

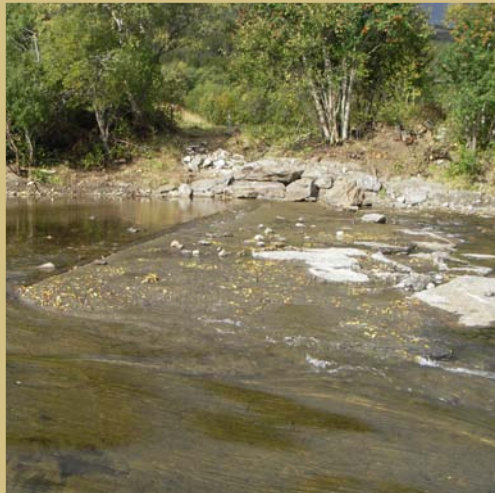
Små dammer

Veileder for planlegging, bygging og vedlikehold

Grethe Holm Midttømme (red.)

2
2006

V
E
I
L
E
D
E
R



Små dammer.

Veileder for planlegging, bygging og vedlikehold.

Veileder nr 2/2006

Små dammer. Veileder i planlegging, bygging og vedlikehold.

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Grethe Holm Midttømme

Forfatter:

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 150

Forsidefoto: Fyllingsdammer: Jens Thom (Djupen) og Dag Bachke (Klokkavatn), NVE
Løsmasseterskel (Kvikne): Arnt Bjøru, NVE
Betongdam (Tunga): Grethe Holm Midttømme, NVE

ISSN 1501-0678

Sammendrag: Veilederen gir en enkel orientering om hvordan små dammer, som ikke omfattes av forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg, bør planlegges, bygges og holdes vedlike. Den beskriver løsninger som gir en rimelig sikkerhet mot brudd eller skader, og sikrer at dammene kan stå i svært lang tid med minst mulig vedlikehold. Det er også tatt hensyn til at de konstruksjoner og utførelser som velges ikke bør være unødvendig kostbare.

Hovedfokus er planlegging, valg av damtype, utførelse, tilsyn, reparasjon og vedlikehold av små dammer. Det er også gitt en orientering om aktuelt regelverk og nedlegging av dammer, samt beskrivelser av en del brudd på mindre dammer for å illustrere hvilke konsekvenser dameier kan bli stilt ansvarlig for.

Emneord: Veileder, små dammer (demning)

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2006

Innhold

Forord	6
Sammendrag	7
1 Generell orientering.....	8
1.1 Historikk	8
1.2 Formålet med veilederen	8
1.3 Generelt om dameiers ansvar	8
1.4 Hvilke dammer veilederen gjelder for.....	10
1.5 Lover og forskrifter	10
1.5.1 Konesesjonsplikt	10
1.5.2 Vurdering av bruddkonsekvenser og damklasse	10
1.5.3 Krav til vedlikehold, sikringstiltak mv	12
2 Grunnlag for planleggingen.....	13
2.1 Generelt	13
2.2 Egen planlegging og/eller bruk av rådgivere	13
2.3 Nødvendig grunnlagsmateriale	13
2.3.1 Vannbehov og magasin størrelse.....	13
2.3.2 Kart og profiler.....	14
2.3.3 Avløpsdata for nedbørfeltet.....	14
2.3.4 Flomstørrelser og flomløpsdimensjoner	15
2.3.5 Vurdering av damsted og grunnforhold	21
2.4 Beskrivelse av løsmasser	23
2.4.1 Generelt.....	23
2.4.2 Torv og andre organiske masser.....	23
2.4.3 Blokk og stein	24
2.4.4 Grus.....	24
2.4.5 Sand	24
2.4.6 Silt	24
2.4.7 Leire	25
2.4.8 Morene	25
3 Aktuelle damtyper	29
3.1 Fyllingsdammer	29
3.2 Betongdammer	31
3.3 Terskeldammer	32
3.4 Bukkedammer	33
4 Fyllingsdammer	35
4.1 Generelt	35
4.2 Fyllingsdammer med tetningsmasser.....	35
4.2.1 Krav til damfundamentet	35
4.2.2 Grunnundersøkelser og bedømmelse av løsmasser	36
4.2.3 Dammens virkemåte og krav til massene i de enkelte sonene.....	37
4.2.3.1 Tetningsmasser	37
4.2.3.2 Godt drenerende masser	37

4.2.3.3	Filtermasser.....	38
4.2.3.4	Fiberduk.....	38
4.2.4	Utforming av damtverrsnittet	39
4.2.4.1	Oppstrøms skråning	43
4.2.4.2	Nedstrøms skråning	44
4.2.4.3	Dammens høyde	44
4.2.4.4	Toppen av dammen.....	45
4.2.5	Flomløp.....	45
4.2.5.1	Arrangement av flomløp	45
4.2.5.2	Tilløpsparti	46
4.2.5.3	Overløpsterskel	46
4.2.5.4	Avløp fra overløpsterskel til elveleie	48
4.2.5.5	Avløpsgrøft i fjell	48
4.2.5.6	Avløpskanal i løsmasser.....	50
4.2.6	Gjennomløp	52
4.2.7	Byggearbeidet	57
4.2.7.1	Generelt.....	57
4.2.7.2	Tørrlegging av damstedet i byggetiden	57
4.2.7.3	Fundamentering	58
4.2.7.4	Fyllinger av godt drenerende masser	58
4.2.7.5	Fyllinger av tetningsmasser	59
4.2.7.6	Filtre.....	59
4.2.7.7	Skråningsvern.....	60
4.3	Fyllingsdammer med tetningsdekke	60
4.3.1	Generelt.....	60
4.3.2	Fundamentering	61
4.3.3	Støttefylling.....	61
4.3.4	Tetningsdekke av tre	61
4.3.5	Dekke med membrantetning	62
4.3.6	Gjennomløp	63
4.4	Fyllingsdammer med tetningsvegg inne i dammen	64
4.5	Flomverk (diker).....	65
5	Betongdammer.....	67
5.1	Generelt.....	67
5.2	Utforming av dammen	67
5.3	Gjennomløp	69
5.4	Betongkvalitet	69
5.5	Byggearbeidet	70
6	Terskeldammer	73
6.1	Generelt.....	73
6.2	Løsmasseterskler	73
6.2.1	Generelt.....	73
6.2.2	Fundamentet	74
6.2.3	Terskelens ytre mål	75
6.2.4	Terskelens oppbygging	75
6.2.5	Byggearbeidet	76

6.3	Betongterskler	78
6.4	Terskler av tre	78
6.5	Terskler av nettingkasser (gabioner)	79
7	Tilsyn, vedlikehold og reparasjon	80
7.1	Generelt	80
7.2	Fyllingsdammer	80
7.3	Betongdammer	82
7.4	Reparasjon og forsterkning av eldre dammer	82
7.4.1	Fyllingsdammer	83
7.4.2	Murdammer med mørteltetning	84
7.4.3	Murdammer med torvtetning	86
7.4.4	Flomløp	87
8	Nedlegging av dammer	88
9	Brudd på små dammer	89
	Litteratur	95

Forord

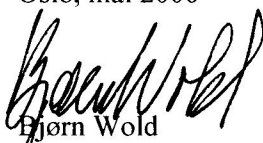
Denne veilederen gir råd om hvordan små dammer bør planlegges, bygges og holdes vedlike. Den gjelder for dammer opp til ca 4 m høyde med mindre magasiner som ikke er underlagt forskrifter om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Ved planlegging, bygging og vedlikehold av større dammer som ikke er underlagt forskriftene, bør dameier henvende seg til NVE-godkjente rådgivere for å få veiledning. Det samme gjelder for planlegging av dammer der fundamentforhold eller andre forhold gjør det vanskelig å velge beste tekniske løsning.

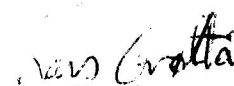
Veilederen ble utgitt første gang i 1982 og ble utarbeidet av datidens NVE – Vassdragsdirektoratet, med økonomisk og faglig bidrag fra flere bidragsyttere. Revisjonsarbeidet er utført av Lars-Evan Pettersson og Grethe Holm Midttømme. Dag K. Lindland og Øivind B. Andersen har bidratt med skanning og redigering av figurer.

Veilederen inneholdt opprinnelig en del henvisninger til, og omtale av, lover og forskrifter som ikke gjelder lenger. Disse delene av teksten er oppdatert, mens de tekniske avsnittene er beholdt så godt som uendret. Omfanget av henvisninger og omtale av regelverket er redusert, og det henvises i stedet til NVEs sider på Internett www.nve.no som holdes oppdatert til enhver tid. På NVEs nettsider finnes det også annet relevant veiledningsmaterieell og generell informasjon om dammer og damsikkerhet som kan være et supplement til denne veilederen.

Det er planer om å gjennomføre en større revisjon av veilederen etter at den har vært i bruk en periode. Denne utgaven blir derfor bare trykket opp i et begrenset opplag og gjort tilgjengelig på Internett i første omgang. Eventuelle kommentarer til innholdet er velkomne og kan sendes til nve@nve.no (merk e-posten med "Veileder for små dammer"). Vi er også takknemlige for tips om brudd på små dammer. All kunnskap om brudd på små dammer gir oss erfaringer som vi kan bruke i utvikling av denne veilederen og annet informasjonsmaterieell rettet mot eiere av små dammer.

Oslo, mai 2006


Bjørn Wold
avdelingsdirektør


Lars Grøttå
seksjonssjef

Sammendrag

Veilederen gir en enkel og lett forståelig orientering om hvordan små dammer, som ikke omfattes av forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg, bør planlegges, bygges og holdes vedlike. Det er lagt vekt på å beskrive løsninger som gir en rimelig sikkerhet mot brudd eller skader, og sikrer at dammene kan stå i svært lang tid med minst mulig vedlikehold. Det er også tatt hensyn til at de konstruksjoner og utførelser som velges ikke bør være unødvendig kostbare.

Etter lov om vassdrag og grunnvann med underliggende forskrifter er dameier ansvarlig for å vurdere hvilke konsekvenser et eventuelt brudd på dammen vil ha for mennesker, miljø og eiendom og legge fram forslag til plassering i konsekvensklasse for NVE. Dameier plikter også å gjøre en vurdering av om bygging av dammen berører allmenne interesser i en slik grad at tiltaket må ha konsesjon etter loven. Veilederen gir en orientering om bestemmelsene i vannressursloven og underliggende forskrifter mht vurdering av bruddkonsekvenser og berøring av allmenne interesser.

Veilederens hovedfokus er planlegging, valg av damtype, utførelse, tilsyn, reparasjon og vedlikehold av små dammer. Det er også gitt en kort orientering om nedlegging av dammer. I tillegg er det gitt beskrivelser av en del brudd på mindre dammer for å illustrere hvilke konsekvenser dameier kan bli stilt ansvarlig for.

1 Generell orientering

1.1 Historikk

Helt fra lang tid tilbake er det bygd et stort antall små dammer her i landet. Formålet var i første rekke å skaffe vann til fløting og til drift av kverner og sager. Senere ble dammer bygd for å få magasiner for vannforsyning, eller for å få nye eller bedre fiskevann og dammer for fiskeoppdrett. I dag bygges mange dammer også for å etablere inntaks- eller reguleringsmagasin til små kraftverk.

Tidligere ble dammene ofte bygd som mur- eller tømmerdammer, med torv eller plank som tetning. Konstruksjon og utførelse var basert på lang erfaring. Senere kom også murdammer av tilhugget stein med mørtelfuger, og etter hvert betongdammer og fyllingsdammer. I dag bygges de minste dammene som regel som fyllingsdammer eller enkle betongdammer.

Det foreligger ingen samlet oversikt over alle dammer som er bygd i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har registrert en del av dammene, men oversikten er langt fra komplett. Totalt antall dammer i NVEs database er ca 2600 pr år 2006. Av disse dammene er det ca 300 dammer som er antatt å ha ubetydelige bruddkonsekvenser, enten pga beskjedne størrelse på dam og magasin og/eller fordi det ikke finnes noe bebyggelse, infrastruktur, kulturminner eller lignende som kan bli berørt nedenfor dammen.

1.2 Formålet med veilederen

Formålet med denne veilederen er å gi en enkel og lett forståelig orientering om hvordan små dammer bør planlegges, bygges og holdes vedlike for å oppnå rimelig sikkerhet mot brudd eller skader. Det er lagt vekt på varige og rimelige løsninger som sikrer at dammene kan stå i svært lang tid med minst mulig vedlikehold.

Veilederen er først og fremst skrevet for dem som vil bygge en liten dam, men har liten kjennskap til hvordan det bør gjøres. Dessuten bør den kunne være til støtte for bygningsingeniører og andre med varierende bygningstekniske kunnskaper som fra tid til annen har befatning med rådgivning, planlegging eller bygging av mindre dammer.

I tillegg til tekniske råd er det lagt vekt på å orientere om den risiko som kan være forbundet med et damanlegg. Veilederen tar også sikte på å gi utbyggeren et grunnlag for å kunne vurdere når han bør søke råd hos sakkyndige.

1.3 Generelt om dameiers ansvar

Den som bygger en dam tar på seg et ansvar, da han blir ansvarlig for alle de skader som dammen kan forårsake. Det kan være skader som følge av:

- Ødeleggende flommer, forårsaket av dambrudd.
- Neddemming av grunn og endret vannføring i vassdraget.
- Uønskede vannføringssendringer dersom tappeinnretninger ikke fungerer som de skal.

Det er derfor viktig at dameieren på forhånd nøye vurderer de virkninger byggingen av dammen kan tenkes å få. En nærmere orientering om vannressurslovens og underliggende forskrifters bestemmelser om konsesjonspliktavurdering og vurdering av bruddkonsekvenser og klassifisering er gitt i avsnitt 1.5.

NVE har hatt ansvar for det offentlige tilsyn med dammer siden 1909, og har gjennom denne perioden fått kjennskap til en del dambrudd. I snitt ser det ut til at det skjer ca ett brudd pr år. De fleste gjelder små uregistrerte dammer, for det meste fyllingsdammer. Den vanligste årsak til dambrudd er at flomløpet er bygd for lite, fordi størrelsen av de flommer som kan forekomme er undervurdert. Selv ved ganske små dammer har dambruddene ofte forårsaket betydelige materielle skader. For å gi en orientering om hva som kan hende ved et dambrudd, er det i kapittel 9 gitt en beskrivelse av noen brudd på mindre dammer her i landet.

Enkelte vil kanskje synes at de krav som veilederen angir til flomløpskapasitet, dimensjoner av forskjellig art, maksimale helninger av skråninger m.v. er svært strenge. En må da huske på at dammer som regel skal stå i lang tid, og av sikkerhetsmessige grunner må kunne motstå påkjenninger som kanskje bare vil opptre med flere generasjoners mellomrom. Det er også viktig å ta hensyn til mulige fremtidige endringer i forholdene nedenfor dammen. Det kan f.eks. bli bygd på nye områder, anlagt nye veier, eller bruken av arealene langs elven kan bli endret på andre måter. Slike endringer kan også påvirke klassevurderingen av dammen og føre til at det vil bli stilt strengere krav i framtiden.

Det må også tas hensyn til at byggegrunn, materialer og utførelse ikke alltid vil være helt som forutsatt, og at selv små feil og svakheter med tiden kan utvikle seg og få sikkerhetsmessig betydning. Det frarådes derfor å stille mindre krav til kapasiteter, dimensjoner, materialer m.v. enn de som er angitt i veilederen, hvis ikke damteknisk sakkyndige kan påvise at de spesielle utførelser som velges vil gi en tilfredsstillende sikkerhet for det aktuelle prosjektet.

Den som bygger en dam bør føle ansvar for at landskapet ikke blir skjemmet. Med litt omtanke er det som regel mulig å finne frem til akseptable utforminger. Ibland kan dammen, sammen med den nye vannflaten som dannes, berike landskapsbildet.

Det må sørges for at transportveier faller naturlig inn i terrenget, og at maskinkjøring som eventuelt må foretas utenom veiene ikke lager sår som ikke kan utbedres. Det er en fordel om masser til dammen kan tas ut i områder som vil bli demmet ned. Andre massetak må utformes slik at de blir minst mulig iøynefallende, og alle skråninger må jevnes ut og tilsås så de blir stabile. Før en regner seg ferdig med anleggsarbeidet må det foretas en grundig opprydding, og som regel vil det være nødvendig med tilsåing og eventuelt noe planting på steder hvor det naturlige terrenget er skadet eller forandret.

1.4 Hvilke dammer veilederen gjelder for

I de tilfeller NVE vedtar at en dam skal være plassert i ”klasse 0” (tidligere benevnt ”uklassifisert”) innebærer det vanligvis fritak fra bestemmelsene i forskrifter om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Denne veilederen er utviklet for å sikre en viss minimumsstandard for enkle smådammer med mindre magasiner i ”klasse 0”. I praksis gjelder veilederen for små dammer der vanndybden vanligvis ikke blir større enn ca. 4 m. Vanndybden er regnet fra det laveste punkt i damfundamentet ved oppstrøms damfot til toppen av overløpsterskelen, dvs. til høyeste regulerte vannstand. Unntaksvis vil det kunne være dammer i klasse 0 som har større dimensjoner, dvs. der vanndybden er større enn ca 4 m og/eller det er et stort magasinvolum. Disse bør planlegges og prosjekteres av rådgivere med kompetanse og erfaring på større dammer. En oversikt over aktuelle rådgivere som er godkjent for flomberegninger og prosjektering av forskjellige damtyper finnes på NVEs nettsider www.nve.no.

1.5 Lover og forskrifter

For alle anlegg som bygges i vassdrag gjelder lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven). Loven og underliggende forskrifter håndheves av Norges vassdrags- og energidirektorat. En oversikt over aktuelt regelverk er gitt på NVEs nettsider www.nve.no. Dette kapittelet tar for seg noen av de viktigste bestemmelsene.

1.5.1 Konsesjonsplikt

Tiltakshaver har ansvar for å informere NVE om tiltak i vassdrag som kan være konsesjonspliktige etter vannressursloven. Dersom et tiltak vil være til skade eller ulempe for allmenne interesser, må tiltaket ha konsesjon etter loven. Søknad om konsesjon sendes NVE.

Dersom det ikke er opplagt at et tiltak må ha konsesjon, kan tiltakshaver be NVE vurdere om tiltaket er konsesjonspliktig. Tiltakshaver må da sende en melding til NVE med tilstrekkelige opplysninger. Det er utarbeidet et eget skjema for vurdering av konsesjonsplikt for små kraftverk. Skjemaet kan hentes på NVEs nettsider www.nve.no under menypunktet ”Om små kraftverk > NVEs saksbehandling – små kraftverk”.

Det er utarbeidet en veileder som omhandler temaet konsesjonsbehandling og konsesjonspliktavurdering; NVE-veileder 1/2002 ”Behandling etter vannressursloven m.v. av vassdragstiltak og tiltak som kan påvirke vassdrag og grunnvann”. Veilederen inneholder bl.a. en beskrivelse av konsesjonsplikt og framgangsmåten ved vurdering av om en del andre nærmere angitte tiltak trenger konsesjon etter vannressursloven § 8. Krav til søknader og rutineene for søknadsbehandlingen omtales også. Veilederen gir videre en oversikt over vassdragsretten generelt og vannressursloven spesielt, samt en oversikt over en del andre lover som tiltakshavere kan komme i berøring med.

1.5.2 Vurdering av bruddkonsekvenser og damklasse

Alle som planlegger å bygge en ny dam, eller som ønsker å ta i bruk en eksisterende dam til nytt formål, plikter å foreta en vurdering av mulige bruddkonsekvenser og komme med forslag til konsekvensklasse overfor NVE. Dette bør gjøres samtidig med konsesjonspliktavurderingen eller søknad om konsesjon.

