,6	1,5

* Maksimum bolteavstand er 1,5 m eller D tan 45

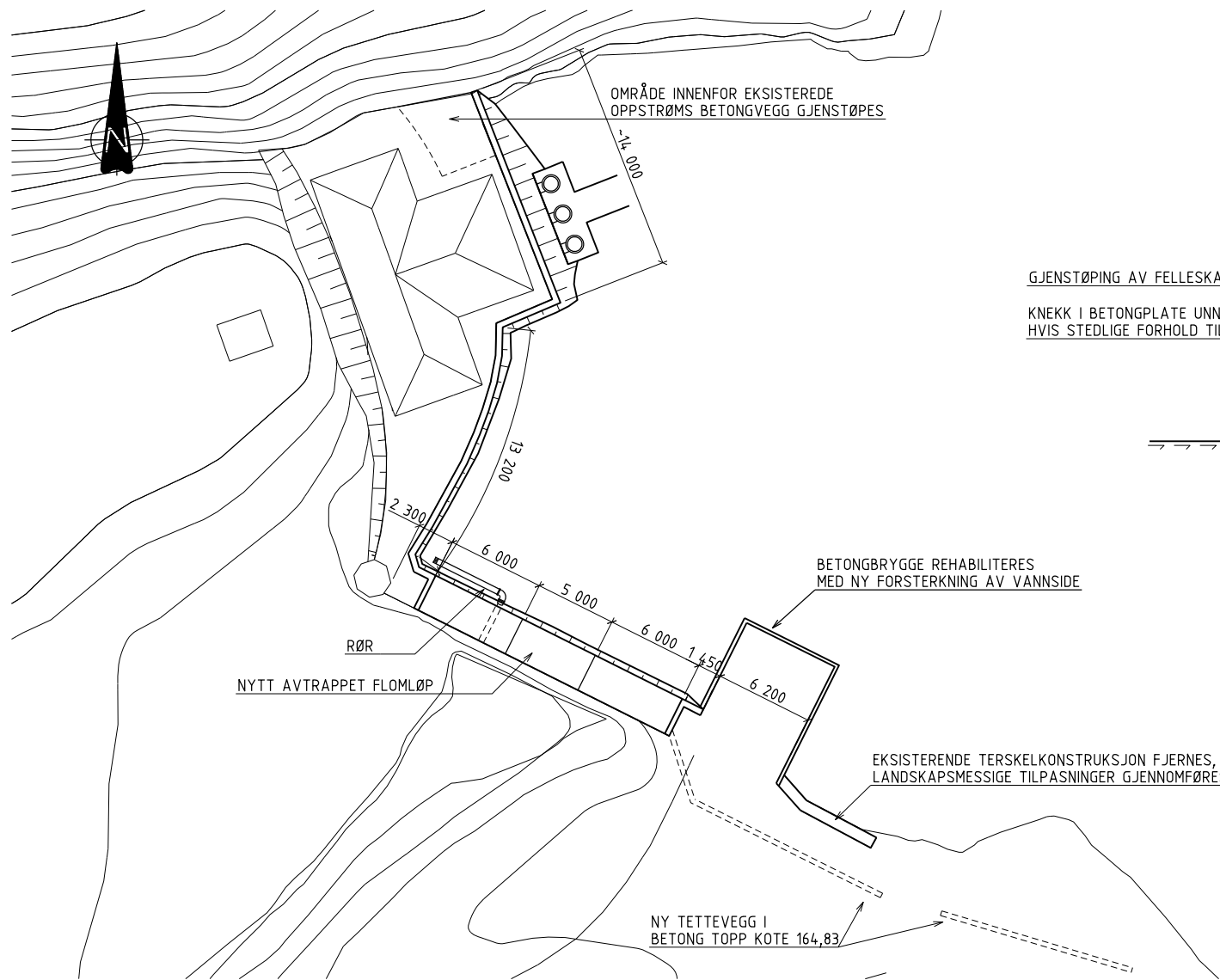


Figur: Sammenheng mellom L og D

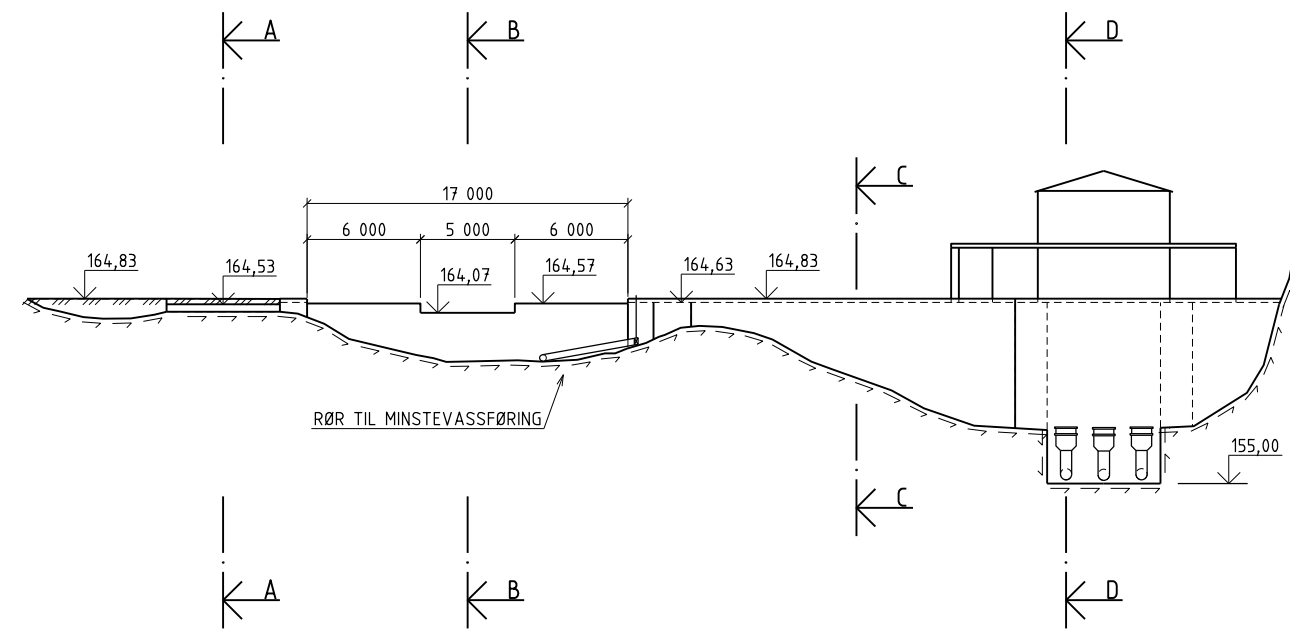
Vedlegg 5

Tegninger

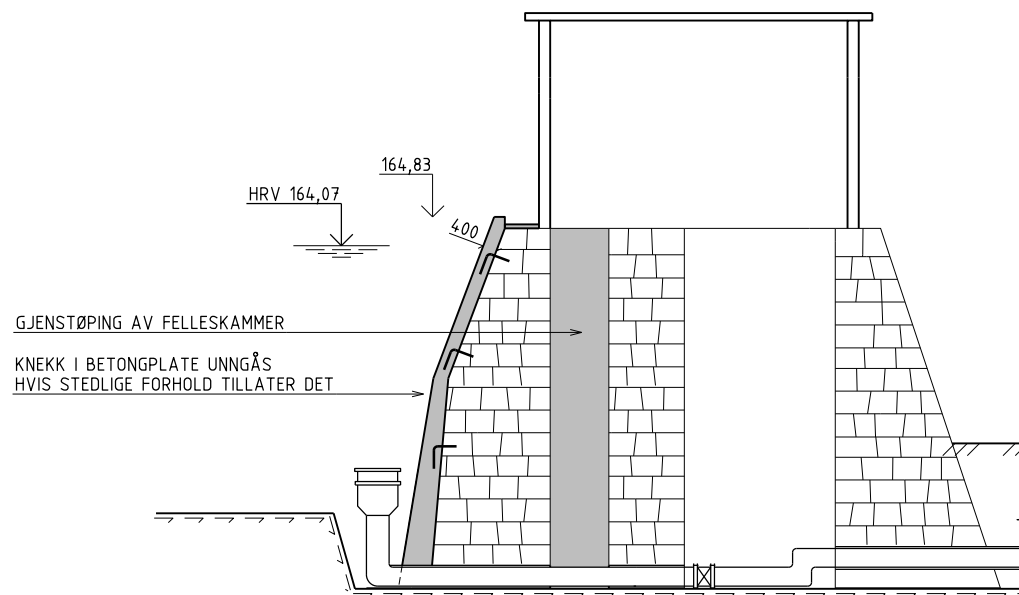
Oppdrag - M:\DAK\Byggeteknik\Arkiv\001\plan_og_oppriss\01\Nøkle vann plan.dgn;Nøkle vann_kart.dgn
Oppdragsnr - M:\DAK\Byggeteknik\Arkiv\001\plan_og_oppriss\01 - arkla - 13.03.15 - 10.38.48 -Mod Ark - Ref: 001\plan_og_oppriss\01\Nøkle vann plan.dgn;Nøkle vann_kart.dgn