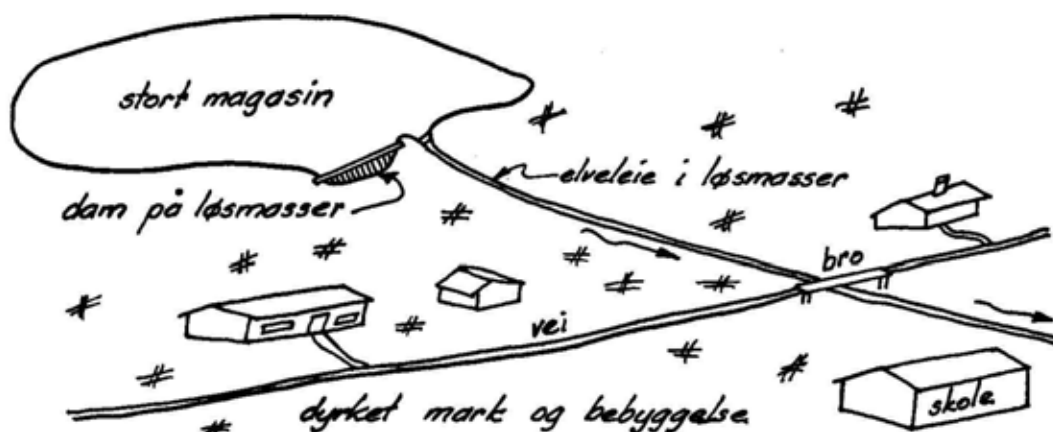
Dammens klasse danner grunnlag for hvilke krav som stilles til planlegging, bygging og drift av dammen. I praksis må dameieren klarlegge hvilke følger et dambrudd kan få og dokumentere dette for NVE, jf forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg. Det er utarbeidet et eget skjema som skal være til hjelp i denne sammenhengen; skjema for klassifisering av dammer og rør som kan hentes på NVEs nettsider www.nve.no. Følgende dokumentasjon skal være vedlagt skjema for klassifisering:

- Kart og foto som viser beliggenhet av dammen og området som kan bli berørt av brudd (kartgrunnlaget må inneholde data om bebyggelse og infrastruktur)
- Målsatte tegninger/skisser av dammen
- Opplysning om bruddvannføring og naturlige skadeflommer i området, ev beregning av maksimale vannstander pga brudd

På fig. 1.1 er det gitt en fremstilling av forhold som har betydning for konsekvenser av et dambrudd.



Alt. A Et dambrudd vil ikke føre til alvorlige materielle skader.



Alt. B Et dambrudd kan føre til meget alvorlige skader og ulykker.

Fig. 1.1 Forhold av betydning for dambruddskonsekvenser.

Dammer som ved brudd kan medføre fare for mennesker, miljø eller eiendom skal være plassert i klasse 1 eller høyere i ht forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg. Disse dammene blir underlagt krav til planlegging, bygging og drift som er gitt i forskrifter om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. I praksis betyr det at det stilles strengere krav til disse dammene enn det som er angitt i denne veilederen.

Dammer som har betydelige bruddkonsekvenser blir plassert i klasse 3, 2 eller 1 og disse blir underlagt kravene i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg, forskrift om kvalifikasjoner hos den som forestår planlegging, bygging og drift av vassdragsanlegg og forskrift om internkontroll for å oppfylle lov om vassdrag og grunnvann. Det er spesielt viktig å merke seg at det stilles krav om bruk av NVE-godkjent rådgiver for prosjektering av dammer i klasse 3, 2 eller 1. En oversikt over godkjente rådgivere finnes på www.nve.no.

1.5.3 Krav til vedlikehold, sikringstiltak mv

Dameier har ansvar for dammens sikkerhet uavhengig av hvilken klasse dammen hører hjemme i. Dameiers ansvar for å unngå skader eller ulemper i vassdraget fremkommer av §§ 5 og 37 i vannressursloven som omhandler forvalteransvar og aktsomhetsplikt og vedlikehold av vassdragstiltak. I § 5 står det bl.a. at vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser. Dersom brudd likevel inntreffer og skade oppstår, kan dameier bli stilt ansvarlig etter § 47 i vannressursloven.

Dameier er også ansvarlig dersom dammen medfører en fare for allmennhetens ferdsel i og langs vassdrag. NVE anbefaler at veilederen "Faremomenter og sikringstiltak ved anlegg i vassdrag" fra 2003 benyttes for å kartlegge potensielle farer og finne aktuelle tiltak. I rapporten er det gitt råd om flere typer tiltak, blant annet bruk av skilt for å varsle om fare.

2 Grunnlag for planleggingen

2.1 Generelt

Grunnleggende krav til alle dammer er at de må tåle det vanntrykk de kan bli utsatt for, kunne avlede de største flommer som kan forekomme, og være motstandsdyktige mot bølger, rennende vann, is og frost. De må heller ikke skades av eventuell trafikk over damtoppen eller tråkk av beitende dyr i skråningene. Det er ikke alltid så viktig at dammen er helt tett, men eventuelle lekkasjer gjennom dammen eller gjennom grunnen under den må ikke ha muligheter for å grave ut massene, og derved føre til større skader eller dambrudd.

2.2 Egen planlegging og/eller bruk av rådgivere

Omfanget av det planleggingsarbeidet som må utføres vil variere fra anlegg til anlegg. Det avhenger i særlig grad av fundamenteringsforholdene og damtypen, men også av høyden på dammen og størrelsen av de flommer som kan forekomme. Dessuten må det tas hensyn til oppdemmet vannmengde, og til konsekvensene av et dambrudd. Den som vil bygge en liten dam, må i hvert enkelt tilfelle vurdere nøye om han kan utføre en forsvarlig planlegging på egen hånd, eller om han bør overlate dette arbeidet helt eller delvis til sakkyndige. Et honorar til f.eks. en rådgivende ingeniør med dambygging som spesialitet kan betale seg ved at en lettere finner frem til bedre og rimeligere løsninger. Det kan også være en rimelig forsikring å betale for å få større sikkerhet mot dambrudd, eller andre skader og økonomisk ansvar.

2.3 Nødvendig grunnlagsmateriale

Før detaljplanlegging av dammen påbegynnes må det foreligge et arbeidsgrunnlag som vanligvis bør omfatte:

1. Oversikt over vannbehov og magasinstørrelse.
2. Kart og profiler.
3. Avløpsdata for nedbørfeltet.
4. Flomstørrelser og nødvendig flomløpskapasitet.
5. Vurdering av damsted og grunnforhold.

Hva som bør gjøres for å skaffe tilveie dette materiale, er beskrevet i de følgende punktene.

2.3.1 Vannbehov og magasinstørrelse

Valg av oppdemningshøyde og magasinstørrelse er avhengig av det behov som skal dekkes. Ved anlegg for vannforsyning skal for eksempel magasinet tjene til å sikre at det kan tas ut de vannmengder som trengs også når tilløpet er lite, og det er det nyttbare

magasin sett i forhold til tilløpet over en viss tid som er av interesse. Ved fiskedammer skal dammen først og fremst tjene til å skaffe større vannareal og vanndybde. Det er også nødvendig med en viss gjennomstrømning for utskifting av vannet, mens oppsamling av vann og utjevning av vannføringen er av underordnet betydning.

Det bør legges arbeid og omtanke i å bestemme vannbehovet så riktig som mulig, før damhøyden og dermed magasin størrelsen fastsettes

En dam blir sjelden eller aldri helt tett. Hvis vanntilførselen er liten, er det derfor nødvendig å ta hensyn til de lekkasjer som kan opptre.

I mange tilfeller vil det være lettere å skaffe seg det magasin man trenger ved å kunne senke vannstanden i et vann istedenfor å demme det opp. Dybdeforholdene i vannet må da ligge til rette for dette. Hvis forholdene f.eks. er så gunstige at man kan sprengne en grøft i fjell i utløpet, legge tappeledning i grøften og støpe en liten betongterskel som samtidig danner overløp, kan man få et meget enkelt og rimelig anlegg. Ofte vil en kombinasjon av senking og oppdemming være den beste løsningen.

Det har også vært laget rimelige anlegg for vannforsyning ved å bruke en plastslange som er lagt slik at det kan tappes ut vann ved hevertvirkning. Erfaringene fra driften av slike anlegg er ikke bare gode, og særlig ved litt større anlegg har en hatt mange vanskeligheter.

2.3.2 Kart og profiler

Utbyggeren bør skaffe seg aktuelle kart over utbyggingsområdet. Kommunens tekniske etat eller fylkeskartkontoret kan være behjelpelig med dette. En orientering om de digitale FKB-standardene er gitt på Statens Kartverks nettsider www.statkart.no. ØK-kart med målestokk 1: 5000 eller 1: 10 000, eller digitale kart med for eksempel FKB-B eller FKB-C standard vil kunne brukes for fastlegging av nedbørfeltets størrelse, oversikt over eiendomsforhold m.v.

Dersom det foreligger kart i målestokk 1:1000 med 1 m høydekurver kan disse benyttes ved vurdering av dammens plassering, inntegning av grensen for oppdemningen, og for beregning av arealet og volumet av magasinet. Hvis slike kart ikke foreligger, bør magasinområdet måles opp. Dette kan gjøres enkelt ved profilering av typiske snitt.

Damstedet bør måles opp ved profilering langs dammens lengdeakse og i typiske snitt. Det er som regel hensiktsmessig med målestokk 1 : 200 for lengdeprofilen og 1 : 50 for tverrprofilene. Alternativt kan 1 : 100 benyttes for alle profilene.

Ved de aller minste dammene og nedbørfeltene kan forholdene være så oversiktlige at kart og oppmålinger ikke er nødvendige.

2.3.3 Avløpsdata for nedbørfeltet

Et magasins nedbørfelt er betegnelsen på det område som har fall mot magasinet, tillagt magasinets egne areal. Ikke all nedbør som faller innen dette området kommer frem til magasinet, en del blir borte underveis fordi den damper bort eller blir tatt opp av vegetasjonen. Avløpet fra nedbørfeltet er den delen av nedbøren som finner veien frem til magasinet. Størrelsen på dette avløpet er først og fremst avhengig av nedbørfeltets størrelse og nedbørmengden, men også av grunnforhold, vegetasjon og topografi.

Arealet av nedbørfeltet finner en best ved måling på et kart. Grensen tegnes inn ved å følge høydedragene mot nabofeltene, som vist på fig. 2.1.

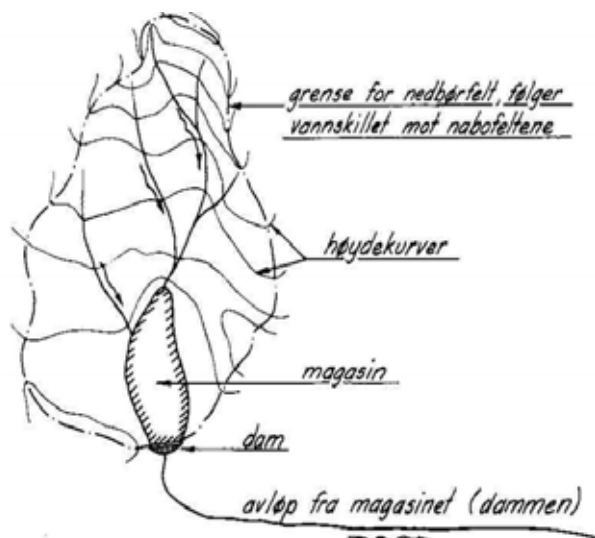


Fig. 2.1 Nedbørfelt og magasin tegnet inn på kart.

Når en skal finne frem til den sannsynlige avløpsmengden fra et nedbørfelt, som altså vil være det tilløpet til magasinet som det kan regnes med, er det mange usikre og vanskelig vurderbare forhold som spiller inn. Istedenfor teoretiske beregninger bør man da basere seg på målinger foretatt gjennom mange år. Det er sjelden det finnes egne målinger for de vassdragene hvor det er aktuelt å bygge små dammer, og en må derfor basere seg på målinger fra sammenlignbare områder hvor det i lengre tid har vært foretatt avløpsmålinger. Det finnes ca. 560 slike målestasjoner fordelt over hele landet, og resultatene samles og bearbeides av Hydrologisk avdeling i Norges vassdrags- og energidirektorat.

Ved avløpsberegninger er det vanlig å gå ut fra et midlere avløp, og en tenker seg da ett års avløp jevnt fordelt over hele året. Det angis gjerne i liter pr. sekund pr. km². På samme måte som den årlige nedbørmengde, varierer dette middelavløpet mye fra landsdel til landsdel. Det er minst i de indre strøk av Østlandet og på Finnmarksvidda, og størst i fjellstrøkene langs kysten av Vestlandet. De årlige middelverdiene varierer fra under 10 til over 150 l pr. sekund pr. km². Det kan også variere mye fra ett år til ett annet.

Oppgaver over sannsynlige avløpsverdier kan fås ved henvendelse til Norges vassdrags- og energidirektorat, Hydrologisk avdeling, Oslo, som har utarbeidet et avrenningskart for Norge. Forespørselen må gi opplysninger om geografisk beliggenhet, høyde over havet og eventuelt hvilket tidsrom av året som er av størst interesse. Det er ønskelig med et kart hvor nedbørfeltet og damstedet er tegnet inn, og en beskrivelse av grunnforhold og vegetasjon. NVE kan også gi råd om flomberegninger, som er behandlet under punkt 2.3.4.

2.3.4 Flomstørrelser og flomløpsdimensjoner

En sikker avledning av flommer er noe av det viktigste ved bygging av et damanlegg. Dette understrekes ved at de fleste skader og brudd på små dammer har skjedd fordi flomløpet ikke har hatt stor nok kapasitet, og at vannet derfor har flommet over

damtoppen. Fyllingsdammer er spesielt sårbare. Det er derfor svært viktig at flomløpet utføres med tilstrekkelig kapasitet til å kunne avlede de største flommene som en må regne med.

De største flommene vil som regel opptre når kraftig regn faller på smeltende snø, mens det er tørt i bakken. Avrenningen fra terrenget til bekker og elver går hurtigst der det er snaufjell og bratt terreng. Den sinkes og jevnes ut over lengre tid der det er myrer, skog og annen vegetasjon. Avrenningen vil også være avhengig av om grunnen på forhånd er tørr eller våt. Flommene vil bli størst når grunnen er helt vannmettet, så all nedbør renner av på overflaten.

Hvis elven renner gjennom et vann, vil flommene bli dempet der. Dette kommer av at vannstanden i vannet vil stige, og en del av flomvannet blir holdt tilbake en tid. Avløpsflommen ut fra et vann blir derfor mindre enn tilløpsflommen til vannet. Hvor stor dempningen vil bli, er avhengig av hvor stort vannets areal er i forhold til nedbørfeltet.

Dessuten er vannstandsstigningen avhengig av hvordan utløpet er formet, et smalt utløp gir større stigning og flomdempning enn et bredt. Hvis vannarealet er vært lite i forhold til nedbørfeltet, vil flomdempningen bli så liten at den ikke får noen betydning.

Hvor stor en tilløpsflom til et magasin kan bli er først og fremst avhengig av størrelsen av nedbørfeltet og nedbørmengdene. For små felt, under ca. 5 km² og med magasin som har lite areal i forhold til hele feltet, er effekten av kortvarige regnskyll av avgjørende betydning. Hvis magasinets areal er stort i forhold til hele feltet, vil som regel snøsmelting og langvarig regnvær være avgjørende.

Meteorologisk institutt har utført analyser som viser hvor store nedbørmengder det er mulig å få i et lite nedbørområde innen et bestemt tidsrom, og hvordan slike ekstreme verdier vil variere for de forskjellige deler av landet. Kartet i figur 2.2 er en forenklet versjon av det kart som Meteorologisk institutt har utarbeidet over døgnnedbør med gjentakintervall 5 år. Figur 2.2 viser soner med stor nedbør, over 80 mm/døgn, og soner med liten nedbør, mindre enn 50 mm/døgn. Mellomliggende soner har mellom 50 og 80 mm/døgn som nedbør med 5 års gjentakintervall.

Vurdering av sannsynlig maksimalflom i et vassdrag kan være vanskelig, spesielt for små nedbørfelt hvor usikkerheten vil bli forholdsvis stor. Beregning av dimensjonerende flom kan gjøres av hydrologer, og det bør da velges gjentakintervall i størrelsesorden 200 til 500 år. Til sammenlikning er det krav om å bruke en flom med 500 års gjentakintervall (Q_{500}) for dimensjonering av dammer i klasse 1. Det er relativt lite kostbart å bygge slik at flomløpskapasiteten er på den sikre siden. Dette kan gjøres ved å velge en flom med stort gjentakintervall, rikelig overløpslengde, og ved å legge toppen av dammen så høyt over den beregnete flomvannstand at det ikke blir fare for overskylling selv om flommen skulle bli noe større enn forutsatt. Sammenhengen mellom dimensjonerende avløpsflom (Q), overløpets lengde (L) og vannstandsstigningen (H) er gitt ved overløpsformelen:

$$Q = C \cdot L \cdot (H)^{1,5}$$

Overløpskoeffisienten C varierer med utformingen av overløpsterskelen. Som en konservativ vurdering av overløpets kapasitet kan en velge $C = 1,7$. Nærmere veiledning for valg av C -verdier er gitt i NVEs retningslinjer for flomløp og i Vassdragshåndboka.

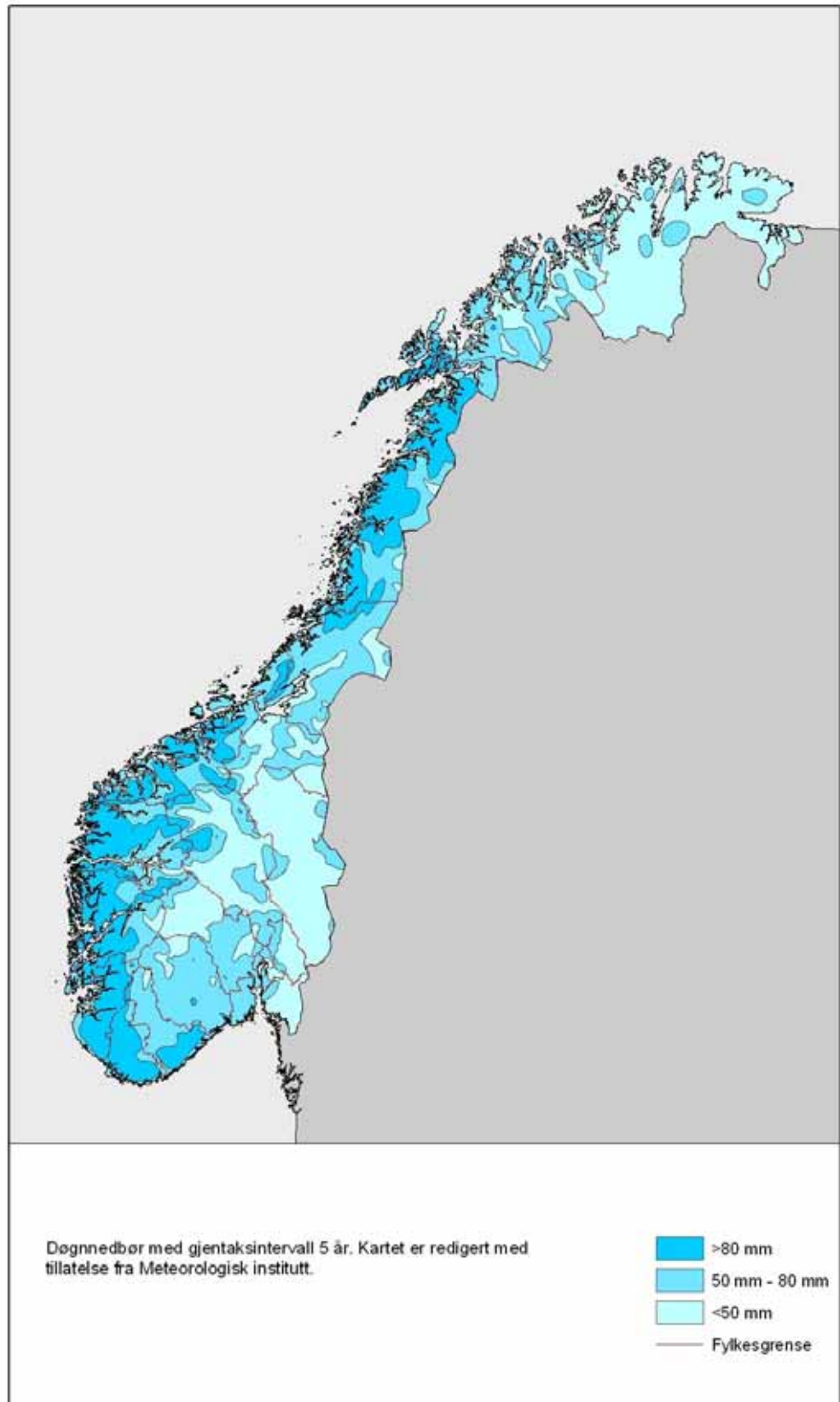


Fig. 2.2 Soneinndeling, for nedbørmengder.

For en enkel og forsvarlig fastsettelse av flomløpsdimensjoner for små dammer med små nedbørfelt kan en alternativt anvende de kurvene som er vist på figurene 2.3, 2.4 og 2.5. Figurene har egne kurver for hver av de to yttersonene som er vist på fig. 2.2. I figurene 2.3-2.5 er områdene med størst nedbør, dvs. > 80 mm, angitt som *kyst*, mens områdene med minst nedbør, dvs. < 50 mm, er angitt som *innland*. Det er ikke lagd kurver for mellomliggende soner, dvs. der nedbøren er 50-80 mm. For denne sonen må man interpolere mellom kyst- og innlandskurvene, men som en ser vil forskjellen være liten for små nedbørfelt. De dimensjoner som kurvene angir, vil vanligvis gi en tilfredsstillende sikkerhet. De kan gi noe overdimensjonering dersom lokale forhold tilsier en stor naturlig dempning av tilløpsflommen før den når magasinet.

Vannføringene gjennom flomløpene ved de forskjellige flomstigninger og overløpslengder kan avleses av kurvene på fig. 2.6.

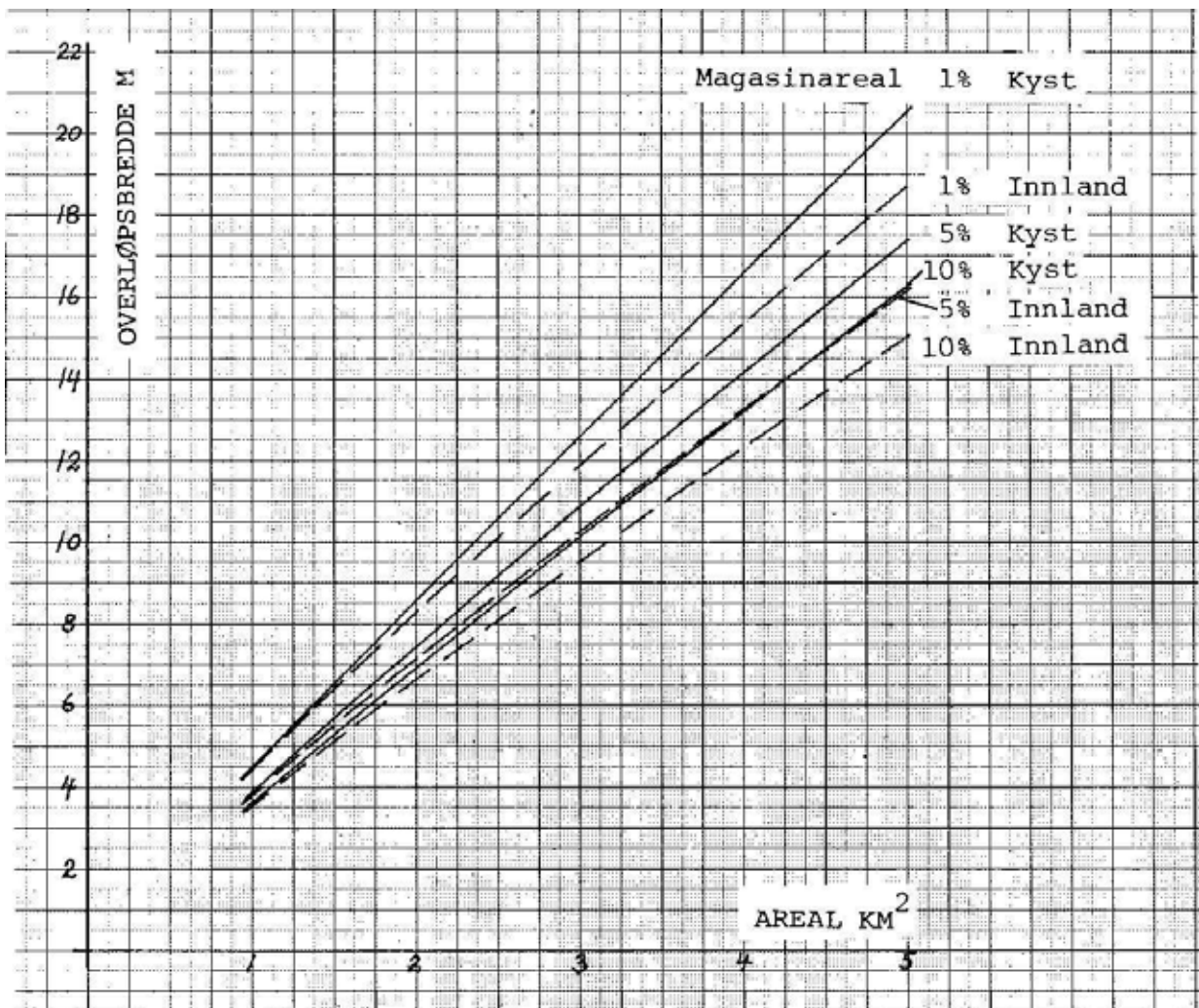


Fig. 2.3. Nødvendig flomløpsdimensjon.
Maksimal flomstigning 0.5 m.

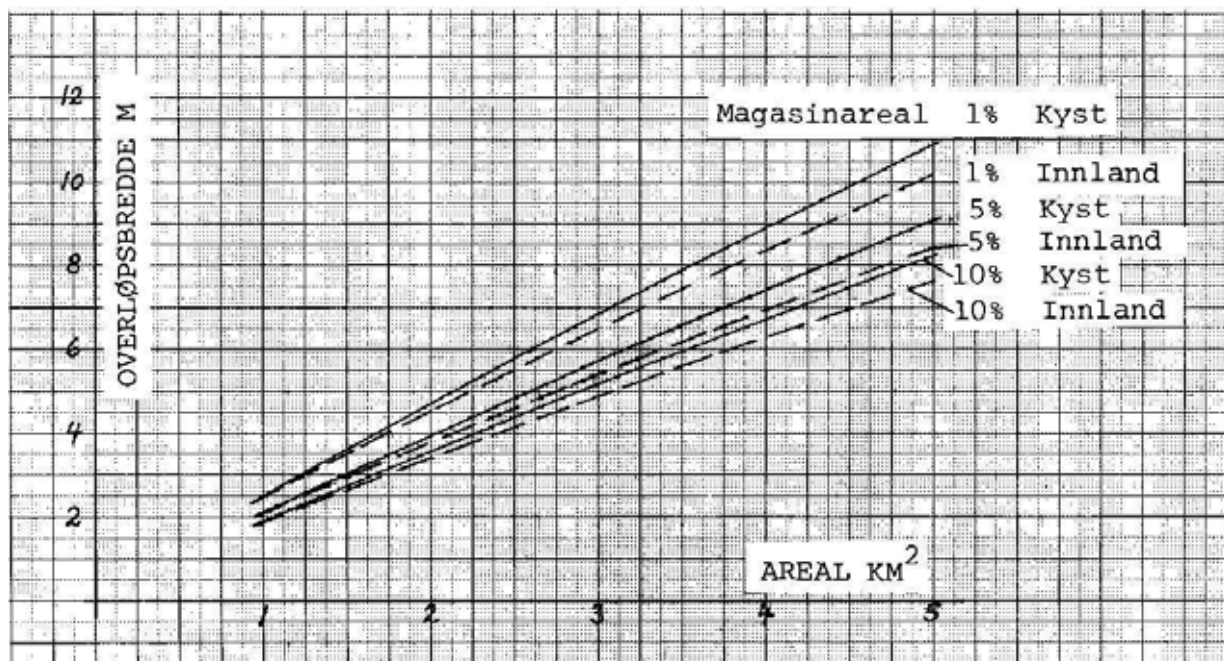


Fig. 2.4. Nødvendig flomløpsdimensjon.
Maksimal flomstigning 0.75 m.

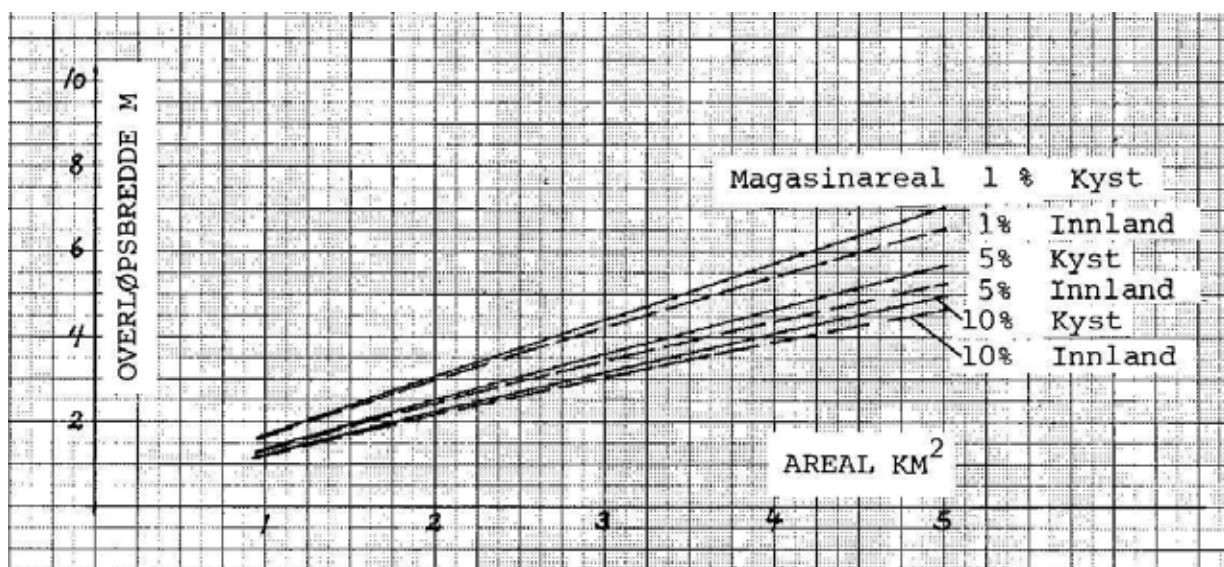


Fig. 2.5. Nødvendig flomløpsdimensjon.
Maksimal flomstigning 1 m.

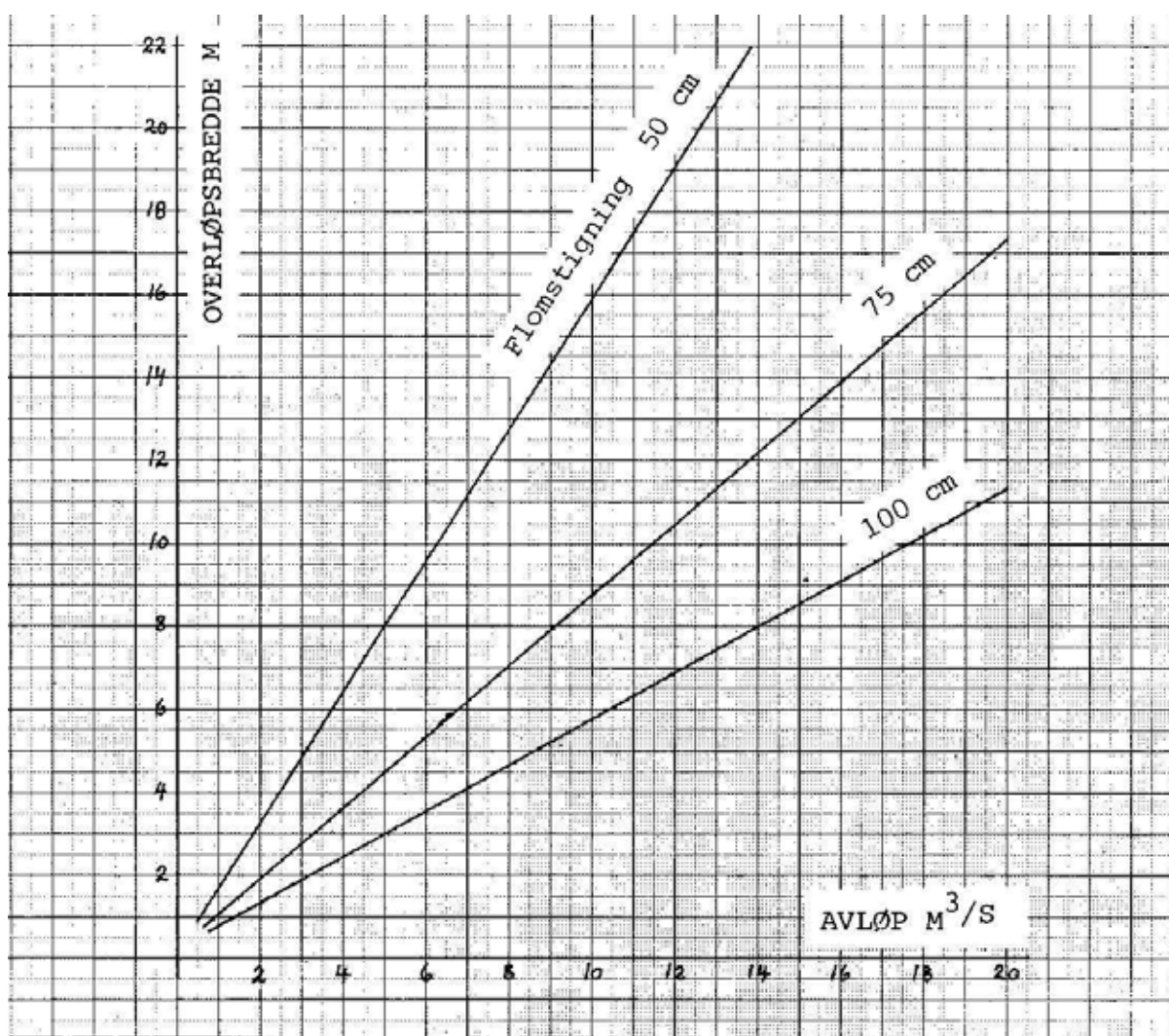


Fig. 2.6. Overløpets kapasitet

Eksempel på bruk av figurene:

Et magasin med areal $0,02 \text{ km}^2$ (dvs. 20 dekar) ligger i Hedmark (nedbør $< 50 \text{ mm}$, jf fig 2.2) og får tilløp fra et nedbørfelt på $2,0 \text{ km}^2$. Magasinarealet vil altså være 1% av hele nedbørfeltet. Dersom den høyeste tillatte flomstigning settes til $0,5 \text{ m}$ over flomløpsterskelen, anvendes fig. 2.3. Ved å følge linjen for $2,0 \text{ km}^2$ nedbørfelt opp til skjæringspunktet med kurven for innlandssoner med 1% magasinareal, kan en ut fra dette lese av at det er nødvendig med ca. $8,3 \text{ m}$ overløpslengde. Av fig. 2.6 kan en se av kurven for $0,50 \text{ m}$ stigning at maksimalavløpet ved denne overløpslengden vil være ca. $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dersom topografien ved damstedet ikke gir plass for et så langt overløp, må en akseptere en høyere flomstigning. Ved å anvende fig. 2.5 vil en se at det greier seg med ca. $3,0 \text{ m}$ overløpslengde, dersom det kan aksepteres at flomstigningen blir på $1,0 \text{ m}$ istedenfor $0,5 \text{ m}$. Samtidig vil maksimalavløpet reduseres litt, fra $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$ til $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, fordi flomdempningen gjennom magasinet blir noe større.

Ved å bruke kurvene i fig 2.3-2.6 bestemmer man en maksimal vannstandsstigning (0,5m-0,75m-1,0m) over nivået på terskelen. Denne maksimale flomvannstanden blir da å betrakte som dimensjonerende flomvannstand. På figurer og som forkortelse i teksten betegnes den som DFV. Det tilsvarende maksimale avløpet fra magasinet, som vil være overløpets kapasitet i henhold til fig. 2.6, kalles dimensjonerende avløpsflom.

Hvor mye vann som vil renne over et overløp er bl.a. avhengig av hvordan det er utformet. Hensiktsmessige skråninger og avrundinger vil redusere motstand og hvirveldannelser og gi større vannhastighet og kapasitet. I figurene 2.3 til 2.6 er det regnet med jevnt gode forhold. Det er tatt hensyn til sidekontraksjonen, dvs. at vannstrålen i overløpet innsnevres på sidene, noe som er av en viss betydning ved svært små overløpslengder. Forskjellene mellom de utførelser av overløp som vanligvis blir aktuelle, er ikke så store at de vil spille noen særlig rolle i forhold til usikkerheten i vurdering av tilløpsflommene. En har derfor ikke ansett det nødvendig å utarbeide flere sett kurver.

2.3.5 Vurdering av damsted og grunnforhold

Ved valg av damsted må det vurderes hvilken plassering som vil gi de laveste samlede byggeomkostninger. Bestemmende for disse er:

- damtype
- dammens lengde og høyde
- fundamenteringsforhold
- mulighetene for bygging av sikkert flomløp
- hvordan damstedet kan tørrlegges i byggetiden
- arbeidsforhold og adkomst

Dersom vannbehovet er vesentlig mindre enn avløpet fra hele det nedbørfelt som står til rådighet, bør en se om det er muligheter for å plassere dammen utenfor hovedvassdraget. Kostbare flomløpskonstruksjoner kan unngås dersom det er mulig å plassere dam og magasin ved siden av elveløpet, i et område med lite nedbørfelt, og så kontrollert lede inn nødvendig tilleggsvann fra hovedvassdraget gjennom en kanal eller et rørsystem. Et slikt opplegg vil også forenkle problemene med å lede vann forbi damstedet i byggetiden. Fig. 2.7 viser prinsippet for et slikt system. Det kan ha spesielle fordeler ved anlegg for fiskeoppdrett, da et kontrollert gjennomløp bl.a. gir bedre muligheter for kontroll av temperaturen i vannet i magasinet, f.eks. ved utnyttning av soloppvarming, og dermed bedre vekst på fisken.

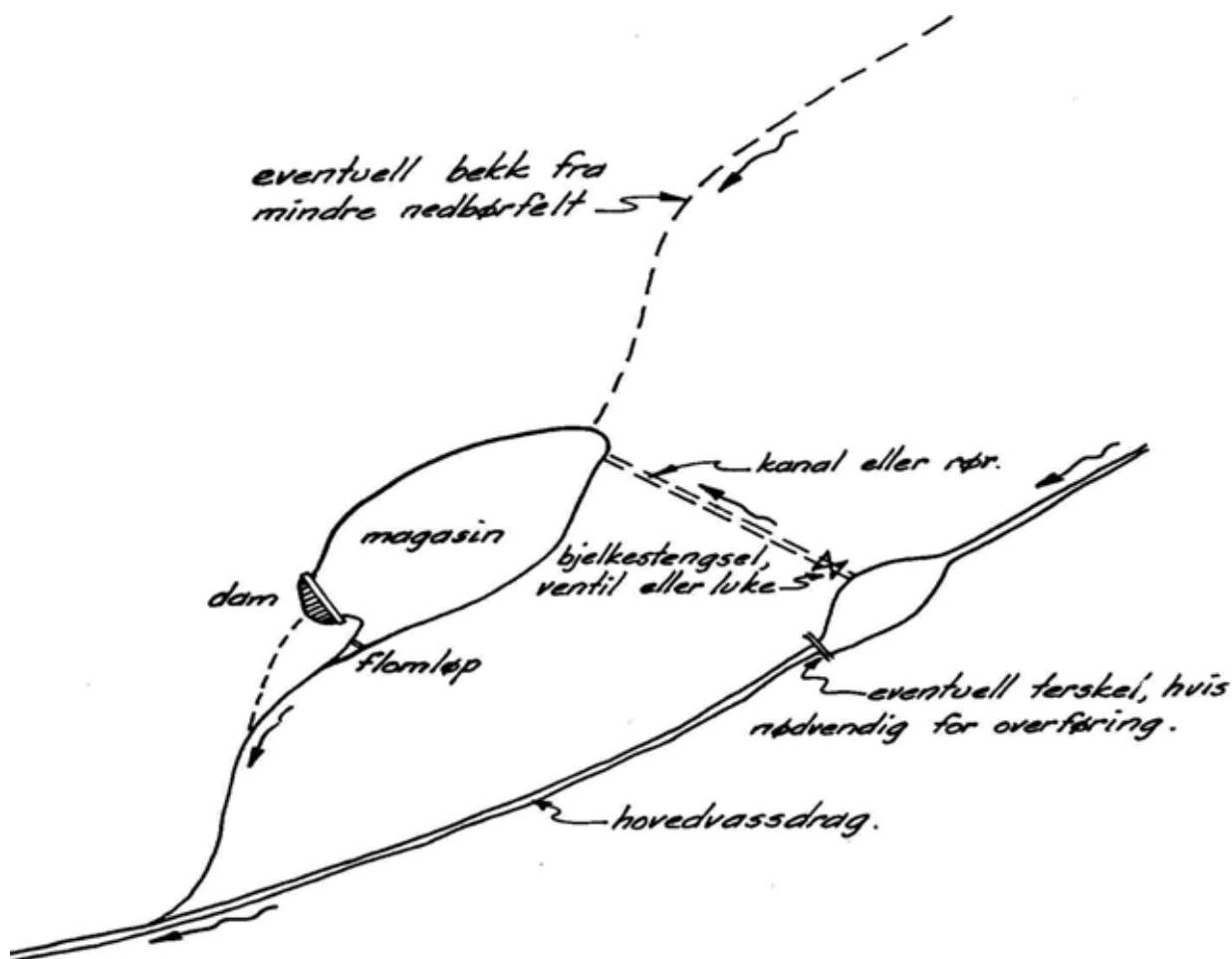


Fig. 2.7 Dam og magasin utenfor hovedvassdraget.