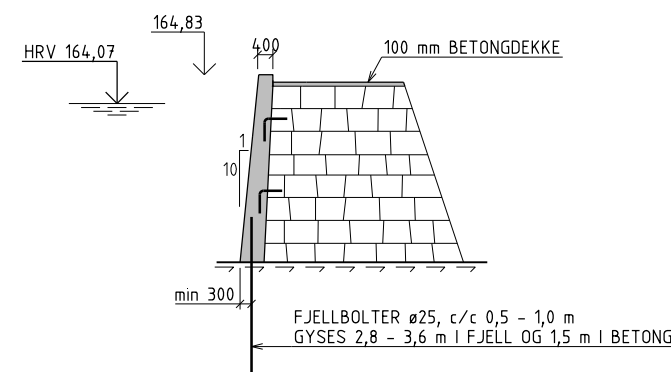
PLAN
1:200



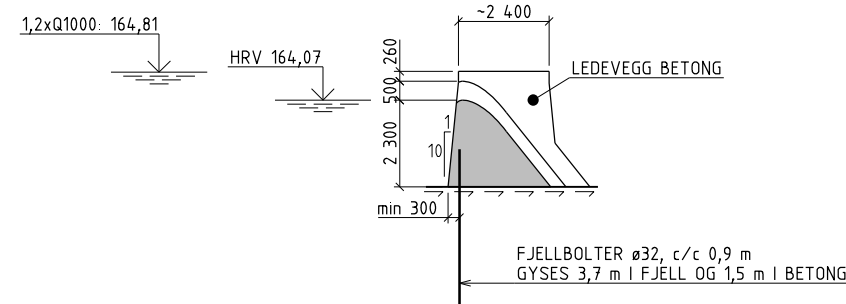
OPPRISS VANNSIDE
1:200



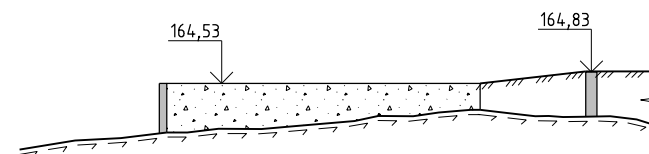
SNITT D-D
1:100



SNITT C-C
1:100



SNITT B-B
1:100



SNITT A-A
1:100

FORKLARINGER:

ANVISNINGER:

HENVISNINGER:

- TEGNING NR 064 (DAM NØKLEVANN)
- TEGNING NR A3 1188 (DAMARRANGEMENT FOR NØKLEVAND)



E02	2015-03-12	For godkjenning hos myndigheter	olkla	KOR	olkla
D01	2015-03-03	For godkjenning hos oppdragsgiver	olkla	JF	KOR
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

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.

OSLO KOMMUNE - VAV
SOM VIST

DAM NØKLEVANN
OMBYGGING DAM
PLAN, OPPRISS OG SNITT

Norconsult	Oppdragsnummer 5136733	Tegningsnummer 001	Revisjon E02
------------	---------------------------	-----------------------	-----------------



Norconsult 	Oppdragsnummer 5136733	Tegningsnummer 002	Revisjon E02
---	----------------------------------	------------------------------	------------------------