En dam bør helst fundamenteres på fjell. Ved fjell i dagen eller der det er lite løsmasser over fjellet, blir det som regel små problemer med fundamenteringen, uansett hvilken damtype som velges. I tillegg til opprensning og fjerning av eventuelle løsmasser kan det bli nødvendig å ta bort oppsprukket dagfjell, og det kan være nødvendig å tette enkelte sprekker for å unngå lekkasjer.

Hvis fjellet ligger så dypt at det ikke er mulig å grave seg ned og fundamenter dammen på det, må det undersøkes om løsmassene er brukbare som damfundament. Det er som regel vanskelig å bedømme forholdene ved fundamentering på løsmasser, og det må utvises stor forsiktighet fordi feilvurderinger kan få alvorlige konsekvenser for dammens sikkerhet. Det vil derfor ofte være nødvendig å søke sakkyndig hjelp. Dette gjelder i særlig grad hvis det forekommer masser hvor tettheten og motstandsevnen mot graving av strømmende vann er vanskelig å bedømme, og dammen er såpass stor og ligger slik til at et dambrudd kan føre til alvorlige skader.

Ved fundamentering på løsmasser vil det som regel bare bli aktuelt med en fyllingsdam. For andre damtyper vil det være vanskeligheter med å få til en sikker utførelse.

I punkt 2.4 er det gitt en kortfattet oversikt og orientering om de forskjellige arter av vanlig forekommende løsmasser, og karakteristiske egenskaper som har betydning i dambygging.

2.4 Beskrivelse av løsmasser

2.4.1 Generelt

Med løsmasser menes gjerne alle masser som er så løse at de kan graves ut med gravemaskin. Det vil si alt fra torv og leire til stein og sterkt forvitret fjell.

Bortsett fra torv og andre organiske masser består løsmasser av mineral Korn av forskjellige størrelser. Ut fra kornstørrelsen kan disse massene deles inn i forskjellige grupper eller fraksjoner. Vanligvis brukes følgende betegnelser:

Kornstørrelse (midlere diameter)	Betegnelse
Større enn 600 mm	Blokk
600 mm til 60 mm	Stein
60 mm til 2mm	Grus
2 mm til 0,06 mm	Sand
0,06 mm til 0,002 mm	Silt
mindre enn 0,002 mm	leire

Det er stor forskjell på kornstørrelsene innen hver av de angitte fraksjoner, og for å angi hvor den vesentligste del av massen befinner seg brukes derfor betegnelse grov, middels eller fin som en underoppdeling.

En løsmasse vil som regel være sammensatt av korn fra flere fraksjoner. For å angi hvilke kornstørrelser som er mest typiske kan en bruke betegnelser som f.eks. grusig sand, steinig grus eller siltig leire.

Mesteparten av de forekomstene en finner av grus, sand, silt og leire er masser som etter å ha vært transportert av bekker og elver, er avsatt under vann. Massene er blitt sortert i grovere og finere fraksjoner ved at de grove partiklene er bunnfelt først, ved forholdsvis høy vannhastighet, mens de finere kornene er ført videre og bunnfelt etter hvert som vannhastigheten er blitt mindre.

Morene er en betegnelse for løsmasser som er transportert og avsatt av isbreer. Massene består som regel av en blanding av alle fraksjoner, fra blokker til leire.

2.4.2 Torv og andre organiske masser

Torv og andre organiske løsmasser består for det meste av planterester. Slike masser har liten bæreevne, og vil ved belastning gi store setninger som kan øke gjennom lang tid.

Torv er ingen entydig betegnelse, og egenskapene vil variere mye med graden av omdannelse, fra ren vegetasjon til ensartet jordmasse uten synlig vekststruktur. I denne veilederen brukes betegnelsen torv bare om masser som er så omdannet at vekststrukturen

ikke lenger er helt tydelig. Ren gresstovr o.l. betraktes da som vegetasjon, og ikke som løsmasse.

Når torv med vanlig høyt vanninnhold blir belastet, vil den trykkes sterkt sammen og være forholdsvis tett. Tørker torven ut, vil tettheten reduseres. På samme måte som andre organiske masser kan tørr torv med tiden tæres opp ved påvirkning av luft. Torv mister sin tetthet ved kontakt med rust, og må derfor ikke brukes som tetning inn mot stålrør eller andre konstruksjoner som inneholder jern.

2.4.3 Blokk og stein

Rene forekomster av blokk og stein finnes vanligvis bare i ur. Forøvrig finner en oftest blokk og stein i grus- og morenemasser.

2.4.4 Grus

Grus forekommer som regel sammen med stein og sand, og betegnes da som steinig eller sandig grus. Bæreevnen er som regel høy, og selv ved store belastninger vil det bli minimale setninger.

Som følge av transporten i vann, har de enkelte korn avslitte kanter og kan være ganske runde. Grus finnes ofte på flate områder, moer, hvor bekker og elver tidligere har rent ut i roligere vann.

Masser som i det alt vesentlige består av grus og stein, er så åpne for gjennomstrømming av vann at de kan betegnes som godt drenerende masser. Grus som inneholder større mengder finere korn, som silt eller leire, vil ikke være godt drenerende.

Bilde 2.1 viser en typisk steinig grus fra en prøvegrøp.

2.4.5 Sand

Fast lagret sand har høy bæreevne og gir bare ubetydelige setninger.

Sand er ikke så tett at den egner seg som tetningsmasse, men vanligvis vil den heller ikke kunne betegnes som godt drenerende. Strømmende vann vil lett kunne grave i sand.

Sandens egenskaper er ellers avhengige av hvor fin eller grov den er, og i hvor stor grad den er blandet opp med stein, grus eller silt.

2.4.6 Silt

Silt, som ofte også benevnes som kvabb, mo eller mjele, blir av ikke-fagfolk ofte forvekslet med leire. De enkelte korn er så små at de knapt kan sees uten forstørrelsesglass. Silt og leire kan se nokså like ut, men har egenskaper som er helt forskjellige. De skilles lettest ved at en jordfuktig klump av massen rulles ut i hånden til en kule, som så tørkes ut. Er massen silt, vil den da lett kunne klemmes i stykker, mens en leirklump vil bli hard. Det er også karakteristisk for silt at en klump av massen lett kan løses opp i vann.

Silt er et relativt tett materiale. Bæreevnen kan være meget varierende, avhengig av korn sammensetningen og hvor fast massen er lagret.

På samme måte som sand kan silt lett graves ut av strømmende vann. I større grad enn de fleste andre løsmasser vil silt kunne suge opp vann og er derfor svært telefarlig.

Bilde 2.2 viser silt som er gravd ut av strømmende vann.

2.4.7 Leire

Leire er den art av løsmasser som har de minste partiklene. I likhet med silt lar en jordfuktig leire seg lett rulle ut i hånden til en klump, men i motsetning til silt vil leirklumpen bli hard ved tørking. Den lar seg heller ikke så lett løse opp av vann.

Leire inneholder som regel noe silt, uten at massen har de egenskapene som er karakteristiske for en ren silt. Silt i leire konstateres lett ved at det knaser mellom tennene når en tygger på den.

Leire med naturlig vanninnhold er meget tett. Tett leire er middels telefarlig. Massen kan graves ut av rennende vann, men dette skjer langsomt i forhold til silt og finsand. Bæreevnen kan være liten, og setningen av byggverk på slik leire vil ikke stoppe opp før etter meget lang tid.

Leire som er tørket ut og sprukket opp, som f.eks. vanlig tørrskorpeleire, er ikke tett. Den kan bli meget telefarlig. Faren for utgraving av rennende vann øker med graden av oppsprekking. Oppsmuldrete masser av slik tørr leire, som i landbruket gjerne betegnes som forvitret leire, vil gi store setninger ved belastning.

I lavtliggende områder av landet, spesielt rundt Oslo, på Romerike og i Trøndelag, finnes såkalt kvikkleire. Denne leiretypen har den egenskap at den i uberørt tilstand er tilsynelatende fast, mens den ved omrøring blir flytende.

I slike områder kan det forekomme omfattende ras med store skadevirkninger. Ras i kvikkleireområder kan utløses selv ved små gravearbeider eller oppfyllinger.

Bilde 2.3 viser rene leirmasser som er gravd ut fra en grøft.

2.4.8 Morene

Morene er den vanligste løsmassetypen i høyereliggende områder. Den finnes ofte i rygger og hauger, men kan også dekke dalsider og flat mark.

Som nevnt tidligere består morene som regel av en blanding av masser med kornstørrelser innen alle de fraksjoner som er omtalt, dvs. blokk, stein, grus, sand, silt og leire. Har morenen gjennom lang tid vært utsatt for strømmende vann, kan de finere massene være vasket mer eller mindre bort, især fra det øvre laget, og bare grovere rester av den opprinnelige morenen ligger igjen.

Massetype	Bæreevne	Setninger	Tetthet	Motstand mot graving av vann	Telefarlighet
Torv, matjord m.v.	Dårlig	Store	Kan være meget tett	Liten, men kan bedres ved tett gressdekke	Telefarlig
Grus	Meget god	Ubetydelige	Ikke tett	Innhold av finere masser kan graves ut	Ikke telefarlig
Sand	God	Små	Liten tetthet	Dårlig	Ikke telefarlig
Silt	Varierende, som regel god	Som regel små	Forholdsvis tett	Meget dårlig	Meget telefarlig
Leire	Varierende, som regel dårlig	Kan bli store	Meget tett hvis den ikke er uttørket og oppsprukket	Kan graves ut over lengre tid	Middels til meget telefarlig
Morene	Som regel meget god	Ubetydelige	Som regel tett. Tettheten øker med finstoff-innholdet	Som regel god, men innhold av finere masser kan graves ut	Middels telefarlig

Tabell 2.1 Typiske egenskaper for løsmasser.

Morenemassens egenskaper vil være avhengige av kornsammensetningen, og særlig av silt- og leireinnholdet som er avgjørende for tettheten. En morene som består av en godt fordelt blanding av de forskjellige kornstørrelsene og er fast lagret, vil ha høy bæreevne. Innholdet av silt og leire gjør at den vil være telefarlig.

Bilde 2.4 viser typiske morenemasser fra en prøvegropp.

Tabell 2.1 gir en oversikt over typiske egenskaper for løsmasser.



Bilde 2.1 Typisk steinig grus fra en prøvegrøp.



Bilde 2.2. Silt som er gravd ut av strømmende vann.



Bilde 2.3 Leirmasser som er gravd ut fra en grøft.



Bilde 2.4 Typiske morenemasser fra en prøvegrøp.

3 Aktuelle damtyper

3.1 Fyllingsdammer

Den som i dag skal bygge en liten dam, vil som regel velge en fyllingsdam, dvs. en dam som helt eller i det vesentlige består av oppfylte materialer. Slike dammer kan deles i grupper, etter hvordan de er bygd opp for å bli tette og stabile:

- A Dammen består for det meste av ensartede og tilstrekkelig tette masser, f.eks. morene. Et parti av nedstrøms damfot må da bestå av godt drenerende masser, med et overgangsfiltre for å hindre utvasking av tetningsmassene. Et typisk tverrsnitt er vist på fig. 3.1.

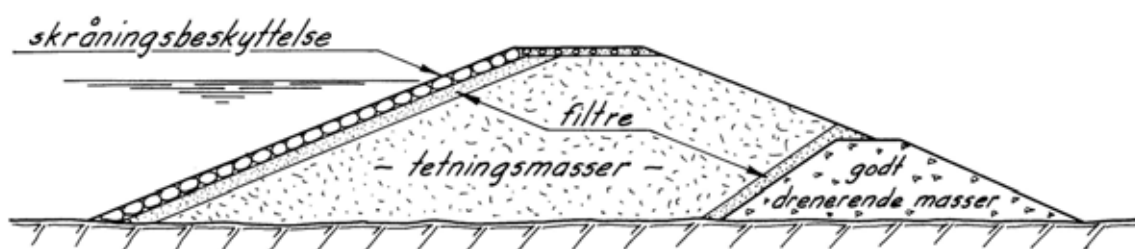


Fig. 3.1 Fyllingsdam for det meste av tetningsmasser.
(Tegnet med fjellfundament)

- B. Dammen består for det meste av godt drenerende masser, dvs. stein eller grus. Tetningen ivaretas av tette masser i en begrenset sone av damfyllingen, mens de godt drenerende massene fungerer som støttefylling. En vanlig utførelse er vist på fig. 3.2.

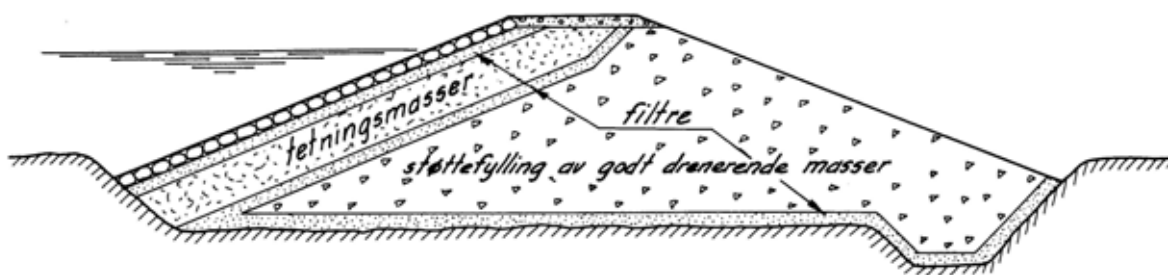


Fig. 3.2 Fyllingsdam med smal sone av tetningsmasser.
(Tegnet med fundament av løsmasser)

- C. Hele damfyllingen utføres av stein eller andre godt drenerende masser, med et tett dekke på oppstrøms skråning. Et eksempel med dekke av tre er vist på fig. 3.3.

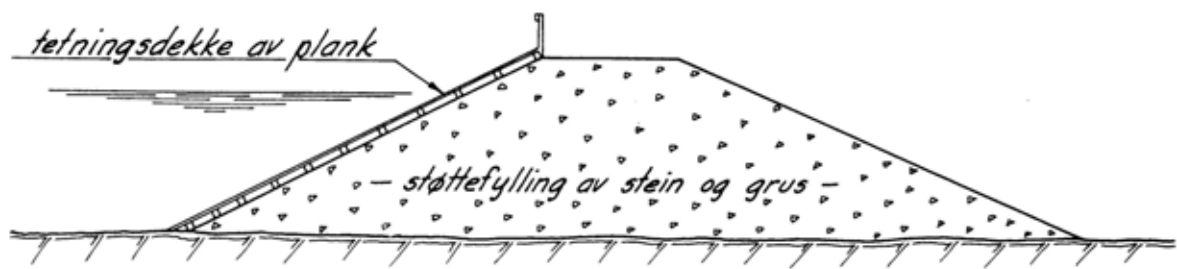


Fig. 3.3 Fyllingsdam med tetningsdekke av tre på oppstrøms skråning.

- D. Damfyllingen utføres som angitt under pkt. C, men istedenfor et tetningsdekke på oppstrøms skråning får dammen en tetningsvegg plassert inne i dammen. Systemet er vist på fig. 3.4.



Fig. 3.4 Fyllingsdam med tetningsvegg inne i dammen.



Eksempel på fyllingsdam med flomløpsterskel i betong (Kloppavatn, Molde)

3.2 Betongdammer

Enkelte steder vil en massiv betongdam som vist på fig. 3.5 være å foretrekke fremfor en fyllingsdam.

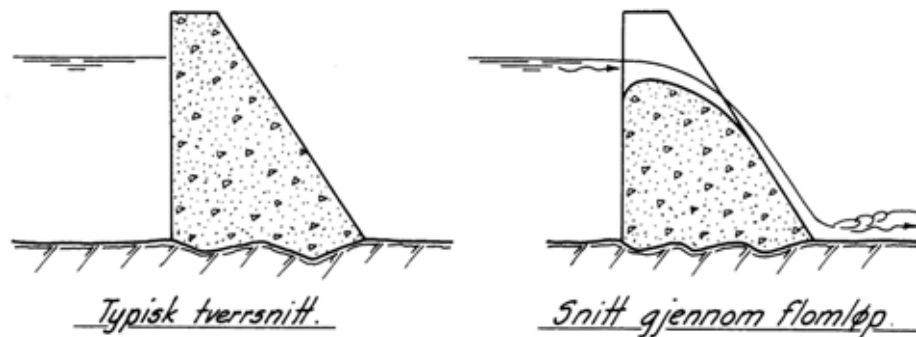


Fig. 3.5 Massivdam av betong.

Dammer kan også bygges av armert betong, f.eks. som buedammer eller lette platedammer. Slike utførelser er sjelden aktuelle for små dammer. De må både prosjekteres og bygges av fagfolk, og er derfor ikke beskrevet i denne veilederen.



Eksempel på massiv betongdam (Tunga/Røyskattfloget, Nesna)

3.3 Terskeldammer

Terskeldammer er lave dammer som vannet kan renne over. De kan være hensiktsmessige når en bare ønsker en mindre heving av vannstanden, og at denne vannstanden skal variere så lite som mulig. Slike dammer er spesielt egnet når flomvannføringen kan bli stor, og det vil bli kostbart å bygge en dam med særskilt flomløp. Terskeldammer kan utføres av løsmasser, betong eller tre. Typiske eksempler på tverrsnitt er vist på figurene 3.6 og 3.7.

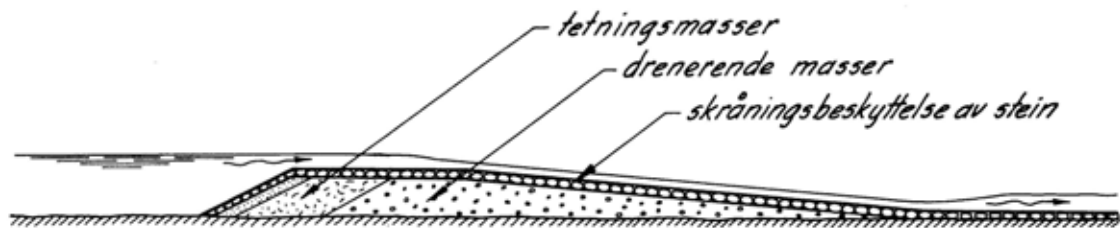


Fig. 3.6 Terskeldam av løsmasser.

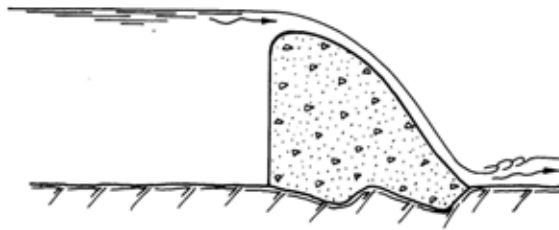


Fig. 3.7 Terskeldam av betong.



Eksempel på løsmasseterskel (Kvikne)

3.4 Bukkedammer

En annen damtype som kan være aktuell, er en bukkedam av tre. Det kan f.eks. være på damsteder hvor det ikke finnes adkomstvei og heller ikke rimelig tilgang på egnede materialer for en fyllingsdam, men hvor en kan få frem trematerialer, f.eks. på vinterføre. Trebukkedammer bør ikke bygges for større oppdemningshøyder enn 2 - 3 m. De kan lett skades av is, og bør derfor ikke stå under vanntrykk om vinteren. De kan bare bygges på fjell, da faren for undergraving av dammen vil bli for stor ved bygging på løsmasser.

Det er en krevende oppgave å beregne og tegne en trebukkedam, og dette arbeide bør derfor bare utføres av sakkyndige. Sikkerheten vil være avhengig av en riktig utforming og dimensjonering av bæresystem og forbindelser, og at forankringer i fjellet kan oppta og overføre de belastninger fra vanntrykk og ekstraordinære krefter fra f.eks. is og drivtømmer som de kan bli utsatt for. Fig. 3.8 viser i prinsipp et typisk tverrsnitt av en trebukkedam, men damtypen er ellers ikke tatt med i denne veilederen.

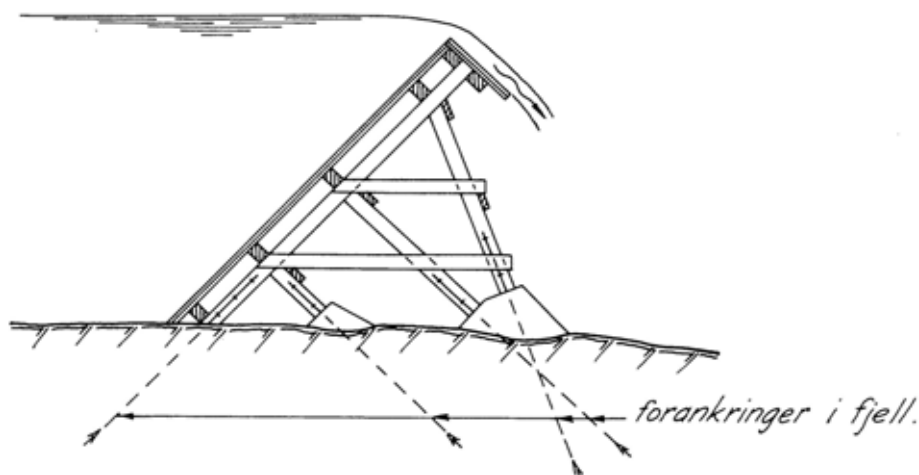


Fig. 3.8 Trebukkedam.

For å gi en oversikt over når det passer å bruke de forskjellige damtypene, er de kravene som må stilles til grunnforhold, byggematerialer, plassering av flomløp m.v. stillet sammen i tabell 3. 1. De enkelte typene er beskrevet og vurdert nærmere i de følgende kapitlene.

Damtype	Krav til grunnen	Byggematerialer	Flomløp	Spesielle egenskaper
Fyllingsdam med tetningsmasser	– Fjell, tett morene eller fast leire under tetnings-sone. – Bæredyktige mas-ser under støtte-fylling.	– Morene eller leire som tetning. – Stein eller grus som støttefylling og i dreneringssoner. – Stein som skrånings-vern. – Grus eller fiberduk som filter.	Flomløp ved siden av dammen.	Godt egnet når det er lett tilgang på egnede masser, og en kan komme til med maskiner.
Fyllingsdam med tetningsdekke eller tetningsvegg	– Fjell under tetningssone. – Fjell eller fast lagrete masser under støttefylling.	– Tetning av tre, betong eller plastmembran. – Grus eller stein som støttefylling.	Flomløp ved siden av dammen.	Kan være fordelaktig hvor det ikke er tilgang på tetningsmasser, men hvor det finnes rimelige grus- eller steinmasser.
Massiv betongdam	Fjell	Betong	Flomløp over en del av dammen.	Solid og enkel dam. Særlig aktuell ved trange damsteder.
Terskeldam av løsmasser	Fjell eller løsmasser. Som regel ikke store krav til tetthet og bæreevne.	– Morene, sand, andre fine masser eller membran som tetning. – Sand, grus eller stein som støttefylling. – Stein som beskyttel-seslag. – Grus eller fiberduk som filter.	Overløp over hele eller det meste av dammen.	Enkel og rimelig dam, egnet ved liten oppdemningshøyde, når det ikke er behov for reguleringsorganer. Særlig fordel-aktig ved store vannføringer, fordi hele dammens lengde kan utnyttes som flomløp.
Terskeldam av betong	Fjell	Betong	Overløp over hele eller det meste av dammen.	Solid dam, med mindre krav til vedlikehold enn terskeldammer av løsmasser.

Tabell 3.1 Oversikt for de mest aktuelle damtyper.

4 Fyllingsdammer

4.1 Generelt

Som tidligere nevnt bygges det nå mest fyllingsdammer her i landet. De aller fleste utføres med tetning av morene eller andre egnete løsmasser. Hvis det ikke er for lang og kostbar transport av egnete masser, blir fyllingsdammer som regel rimeligere enn andre damtyper. Riktig utført blir de meget sikre og varige.

Fyllingsdammer kan ødelegges svært raskt hvis det flommer vann over dem, og det er derfor av avgjørende sikkerhetsmessig betydning at flomløpet er rikelig dimensjonert og solid utført. Damtypen er også sårbar for lekkasjer som kan medføre graving i massene. Slike lekkasjer må derfor unngås, og i tillegg må det ved hjelp av filtre og drenering sørges for at selv uforutsett store lekkasjer ikke kan føre til dambrudd.

Fig. 4.1 viser et typisk snitt av en liten fyllingsdam, fundamentert på løsmasser, med de betegnelser som vanligvis benyttes.

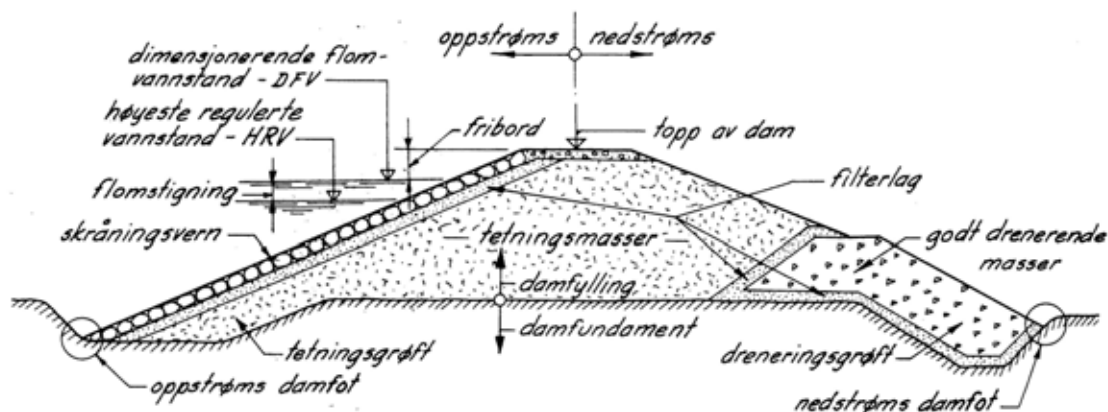


Fig. 4.1 Snitt med betegnelser for fyllingsdammer.

Da de aller fleste fyllingsdammer utføres med tetning av tetningsmasser, behandler veilederen først og fremst slike typer. I avsnitt 4.3 omtales spesielle forhold angående fyllingsdammer med tetningsdekke på oppstrøms skråning, og i avsnitt 4.4 fyllingsdammer med tetningsvegg inne i dammen.

4.2 Fyllingsdammer med tetningsmasser

4.2.1 Krav til damfundamentet

De tre hovedkravene som må stilles til grunnen under dammen er at den:

- må tåle vekten av dammen og vanntrykket uten at det oppstår store setninger
- må være tett nok
- ikke må graves ut av strømmende vann

Fast fjell uten store sprekker oppfyller disse kravene, og er den ubetinget beste byggegrunn. Hvis det er partier med oppsprukket og løst dagfjell, må det renskes opp så en tetningssone kan føres til tett fjell. Åpne sprekker må tettes for å unngå lekkasjer.

Ved små dybder til fjell bør alle løsmasser under hele dammen fjernes. Ligger fjellet så dypt at det er vanskelig og dyrt å grave seg ned, kan det være tilstrekkelig å grave til fjell i minst 3 m bredde under dammens tetningssone, mens dammen forøvrig fundamenteres på løsmassene. Disse massene må da være fast lagret og ha god bæredyktighet, men behøver ikke å være tette.

Hvis fjellet ligger dypt, kan fyllingsdammer også bygges i sin helhet på løsmasser som tilfredsstiller de krav som må stilles, og som er omtalt under punkt 4.2.2.

4.2.2 Grunnundersøkelser og bedømmelse av løsmasser

Når en dam skal bygges helt eller delvis på løsmasser, må det foretas grunnundersøkelser for å se om massene tilfredsstiller de kravene som må stilles til damfundamentet. Slike undersøkelser foretas enklest ved å grave groper til fjell, eller til en dybde som ikke bør være mindre enn oppdemningshøyden på stedet. En må være oppmerksom på at selv ganske tynne lag av f.eks. grus eller sand kan være av stor betydning for fundamentets tetthet. Lag av silt eller fin sand kan graves ut av strømmende vann, og være en fare for dammens sikkerhet. Er en i tvil om massetypene, bør en få en geoteknisk kyndig til å vurdere prøver av disse, eller se på forholdene på stedet.

For beskrivelse av de enkelte massetypene henvises til pkt. 2.4. Om deres egenskaper som fundament for fyllingsdammer kan forøvrig angis:

Morene som er fast lagret og har god kornfordeling vil gi et godt fundament. Hvis morenen inneholder lag av grus eller grov sand, kan det være nødvendig å føre ned en tetningssone som bryter disse, for å unngå lekkasjer. Hvis det forekommer lag av finsand eller silt, kan de geotekniske vurderinger som må foretas, være så krevende at de bare kan utføres av sakkyndige.

Leire og siltig leire som er fast lagret, er godt egnet som damfundament. Ved bygging på tørrskorpeleire må det imidlertid treffes tiltak for å unngå lekkasjer. Oppfylte masser av uttørket og oppsprukket leire er ikke brukbare som damfundament. Slike masser kan bl.a. forekomme på områder som er planert ut.

Dammer kan ikke fundamenteres på bløt leire eller kvikkleire, uten helt spesiell assistanse av høyt kvalifiserte fagfolk.

Silt og sand. Silt og finsand graves lett ut av strømmende vann, og heller ikke grovere sand er særlig motstandsdyktig. Slike masser er derfor ikke godt egnet som damfundament.

Hvis det ikke finnes noe annet brukbart damsted med bedre grunnforhold, må planleggingen av dammen utføres av sakkyndige. Det kan være vanskelig å finne frem til utførelser som er sikkerhetsmessig tilfredsstillende, og de sikringstiltak som må treffes kan bli kostbare.

Grus- og steinmasser er for utette til å kunne brukes under dammens tetningssone. På tilsvarende måte som angitt under pkt. 4.2.1 for fundamentering dels på fjell og dels på

løsmasser, kan fundamentet bli godt hvis det er mulig å føre en tetningssone ned til tette masser.

Torv og andre organiske løsmasser kan få store setninger ved belastning, og er vanligvis ikke egnet som byggegrunn. Slike masser bør derfor som regel fjernes fra hele damfundamentet.

4.2.3 Dammens virkemåte og krav til massene i de enkelte sonene

En fyllingsdam er vanligvis bygd opp av tre hovedtyper av masser:

1. Tetningsmasser, for å gjøre dammen tilstrekkelig tett.
2. Filtermasser, for å beskytte tetningsmassene mot utvasking.
3. Godt drenerende masser, til dreneringssoner som kan føre ut lekkasjevann, og som støttefyllinger.

Riktig benyttet i en damfylling vil egnete masser gi en tett, sikker og varig dam.

I det følgende er det gjort rede for hvordan de forskjellige massetypene anvendes, og hvilke karakteristiske egenskaper de bør ha.

4.2.3.1 Tetningsmasser

Som tetningsmasser anvendes som regel løsmasser med et visst minste innhold av finkornig materiale, som betegnes som finstoff. Finstoff er korn mindre enn ca. 0,06 mm, dvs. silt og leire. Innholdet av finstoff i en tetningsmasse bør være så stort at det fyller ut og tetter alle porer og hulrom mellom de grovere kornene. For å oppnå dette bør minst 15 % av vekten av den del av massen som har korn mindre enn 19 mm bestå av finstoff.

Masser med tilstrekkelig finstoffinnhold er lett kjennelige ved at de i jordfuktig tilstand kan formes til klumper som henger godt sammen. Egnete tetningsmasser er morene med tilstrekkelig finstoffinnhold, og leire som ikke er for bløt. Silt er ikke godt egnet, fordi den har lett for å bli gravet bort. Torv har vært anvendt med godt resultat både i eldre og i enkelte nyere smådammer. En må imidlertid være oppmerksom på at torven kan tørke ut og bli utett hvis dammen blir liggende tørr i en lengre periode. Når vannstanden heves igjen, kan det da bli relativt store lekkasjer inntil torven igjen er vannmettet.

En tetningssone i en fyllingsdam vil aldri bli helt tett. Vanntrykket vil presse vann gjennom porene mellom de enkelte korn. Strømningsretningen vil være fra vannsiden av tetningssonen og mot områder med lavere trykk, dvs. mot dammens nedstrøms side. Når porene i tetningsmassene blir helt fylt med vann under trykk, vil fastheten av massene bli redusert. For å unngå utglidninger må derfor skråninger av tetningsmasser enten gjøres tilstrekkelig slake, eller støttes opp av godt drenerende masser.

4.2.3.2 Godt drenerende masser

I denne veilederen brukes betegnelsen godt drenerende masser om løsmasser som er så grovkornede at vann kan renne lett igjennom dem. Hulrommene mellom de enkelte kornene må være så store at det ikke kan bygge seg opp noe vanntrykk i massen, selv om det skulle bli en del lekkasje gjennom dammen. Godt drenerende masser kan bestå av steinig grus, utsortert stein, sprengstein, pukk eller kult. Slike masser brukes som støttefyllinger i dammer med begrenset tetningssone av løsmasser, med tetningsdekke på

oppstrøms skråning, og i dammer med tetningsvegg eller tetningsmembran inne i dammen.

Godt drenerende masser brukes også til drenering og beskyttelse av nedstrøms damfot og skråning ved dammer som for det meste er bygd opp av tetningsmasser. Tetningsmassene i slike dammer kan bli så oppbløtte av vann som siver gjennom dammen at de må støttes opp. Lekkasjevann må dreneres ut fra damfoten, for å få sikkerhet for at det ikke kan oppstå utgravninger eller glidninger.

4.2.3.3 Filtermasser

Vannsiget gjennom tetningssonen vil forsøke å rive med seg små korn. Skjer dette, kan tetningsmassene etter hvert bli utvasket og miste sin tetningsevne. Dette kan føre til store lekkasjer, og eventuelt til dambrudd.

En slik utvasking kan forhindres ved å sørge for at de massene som grenser opp til tetningsmassene har en kornsammensetning som tetningsmaterialene ikke kan passere igjennom. Slike masser kalles filtre for tetningsmassene.

Steinig grus oppfyller som regel kravene til filter for tetningsmasser av morene. Tetningsmasser av leire må beskyttes med et ekstra filterlag av mer finkornet materiale, f.eks. sand.

Dersom støttefyllingen består av grove masser, som sprengstein eller utsortert grov stein fra grustak eller steinrøys, kan det være fare for at et grusfilter kan bli ødelagt ved at de finere massene vaskes ut gjennom åpningene mellom de store steinene. Det må da bygges inn et ekstra mellomfilter, som inneholder så mye stein at en slik utvasking ikke kan finne sted.

Det kan være nødvendig med filtersoner også andre steder i en dam, hvis det er stor forskjell på kornstørrelsene fra en sone til en annen. Dette vil bl.a. være tilfelle når det legges et lag av stor stein som bølgebeskyttelse på oppstrøms skråning. Filter vil også være nødvendig under en fylling av stein som fundamenteres på morene eller andre finkornete masser.

4.2.3.4 Fiberduk

Hvor det er vanskelig å finne egnete masser til filter, kan en i stedet anvende syntetisk fiberduk. Slik duk lages av forskjellige typer plastfibre, og anvendes her i landet særlig som filtre ved vegbygging.

Det bør velges en filtet utførelse. Slik duk er bedre egnet som filter i dambygging enn typer som er fremstilt ved veving.

Fiberduk slipper vannet lett igjennom, men holder tilbake både grove og fine mineralkorn. Karakteristiske egenskaper ellers er stor tøyelighet og holdbarhet.

Statens Vegvesen ved Veglaboratoriet gjennomfører en systematisk prøving og klassifisering av de merkene som tilbys her i landet. Materialdata, levering og priser stilles sammen i tabellform. Disse opplysningene kan fås ved henvendelse til Veglaboratoriet i Oslo eller til nærmeste Fylkesvegkontor. For dambygging vil det som regel bare bli aktuelt med duk i bruksklasse III eller IV, dvs. typer som tåler å fylles ned med stein.

Fiberduk er rimelig i innkjøp, lett å transportere og legge ut, og tar liten plass i dammen. Den kan anvendes på både horisontale og vertikale flater og i skråninger. Fiberduk kan derfor ofte være et godt alternativ til et vanlig filter selv om det er mulig å skaffe egnet filtergrus. Ved reparasjon av eldre dammer kan anvendelse av fiberduk by på spesielle fordeler.

4.2.4 Utforming av damtverrsnittet

Utformingen av damtverrsnittet er avhengig av hvilke masser en har til disposisjon, og de påkjenninger dammen kan bli utsatt for.

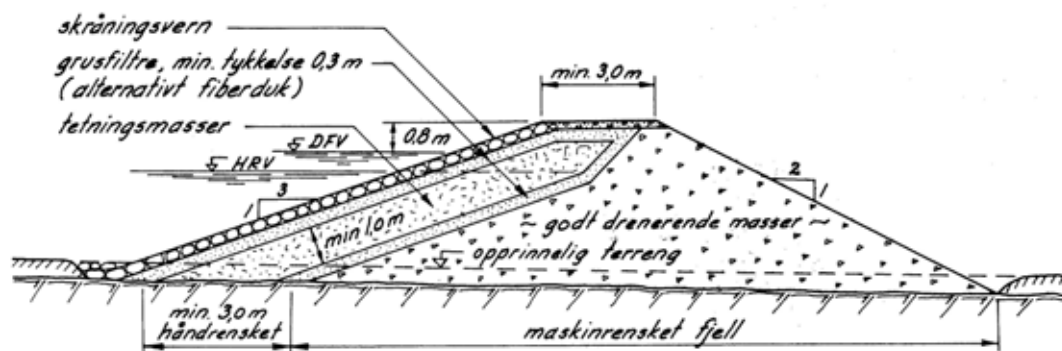
Forholdet mellom kostnadene for tetningsmasser og godt drenerende masser ved det aktuelle damsted vil bestemme de innbyrdes sonestørrelsene i damtverrsnittet.

Når tetningsmassene er kostbare, gjøres tetningssonen minst mulig, bare tilstrekkelig til at dammen blir tett nok. Fig. 4.2, 4.3 og 4.4 viser som alternativ A tverrsnitt av slike dammer ved forskjellige grunnforhold.

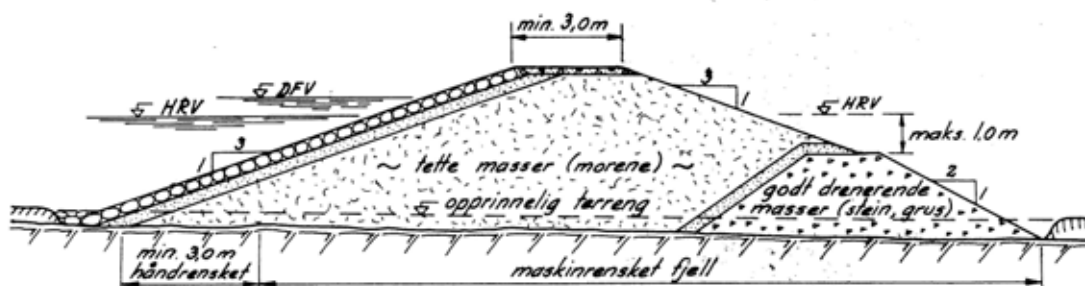
Når tetningsmassene er rimelige og grus eller steinmassene kostbare, kan det lønne seg å begrense anvendelsen av de godt drenerende massene til det som er nødvendig for å beskytte nedstrøms damfot og damskråning mot utvaskning og utglidninger. Fig. 4.2, 4.3 og 4.4 viser som alternativer B og C utførelser av slike damtverrsnitt ved forskjellige grunnforhold.

Det er viktig å få tett forbindelse mellom tetningssonen og fjellet eller de tette løsmassene en slik sone føres ned til. Opprensingen på dette partiet må derfor være spesielt nøye. Dreneringsgrøften som på fig. 4.3 og 4.4 er vist på nedstrøms side av dammen, skal ta vare på det lekkasjevannet en alltid må regne med kan finne vei gjennom eller langs fundamentet. Den fylles med godt drenerende masser, fortrinnsvis stein, for å sikre at damfoten ikke kan bli gravet ut selv om lekkasjene skulle bli forholdsvis store.

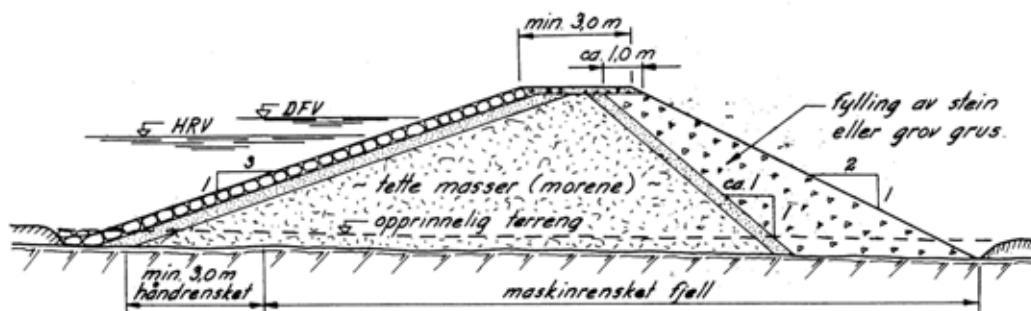
Damtverrsnittet må utformes slik at dammen får stabile skråninger, tilstrekkelig høyde og en rimelig bredde på toppen. I de følgende punktene er det gjort rede for hva som må gjøres for å oppnå dette.



Alt. A Dam med smal sone av tetningsmasser.

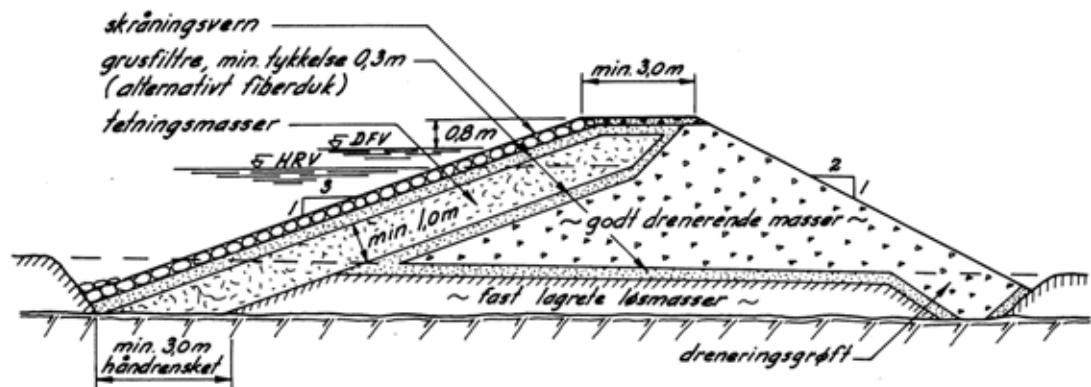


Alt. B Dam for det meste av tetningsmasser, med nedstrøms damfot som dreneringssone.

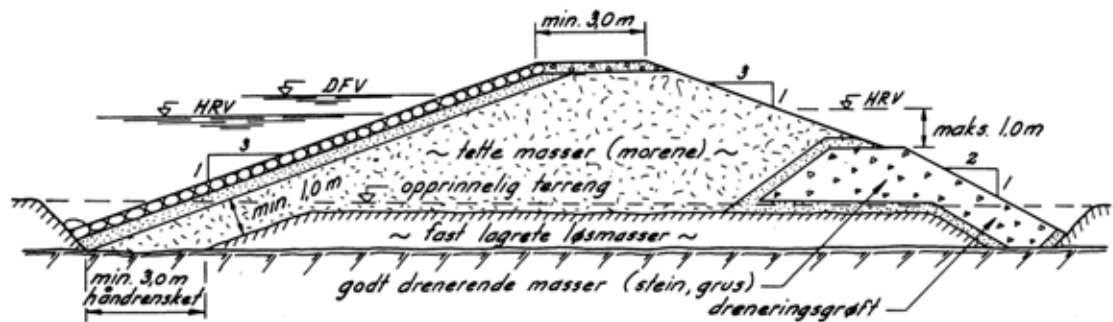


Alt. C Dam for det meste av tetningsmasser, med nedstrøms dreneringssone i full damhøyde.

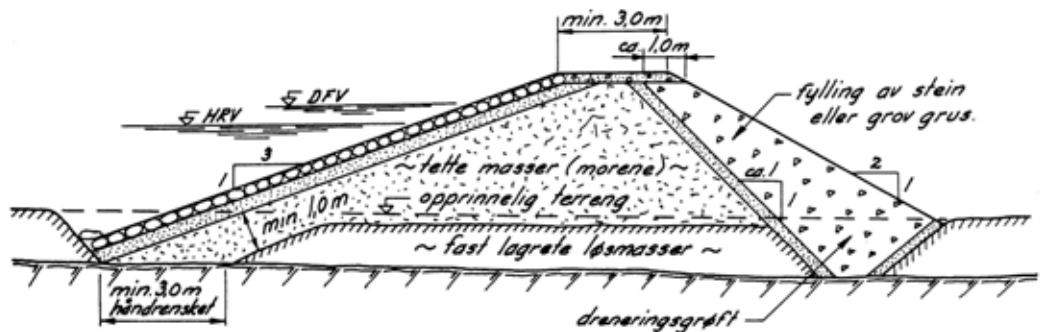
Fig. 4.2 Fyllingsdammer fundamentert på fjell.



Alt. A Dam med smal sone av tettingsmasser.

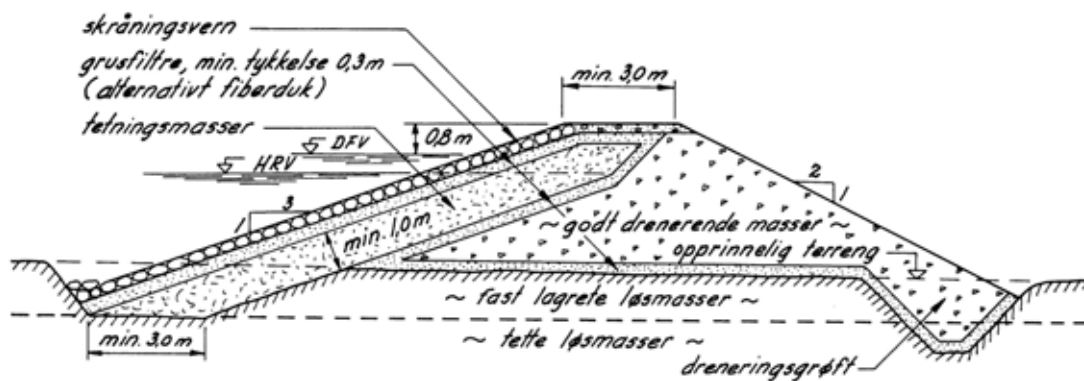


Alt. B Dam for det meste av tettingsmasser, med nedstrøms damfot som dreneringssone.

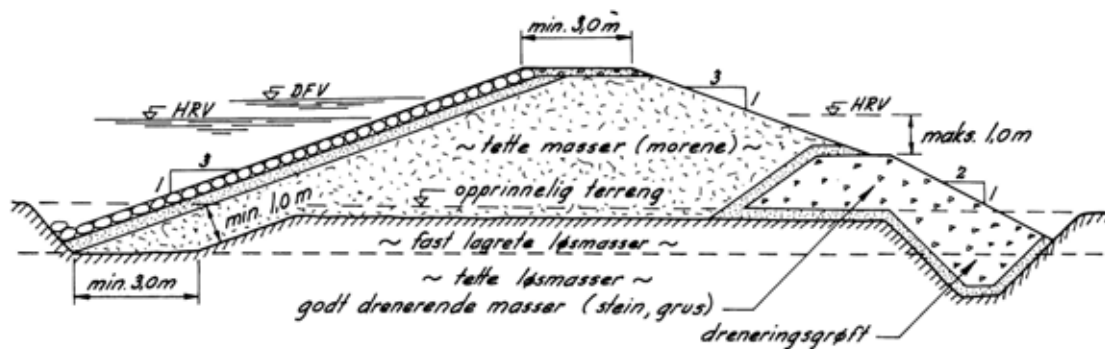


Alt. C Dam for det meste av tettingsmasser, med nedstrøms dreneringssone i full damhøyde.

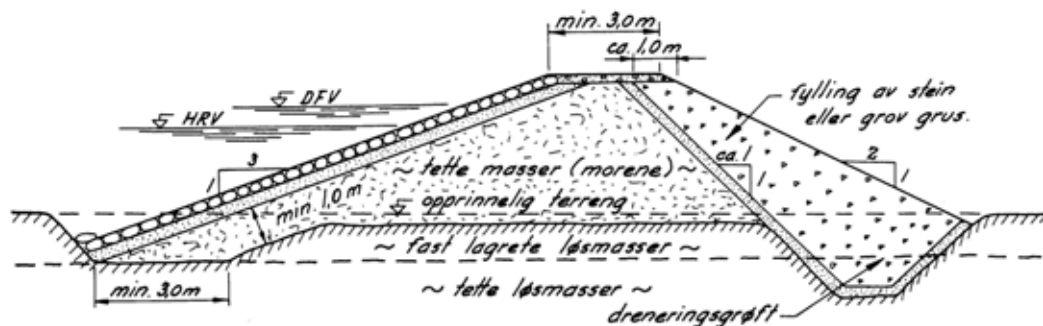
Fig. 4.3 Fyllingsdammer hvor bare en tettningssone og en dreneringsgrøft er ført til fjell.



Alt. A Dam med smal sone av tettingsmasser.



Alt. B Dam for det meste av tettingsmasser, med nedstrøms damfot som dreneringssone.



Alt. C Dam for det meste av tettingsmasser, med nedstrøms dreneringssone i full damhøyde.

Fig. 4.4 Fyllingsdammer fundamentert på løsmasser.

4.2.4.1 Oppstrøms skråning

Faren for glidninger i en fylling er avhengig av hvilke masser den består av. Stein og andre drenerende masser kan stå med brattere skråninger enn mer finkornede masser. Ved små dammer er det lite å vinne ved å bruke skråninger som ligger på grensen til det som er teknisk mulig, det er bedre å holde seg litt på den sikre siden. Når det ikke gjennomføres egne stabilitetsberegninger, anbefales derfor helninger på 1 : 3 der hvor fyllingen under skråningsbeskyttelsen består av tetningsmasser, og 1 : 2 hvor den består av godt drenerende masser.

Hvis det har stor økonomisk betydning at skråningen gjøres noe brattere, kan dette som regel være forsvarlig, dersom damfundamentet består av fjell eller fast morene. Ved mindre bæredyktige masser i fundamentet vil setningene lett bli for store.

Tetningsmasser som f.eks. finkornet morene vil ikke ligge stabilt og uten telesig i skråninger brattere enn ca. 1 : 3, mens mer grovkornete tetningsmasser kanskje kan ligge forholdsvis godt i skråning 1 : 2,5 eller 1 : 2. Vanligvis må en imidlertid regne med flere skader og større vedlikehold jo brattere skråningene er. Fyllinger av sprengstein vil som regel stå godt med skråning ca. 1 : 1,5.

Oppstrøms skråning vil bli utsatt for påkjenninger fra bølger, nedbør, is og tele. Skråningen må kunne stå imot alle disse påkjenningene uten å få skader som med tiden kan få betydning for dammens sikkerhet.

Det er som regel bølgene som gir de største påkjenningene. Skråningen beskyttes mot disse med et skråningsvern av stein. Nødvendig steinstørrelse er avhengig av skråningshelningen og de bølgehøyder som kan oppstå. Bølgehøyden avhenger spesielt av vindstyrken og lengden i vindretningen av vannflaten oppstrøms dammen. Nødvendig steinstørrelse i skråningsvernet kan bestemmes etter tabell 4.1.

Skråningsvern som består av ett lag av stein forutsetter en omhyggelig ordning. Steinene må legges slik at hver enkelt stein blir liggende helt støtt. Det må ikke forekomme større hulrom mellom steinene.

Største magasinlengde (målt fra dammen)	Minste steinstørrelse (midlere diameter)
1000 – 500 m	0,40 m (120 kg)
500 – 200 m	0,30 m (50 kg)
mindre enn 200 m	0,20 m (15 kg)

Tabell 4.1 Nødvendig steinstørrelse i skråningsvernet, ved skråningshelning ca. 1 : 3. Ved brattere skråning må steinene være større. Ved f.eks. 1 : 2 må midlere diameter multipliseres med 1,5.

De angitte steinstørrelsene er basert på stein med tilnærmet samme størrelse. På værharde steder kan det være nødvendig å øke tykkelsen på skråningsvernet, f.eks. slik at det blir 2 ganger steinstørrelsen. En økning av tykkelsen kan også ellers være ønskelig for å redusere vedlikeholdsarbeidet. Unntaksvis kan også kravene til skråningsvernet reduseres, dersom dammen ligger slik at den bare får små bølgepåkjenninger. Ved meget

slake skråninger, eller meget små bølger, kan det være tilstrekkelig med et beskyttelseslag av steinig grus.

Stein i skråningsvernet oppfyller vanligvis ikke kravene til filter for de underliggende tetningsmassene, og mange dammer har fått store skader ved at fine masser er blitt vasket ut av bølgene. Det må derfor legges et filterlag av f.eks. steinig grus mellom tetningsmassene og skråningsvernet. Fiberduk kan være et gunstig alternativ til filtermasser.

For dammer med magasiner som har mindre lengde enn 200 m, kan det nyttes sams masse fra f.eks. steinbrudd til skråningsvernet, dersom det er åpenbart at minst halvparten av steinmassen har større diameter enn 0,2 m. Tykkelsen av skråningsvernet bør da ikke være mindre enn 0,5 m, og filter kan som regel sløyfes.

4.2.4.2 Nedstrøms skråning

I tillegg til faren for glidninger, vil nedstrøms skråning stort sett bare bli utsatt for fare for skade fra nedbør og tele. Det anbefales å bruke de samme skråningshelninger som angitt under pkt. 4.2.4.1 for oppstrøms skråning.

I dammer som er bygd opp av tetningsmasser gjennom hele tverrsnittet, kan det som nevnt i pkt. 4.2.3.1, bygge seg opp vanntrykk helt ut til nedstrøms skråning. Ved slike dammer må det derfor bygges inn en fot av godt drenerende masser som kan støtte opp de oppbløtte massene og drenere ut vannet. Toppen av denne foten bør ved små dammer ikke ligge lavere enn 1,0 m under høyeste regulerte vannstand i magasinet. Skråningen videre oppover beskyttes vanligvis også best mot graving av overflatevann med et lag av f.eks. grus.

Ikke drenerende masser som f.eks. morene vil være utsatt for utvasking av overflaten, og det vil ha lett for å danne seg renner og groper. Skråninger med slike masser bør derfor tilsås med gress eller dekket med grus med en gang damfyllingen er ferdig. For å få et sterkt gressdekke må det gjødsles godt.

4.2.4.3 Dammens høyde

Tetningen i dammen må ligge høyere enn den høyeste vannstand som en regner med, dvs. over dimensjonerende flomvannstand (DFV). Vanligvis legges toppen av tetningen ved små dammer minst 0,3 m høyere enn DFV.

Toppen av dammen må ligge så høyt at bølger ikke kan skylle over den. Vanligvis bør den derfor ikke ligge mindre enn ca. 0,8 m over dimensjonerende flomvannstand. Denne høyden kalles da dammens fribord ved dimensjonerende flomvannstand. Dette er også et sikkerhetstillegg en bør ha med tanke på uventede setninger eller skader på dammen, eller uforutsett høy vannstand. En katastrofeflom kan bli betydelig større enn det en vanligvis regner med, og vannstanden i magasinet kan da bli høyere enn dimensjonerende flomvannstand.

Unntaksvis kan fribordet reduseres noe, til minimum 0,5 m. Dette bør bare skje når:

- dammen er så lav at det ikke kan oppstå uforutsette setninger av noen betydning,
- magasinet har så liten utstrekning at bølgepåkjenningene blir uvesentlige, og
- nedbørfeltet er meget lite, slik at fastsettelsen av flomstørrelsen blir pålitelig.

I praksis vil dette først og fremst gjelde smådammer der det meste av tilløpet pumpes eller ledes inn under kontroll, som omtalt under pkt. 2.3.5 og vist på fig. 2.7.

En må være oppmerksom på at damfyllinger alltid vil sette seg noe etter at de er ferdig utlagt. Fyllingene må derfor utføres med et setningstillegg som må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Selv ved små dammer med godt komprimerte masser av stein eller grus bør tillegget være minst 0,1 -0,2 m.

4.2.4.4 Toppen av dammen

Toppen av dammen bør vanligvis ikke være smalere enn ca. 3 m. Hvis det kan være aktuelt å kjøre over den med f.eks. traktor, bør bredden økes til minst 3,5 m. Kjøring over damtopp med mindre bredde vil ha lett for å skade toppen av skråningene.

Når dammen bygges opp av flere materialsoner, vil det som regel være nødvendig med en større bredde enn 3 m for å få til en forsvarlig utførelse.

En for liten bredde på toppen gir dårlig sikkerhet dersom det skulle inntreffe f.eks. uforutsette utglidninger i skråningene.

Toppen av dammen må i tillegg til påkjenninger fra nedbør, frost og eventuell trafikk også kunne tåle bølgesprut. Derfor bør damtoppen som regel få et dekke av f.eks. steinig grus.

4.2.5 Flomløp

4.2.5.1 Arrangement av flomløp

Ved små fyllingsdammer bør flomløpet alltid bygges utenfor dammen. Et slikt flomløp vil som regel bestå av et tilløpsparti, en overløpsterskel, og en kanal eller grøft for å føre vannet tilbake til bekke- eller elveleiet.

Det kan spares mye arbeid hvis det finnes et gammelt bekkeleie eller en forsenkning i terrenget hvor flomløpet kan legges. Ofte kan en da slippe å bygge kanal eller grøft, i hvert fall på enkelte strekninger, hvor en kan la flomvannet renne fritt over det naturlige terrenget. Det er en stor fordel om grunnen består av fjell. Ved løsmasser kan det være nødvendig med forholdsregler som f.eks. steinkledning, eller avtrapping med terskler, for å forhindre ødeleggende graving.

Et vanlig planarrangement for flomløp er vist på fig. 4.5.

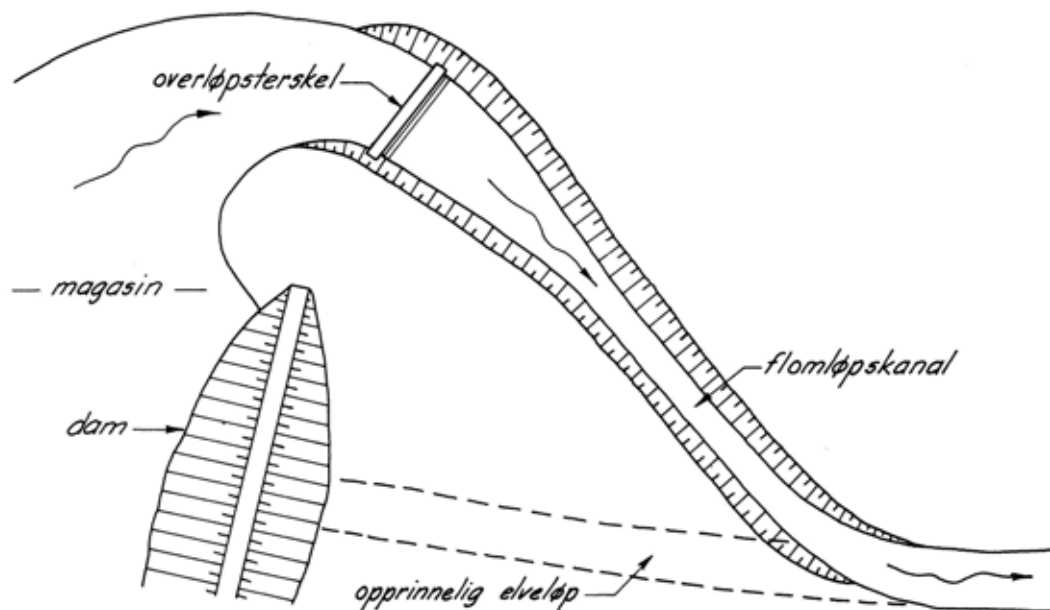


Fig. 4.5 Planarrangement av flomløp.

4.2.5.2 Tilløpsparti

Tilløpet frem til overløpsterskelen bør ha minst samme bredde som lengden av terskelen. For å sikre gode tilløpsforhold og størst mulig kapasitet for overløpet er det en fordel om bunnen overalt ligger en del lavere enn toppen av terskelen. Så langt det med rimelighet er mulig, bør det derfor sørges for at vandedybden blir minst 0,5 m.

Terrenget mellom dammen og overløpsterskelen bør ikke noe sted ligge lavere enn toppen av dammen. Hvis avstanden mellom dammen og overløpsterskelen er stor, vil dette ikke alltid være noe ubetinget krav, såfremt det er helt på det rene at vann som ved en ekstremt stor flom vil renne over lavere partier av terrenget ikke kan skade dammen eller føre til uakseptable utgravinger. Også ellers kan det unntaksvis aksepteres at terrenget utenom dammen ligger noe lavere enn toppen av dammen. Dette kan særlig være tilfelle når terrenget er flatt og vidt, som ved større myrer.

4.2.5.3 Overløpsterskel

Toppen av overløpsterskelen tilsvarer den høyeste regulerende vannstanden magasinet, som vanligvis betegnes som HRV.

Nødvendig overløpslengde kan bestemmes i henhold til punkt 2.3.4, med figurene 2.3, 2.4 og 2.5. Ut fra vannstandsstigningen til dimensjonerende flomvannstand DFV kan en ved hjelp av kurvene på fig. 2.6 også se hvilket avløp en må regne med fra magasinet, dvs. dimensjonerende avløpsflom.

Overløpsterskelen kan utføres på forskjellige måter. Hvor det er fjell i grunnen, er det best å støpe en betongterskel. Hvis fjellet er glatt, må det sørges for at terskelen ikke kan gli, ved at det ved forsiktig sprengning eller kiling lages en fortanning i fjelloverflaten. Tilleggskrefter som vil kunne opptre ved f.eks. istrykk, tas opp ved fjellbolter langs oppstrøms side av terskelen. Et tverrsnitt av en slik betongterskel er vist på fig. 4.6. For øvrig henvises til punkt 6.3, som beskriver terskeldammer av betong.

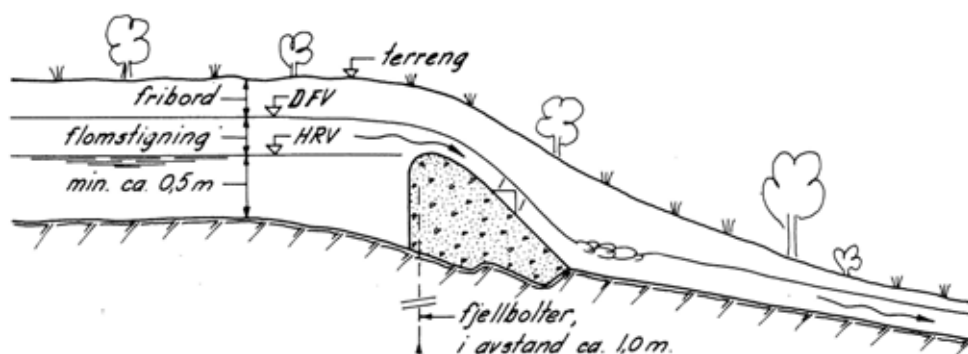


Fig. 4.6 Overløpsterskel av betong på fjell

Hvor grunnen består av løsmasser, kan overløpsterskelen utføres på samme måte som en vanlig terskeldam av løsmasser. Det henvises til punkt 6.2, hvor det bl.a. er angitt hvor store steiner en må bruke på terskelskråningene og på det nærmeste partiet av elvebunnen nedstrøms terskelen.

For å få en fast og sikker høyde på overløpet, og dermed den høyeste regulerte vannstand i magasinet, kan det være fordelaktig å legge inn en rekke ekstra store steiner eller betongblokker med så jevn overkant som mulig. En slik utførelse er vist på fig. 4.7. For å få tett fugene mellom de store steinene kan en legge et lag med tetningsmasser på oppstrøms side av terskelen, som vist på skissen. En enda jevnere og sikrere overløpshøyde får en ved en vegg av betong eller plank, som vist på fig. 4.8.

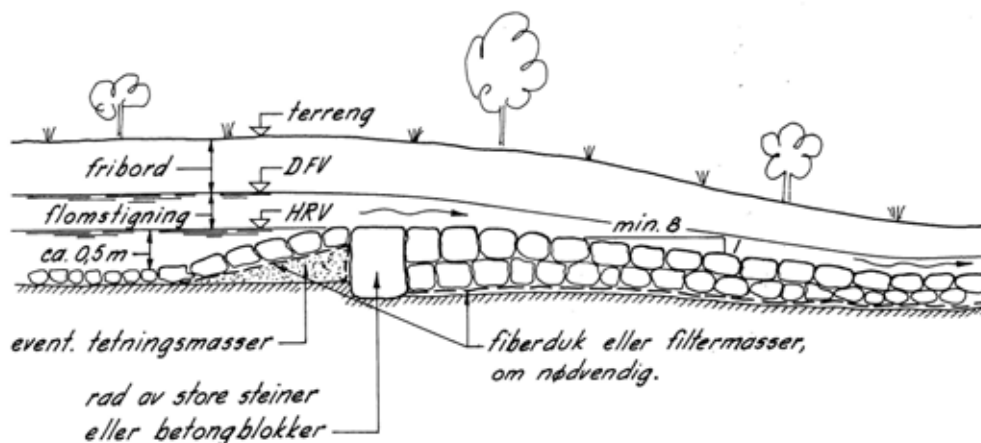


Fig. 4.7 Overløpsterskel av stein på løsmasser.

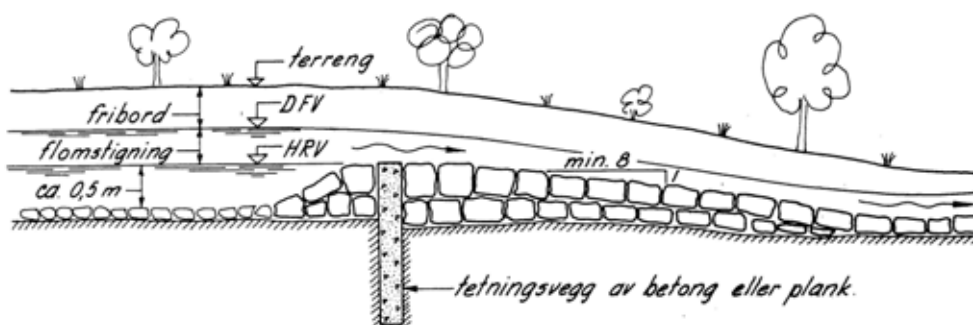


Fig. 4.8 Overløpsterskel av stein med vegg av betong eller plank.

Hvis det er grus eller morene i grunnen, er det som regel ikke nødvendig med noe filter under steinene i terskelen. Særlig ved store vannmengder og høye vannhastigheter kan det imidlertid være fare for at finmasser kan bli trukket ut. Det må derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle om det bør legges inn et lag med filtermasser eller fiberduk, som vist på fig. 4.7.

Ved alle terskler på løsmasser må en være oppmerksom på teleproblemet. Ved telehiving kan høyden bli hevet om vinteren, og vegger som går ned i grunnen kan bli varig hevet dersom de ikke er fundamentert på en telesikker måte. Dette gjelder først og fremst der magasinet tappes ned om vinteren.

4.2.5.4 Avløp fra overløpsterskel til elveleie

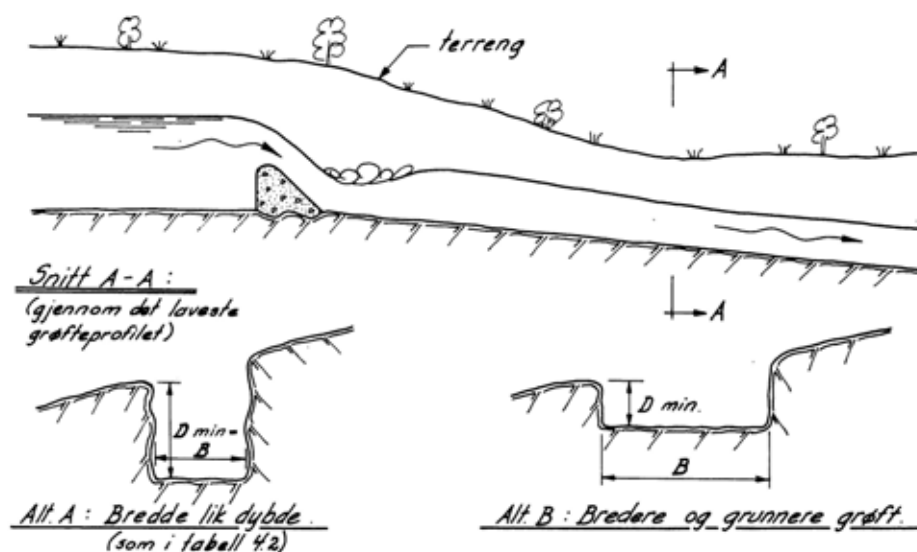
Som regel er det nødvendig å lage en kanal eller grøft for å føre vannet fra overløpsterskelen og tilbake til elveleiet nedenfor dammen. Utløpet må ligge så langt fra nedstrøms damfot at flomvannet ikke kan skade dammen eller damfundamentet.

Helningen på avløpet vil bestemme hvor stor hastighet vannet kan få. Brattere fall gir høyere vannhastighet og derved behov for mindre tverrsnitt for å avlede samme vannmengde. Utformingen av tverrsnittet vil være avhengig av om grunnen består av fjell eller løsmasser,

Hvis terrenget på sidene av avløpet lett vil kunne graves ut, om det ved en ekstremt stor flom skulle renne vann utover det, bør det ved dimensjonering av dybden på grøft eller kanal regnes med en viss overhøyde.

4.2.5.5 Avløpsgrøft i fjell

Fig. 4.9 viser skjematisk hvordan en grøft i fjell kan være, og tabell 4.2 angir kapasiteten ved forskjellige grøftedimensjoner for det alternativ at grøftebredden er lik grøftedybden. Det kan forenklet regnes med at grøftens kapasitet er proporsjonal med grøftebredden. Ved fall f.eks. 1 : 20 vil en 0,7 m bred og dyp grøft ifølge tabell 4.2 kunne avlede 1,2 m³/s, mens en kan regne med at en 2,1 m bred grøft med samme dybde vil kunne avlede ca. tre ganger så mye, dvs. ca. 3,6 m³/s.



Grøftens fall	Kapasitet når bredden og dybden er:			
	0,5 m	0,7 m	1,0 m	1,5 m
1 : 100 = 0,01	0,2 m ³ /s	0,5 m ³ /s	1,4 m ³ /s	4,2 m ³ /s
1 : 50 = 0,02	0,3 – » –	0,8 – » –	2,0 – » –	6,0 – » –
1 : 20 = 0,05	0,5 – » –	1,2 – » –	3,2 – » –	9,5 – » –
1 : 10 = 0,10	0,7 – » –	1,7 – » –	4,5 – » –	13,0 – » –

Tabell 4.2 Kapasitet for grøft i fjell.

Når det er behov for et stort grøftetverrsnitt, er det som regel lettere å sprengne en bred og grunn grøft enn en smal og dyp. En dyp grøft kan også være farligere for folk og dyr, og det kan være nødvendig å gjerde den inn.

De dimensjonene som er angitt i tabell 4, 2, må betraktes som minimumstverrsnitt, og måles på det sted hvor dybden av grøften er minst. Sprengningsdybden kan ofte reduseres ved at den ene eller begge grøftesidene forhøyes med murer av betong eller stein, på kortere eller lengre strekninger.

Det er ikke alltid nødvendig å sprengne grøft, selv om det ikke finnes noen naturlig forsenkning som kan brukes. Fig. 4.10 viser en annen løsning, som kan være gunstig der hvor fjellet skråner på tvers av avløpsretningen. På slike steder kan det være billigere å lage en kanal ved å støpe en langsgående ledemur for flomløpet, enn å sprengne seg ned. En slik kanal vil også være mer oversiktlig enn en grøft, og kan være lettere å holde fri for trestokker og annet som kan komme drivende og sette seg fast og snevre inn tverrsnittet. Dessuten vil en kanal som regel være mindre skjemmende enn en utsprengt fjellgrøft. Hvor påkjenningene fra flomvannet ikke blir for store, og en del lekkasjer ikke vil gjøre skade, kan det være til strekkelig å legge opp en ledemur av stein.



Fig. 4.10 Snitt gjennom avløp på fjell med ledemur av betong.

Fig. 4.11 viser et eksempel på anvendelse av ledemur som begrensnings av flomløp langs nedstrøms damside. En fyllingsdam fundamentert på fjell er der avsluttet med en støpt vange, mot et utsprengt overløp med overløpsterskel av betong ved det ene landfestet. Ledemuren videre nedstrøms må ha rikelig høyde, og føres så langt ned at flomvannet selv under en ekstremt stor flom ikke kan grave i damfundamentet eller nedstrøms damfot.

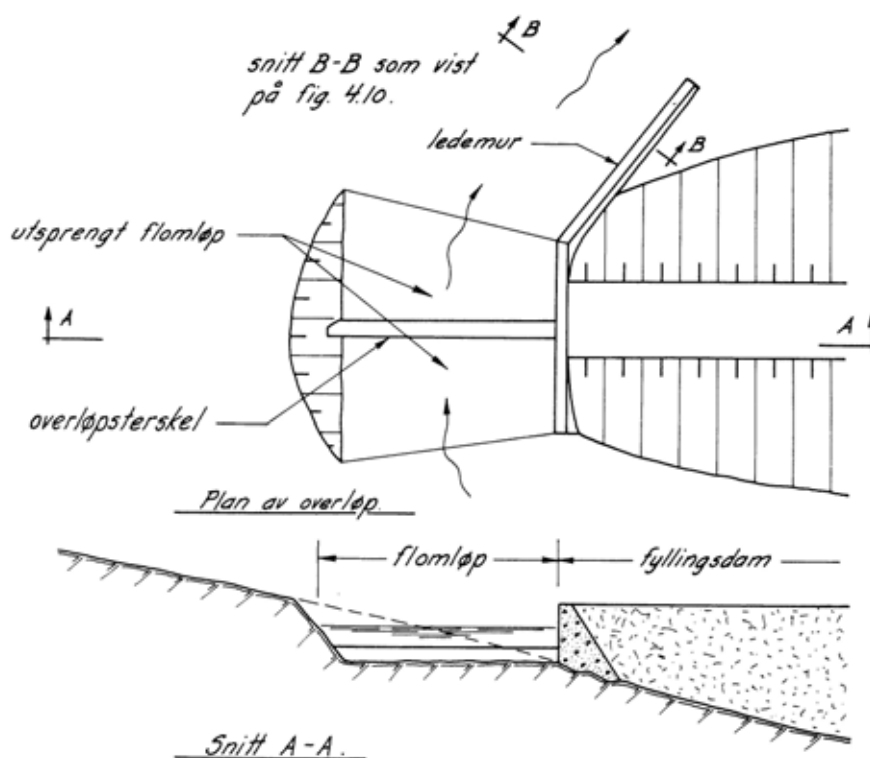


Fig. 4.11 Flomløp på fjell med ledemur, ved fyllingsdam avsluttet med vangemur av betong.

4.2.5.6 Avløpskanal i løsmasser

Flomløpskanaler i løsmasser må sikres med steinplastring for å hindre graving. Ved større vannmengder og vannhastigheter kan en slik sikring bli meget kostbar. Består grunnen av siltige eller sandige masser, som er sterkt utsatt for graving fra strømmende vann, kan det ved stort fall være tvilsomt om en forsvarlig utførelse i det hele tatt er mulig, uten at omkostningene blir uforholdsmessig høye. Ved vurdering av en slik flomløpskanal i løsmasser bør det derfor undersøkes om det kanskje er mulig i stedet å legge kanalen med moderat fall frem til et område med fjellgrunn, hvor vannet kan føres videre i en fjellgrøft.

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å redusere faren for graving i kanalen ved å legge inn små terskler.

Fig. 4.12 viser skjematisk hvordan en kanal i løsmasser kan utformes. Steinsatte sideskråninger utføres som regel med helninger 1:1,5, men det vil ofte være fordelaktig og gi redusert vedlikehold om de gjøres noe slakere.

Når kanalens fall og den maksimale flomvannføring er kjent, kan en ved hjelp av kurvene på fig. 4.13 finne hvilken vanndybde en må regne med ved valg av forskjellige bunnbredder.

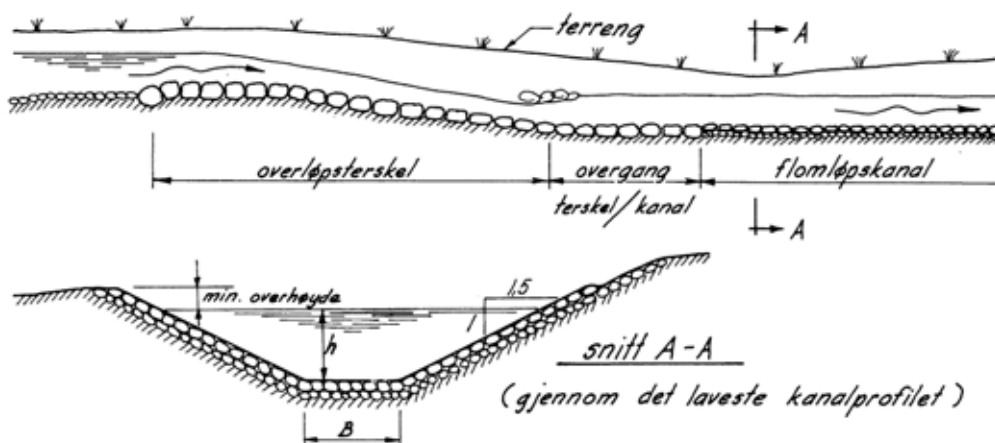


Fig. 4.12 Kanal i løsmasser.

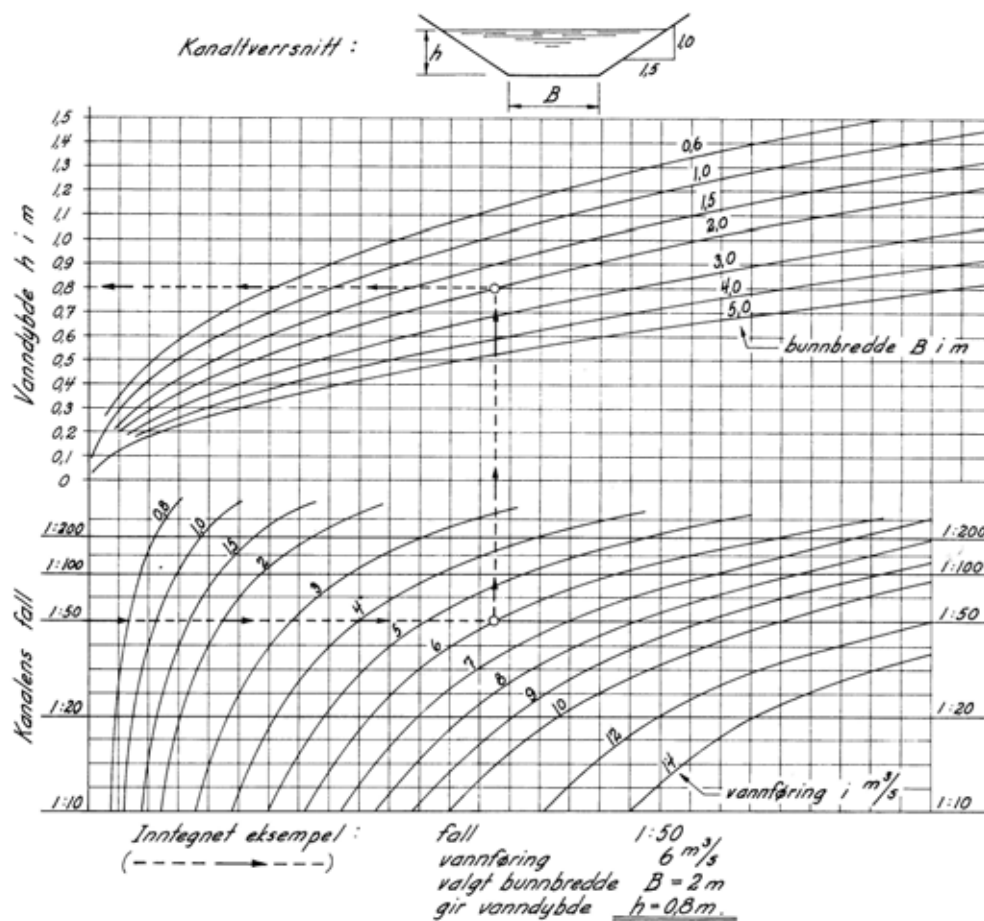


Fig. 4.13 Kurver for dimensjonering av kanaltverrsnitt.

I tabell 4.3 er det angitt hvor store steiner det er nødvendig å anvende ved plastring av kanalens bunn og sider, når en skal ha rimelig sikkerhet for at steinene ikke kan bli revet med av flommen. De angitte steinstørrelser er basert på at det brukes utsortert stein. De må betraktes som minimumstørrelser, og det er forutsatt at hver stein ligger godt støttet

mot nabosteinene. Dessuten må hele plastringen ha en jevnest mulig overflate, uten større fremspring eller groper som kan gi angrepspunkter for vannet.

Kanalens fall	Vanndybde h					
	0,2 m	0,5 m	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m
1 : 10	0,30 m (50 kg)	0,70 m (600 kg)	(1,20 m)			
1 : 20	0,15 m (5 kg)	0,35 m (80 kg)	0,60 m (400 kg)	(0,75 m)	(0,90 m)	(1,10 m)
1 : 50	grov grus (evt. gress)	0,15 m (5 kg)	0,25 m (30 kg)	0,30 m (50 kg)	0,35 m (75 kg)	0,45 m (170 kg)
1 : 100	– » –	grov grus (evt. gress)	0,15 m (5 kg)	0,15 m (5 kg)	0,20 m (15 kg)	0,25 m (30 kg)
1 : 200	– » –	– » –	grov grus (evt. gress)	grov grus (evt. gress)	0,15 m (5 kg)	0,15 m (5 kg)

Tabell 4.3 Nødvendige steinstørrelser for kanaler i løsmasser. Tabellen angir nødvendig midlere steindiameter, (med tilsvarende vekt), for plastring av bunnen og kanalsider med skråning 1 : 1,5.

I kurver må den ytre sideskråningen plastres med større steiner enn det som er angitt i tabell 4.3.

Hvor kravet til midlere steindiameter ikke er høyere enn ca. 0,20 m, kan det i stedet for utsortert stein anvendes sams masser fra steinbrudd, større grøftesprengninger o.l. Det bør da påses at massene er så grove at en vesentlig del består av stein med midlere diameter større enn ca. 0,15 m. Tykkelsen av beskyttelseslaget av slike masser bør ikke være mindre enn ca. 0,5 m.

Sprengt stein ligger bedre i en plastring enn rundstein av samme størrelse, og bør derfor foretrekkes hvis en kan velge.

Hvis grunnen består av masser som lett graves ut av rennende vann, må det legges inn et filterlag under steinplastringen. Ved mer motstandsdyktige masser, som f.eks. morene, er dette som regel bare nødvendig ved kanaler med plastring av stein over ca. 30 kg.

Ved bygging av kanaler i siltige og sandige masser bør en alltid søke sakkyndig hjelp. Unntak fra dette bør bare gjøres hvis vannføringen er liten, fallet svakt, og en utgraving av massene ikke kan føre til nevneverdige skader.

4.2.6 Gjennomløp

Gjennomløp gjennom en dam kan ha to formål:

1. Som tappeløp for uttak av vann fra magasinet.
2. For tørrlegging av damstedet i byggetiden og senere, f.eks. ved ettersyn og utbedring av dammens oppstrøms side.

Erfaringer viser at et gjennomløp gjennom en fyllingsdarn lett vil kunne bli et svakt punkt, hvor det kan oppstå lekkasjer. Konstruksjonene må derfor utformes slik at dette forhindres, og en må være til det ytterste omhyggelig med arbeidet ved utførelsen. I tillegg må det sørges for at eventuelle lekkasjer langs gjennomløpet kan dreneres ut uten at det fører til utgraving av masser fra damfyllingen.

Som gjennomløp kan anvendes rør av stål, betong eller plast. Hvis det kan opptre tele under noen del av gjennomløpet bør det ikke anvendes stive rør, som kan brette ved ujevn telehiving. Ved større vannmengder kan det også være aktuelt med en kulvert av armert betong, støpt på stedet. Slike kulverter må beregnes og tegnes av betongfagfolk, og blir ikke behandlet nærmere her.

Ved rørgjennomløp må det påses at skjøtene er helt vanntette. Rørene må ikke bare dimensjoneres for det største innvendige vanntrykk de kan bli utsatt for, men de må også med god sikkerhetsmargin kunne tåle vekten av damfyllingen. For å redusere mulighetene for lekkasje langs rørene forsynes disse ofte med krager av stål eller plast, sveiset eller limt til rørene i tetningssonen. Det er imidlertid delte meninger om nytten av slike krager. Ved bruk av stive krager kan røret bli liggende og ri på kragene når massene i dammen setter seg. Dette kan åpne lekkasjeveier under røret, og slike stive krager kan derfor som regel ikke anbefales.

Myke krager av 1,5 til 2,0 mm butylfolie har vært anvendt med godt resultat. Det brukes gjerne to krager, plassert i ca. 2 m avstand i den tette sonen i dammen. Størrelsen på folien må tilpasses rørdimensjonen, f.eks. 1,0 x 1,0 m for rørdiameter opptil 300 mm, og ved større rør 0,6 m utenfor rørveggen. Folien monteres på røret ved å klippe et hull noe mindre enn rørdiameteren og trekke folien inn på røret fra vannsiden. Standard butyl limbånd limes stramt over skjøten mellom kragen og røret.

Et godt resultat er avhengig av at kragen ikke kommer ut av stilling ved innbyggingen, og at tetningsmassene rundt røret og kragen overalt blir jevnt og godt komprimert. Dette må gjøres ved håndstamping av tette og passe fuktige masser. Arbeidet kan lettes ved at folien festes i overkant til en planke og holdes stramt på plass mens massene fylles opp og komprimeres likt på begge sider. En slik utførelse er vist på fig. 4.14. Eventuelt kan folien i stedet holdes stram under tilbakefylling og komprimering ved at den festes med klyper i overkant og på begge sider til en løs ramme. Rammen må da flyttes opp etter hvert som grøften fylles.

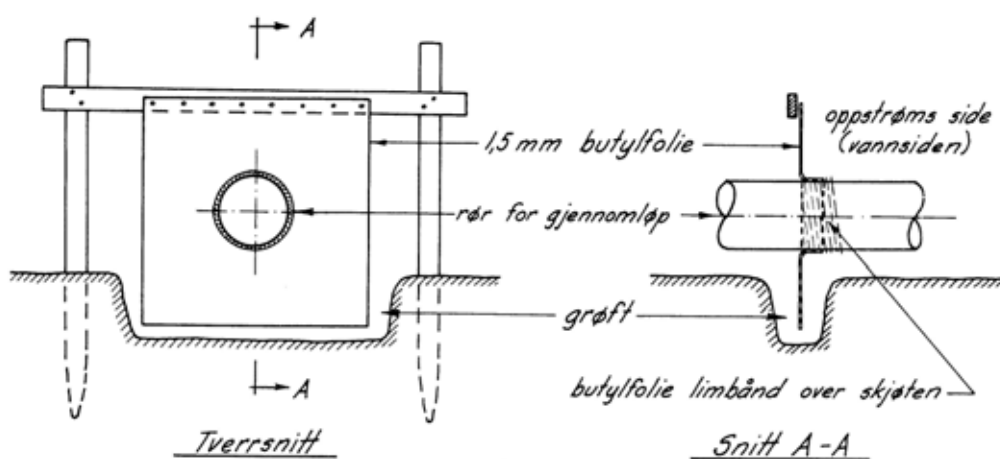


Fig. 4.14 Sikring av rørgjennomføring ved bruk av tetningskrager.

I stedet for å bruke tetningskrager kan det være en bedre løsning å støpe inn røret gjennom tetningssonen. Er tetningssonen svært bred, dvs. ved dammer som i det alt vesentlige er bygd av tetningsmasser, er det tilstrekkelig med innstøpning på en lengde av minimum

ca. 4 m i oppstrøms del av dammen. Røret må skoles opp i riktig høyde før det støpes inn, f.eks. ved at det støpes smale fundamenttribber i passende avstander. Det må påses at røret ligger så høyt over grunnen at det overalt er plass til minst 50 mm betong under det. Ved fjellfundament må fjellet under sålen gjøres godt rent ved kosting og spyling før støpingen. Ved løsmassefundament støpes mot tett uforstyrret grunn, som vil gi bedre tetning enn en avrettet grunn. Sidene på omstøpen gjøres skrå for å lette komprimeringen og få en god tetning mellom betong og tetningsmasser.

Utenom det partiet som støpes inn kan røret legges i en grusseng, men det må sørges for så god understøttelse at røret ikke kan forskyve seg og skades under det videre arbeide med dammen. Lekkasjevann langs røret må fanges opp av en god drenasje, med filter og solid steinsetting ved utløpet. Det henvises til fig. 4.15.

Et tappeløp må være utstyrt med et stengeorgan, som regel en ventil eller en luke. Stengeorganet kan plasseres oppstrøms eller nedstrøms dammen, eller i en kum inne i fyllingen. En slik kum må ikke plasseres i en smal tetningssone, hvor den kan skape problemer for komprimeringsarbeidet og tetningen.

Plasseres stengeorganet oppstrøms dammen, må reguleringsratt eller spill monteres over vannet på en plattform med adkomst via en gangbro, eller styringen må foretas fra damtoppen ved overføring langs damskråningen. Begge løsninger blir relativt kostbare og byr på problemer om vinteren, men de gjør det mulig å plassere stengeorganet frostfritt i vannet.

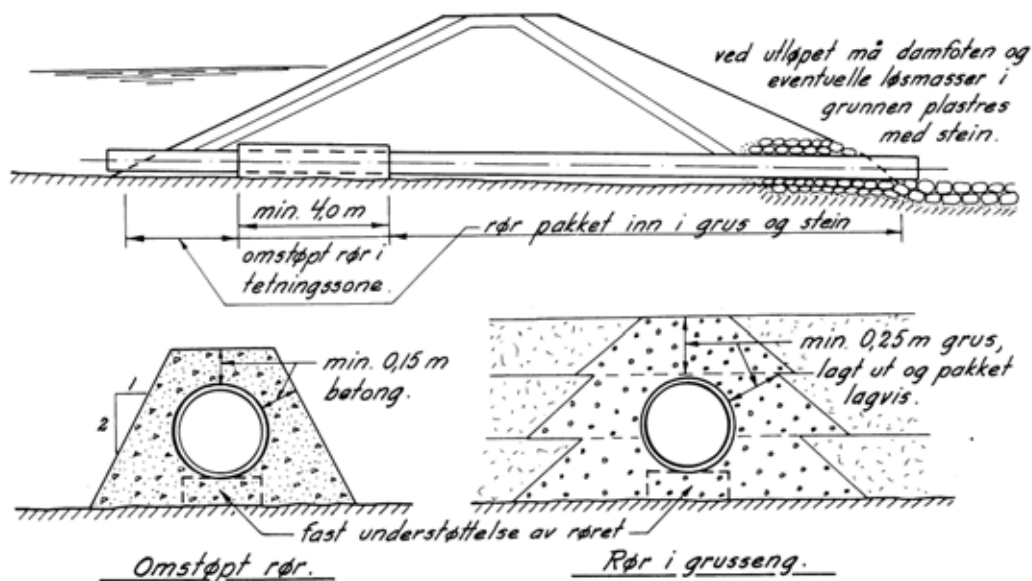


Fig. 4.15 Gjennomløp i fyllingsdammer.

Plasseres stengeorganet nedstrøms, eller i en kum i dammen, er adkomsten grei. Det må imidlertid anses som en sikkerhetsmessig ulempe at et rørbrudd lettere kan føre til skader på dammen når røret blir stående under vanntrykk gjennom hele tetningssonen.

Hvis gjennomløpet skal brukes til tapping om vinteren, eller kan bli stående fylt med vann om vinteren, må både røret og stengeorganet legges frostfritt, eller på annen måte

sikres mot frysing. Føres det tappeledning videre fra dammen, må grøft for ledningen ikke føres lenger inn under dammen enn sonen med godt drenerende masser, og grøften må fylles igjen med godt drenerende masser.

Alternative plasseringer av stengeorganet er vist på fig. 4.16.

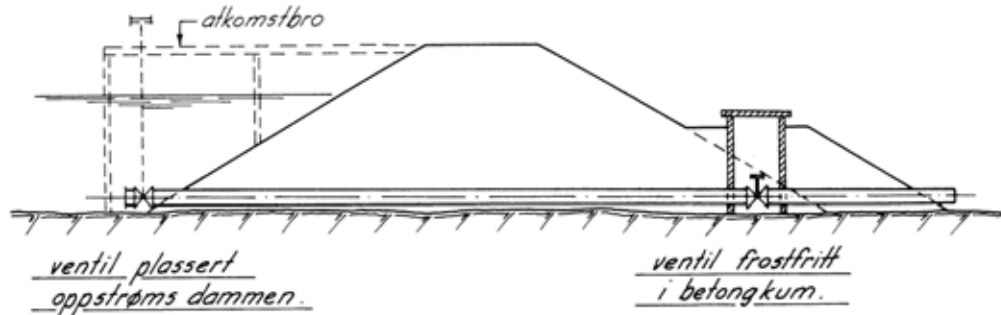


Fig. 4.16 Gjennomløp i fyllingsdammer, alternative plasseringer av stengeorgan.

Ved små anlegg hvor en bare har bruk for vann i kortere perioder kan det foretas tapping ved å legge en hevertledning over damtoppen, eller nødvendig vann kan pumpes. På denne måten kan en oppnå besparelser og unngå teknisk vanskelige løsninger.

Ved fiskedammer har det fra lang tid tilbake vært vanlig å bygge gjennomløpet som en såkalt «munk», Hensikten med en munk er at det skal være mulig å holde den vannstand en til enhver tid ønsker i magasinet, og at vann skal kunne tappes ut uten at fisk unnslipper.

Når anlegget skal tømmes, kan inntakssilen og alle reguleringsplankene tas opp, og fisken samles opp i en nettingkurv under utløpet på nedsiden av dammen. Prinsippet for en munk er vist på fig. 4.17.

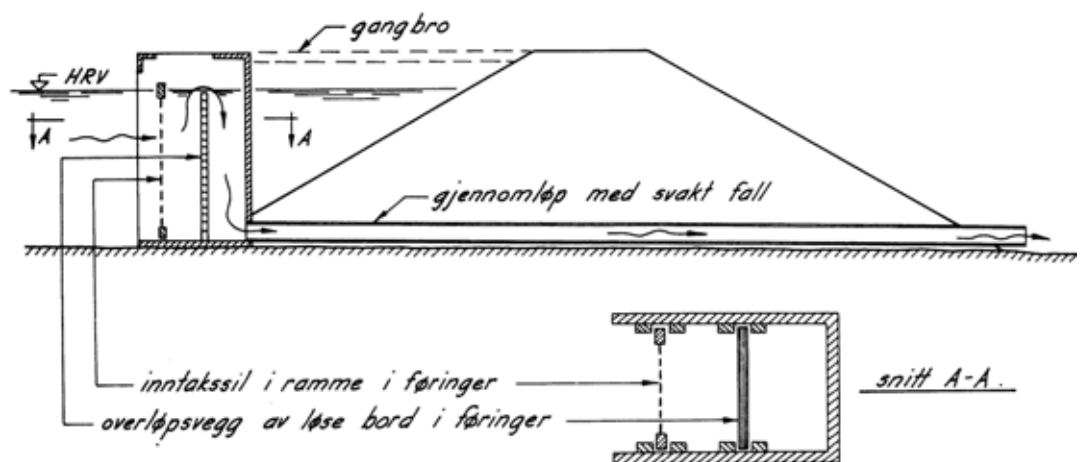


Fig. 4.17 Prinsippskisse for «munk».

Munken består av en vertikal inntaks- og overløpsdel, og et horisontalt gjennomløp gjennom dammen. Den har vanligvis vært utført av tre, men for å få større holdbarhet og sikkerhet bør som regel i hvert fall gjennomløpet gjennom dammen utføres av solide rør som bygges inn som angitt for vanlige gjennomløp. I den senere tid er det vanlig å utføre også den vertikale inntaksdelen av betongrør, som vist på fig. 4.18.

I inntaksdelen i en munk er oppstrøms side åpen, mens vangene og nedstrøms side er tette. Vangene har to sett føringer. I nedstrøms føringer settes det ned løse horisontale bord eller planker, som gjør det mulig å regulere høyden på overløpet. I oppstrøms føringer settes ned en inntakssil. Det kan enten velges en sil i full høyde, som vist på figurene 4.17 og 4.18, eller en lavere sil som settes inn i ønsket dybde ved at det legges inn flere eller færre bord eller planker over og under silen. Silen kan lages som en ramme av tre, med silflate av aluminiumplater som er perforert med avlange hull som er så små at fisken ikke kan komme igjennom.

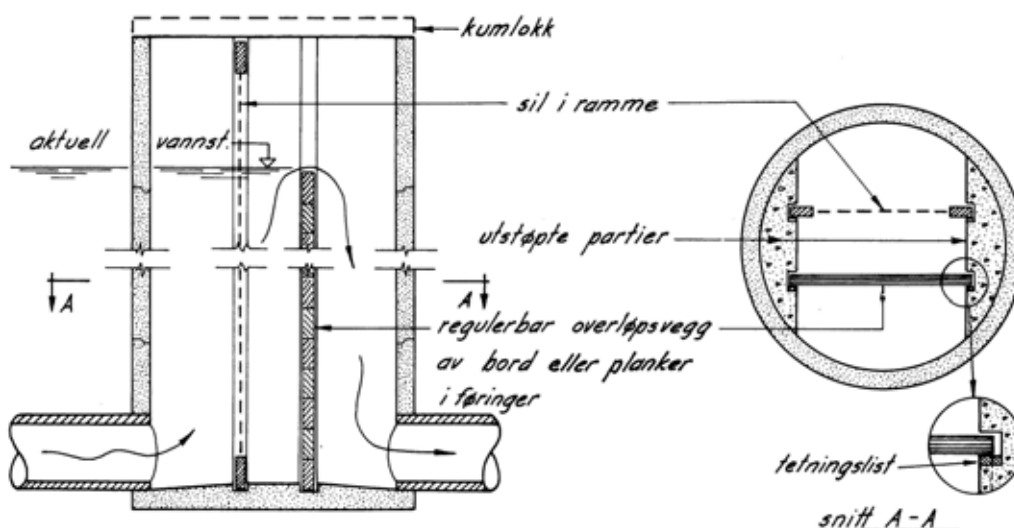


Fig. 4.18 Munk av kumringer av betong.

Ved bygging av en munk må en være oppmerksom på telefaren, dersom det er telefarlige masser under deler av anlegget. Særlig er forbindelsen mellom den vertikale og den horisontale delen utsatt for å bli utett og skadet ved bevegelser i grunnen.

En munk egner seg best for små dammer som ikke ligger i elveløp, men hvor vannet ledes regulert inn til magasinet. Flomproblemene vil da ikke bli så store. Tappekapasiteten gjennom en munk vil aldri være særlig stor, og det vil alltid være fare for tilstopping av f.eks. løv, kvist og torv. Det bør derfor alltid bygges et eget flomløp, for å sikre at dammen ikke kan bli overflommet.

Ved dammer med egne nedbørfelt som kan gi nevneverdige flomtilløp vil kravene til flomløpskapasitet, damtoppens høyde over dimensjonerende flomvannstand m.v. være de samme for en dam med munk som for dammer med andre typer gjennomløp.

4.2.7 Byggearbeidet

4.2.7.1 Generelt

Før byggearbeidene påbegynnes bør alt som skal utføres være nøye planlagt. Som stikkord for dette kan nevnes:

1. Dammens klasse må være avklart og eventuelle tillatelser eller godkjenninger for å bygge dammen må være på plass.
2. Det bør foreligge tegninger eller skisser av dammen. Ofte kan det også være nyttig med en beskrivelse av hvordan de enkelte arbeidene skal utføres.
3. Avtaler om eventuelle materialleveranser, leie av maskiner og arbeidskraft.
4. Vurdering av den tid arbeidene vil ta, med overveielse av følgene av eventuelle forsinkelser.
5. En bør ha klarlagt hvor det kan være mulig å få sakkyndig hjelp, dersom det under arbeidet skulle oppstå uforutsette alvorlige vanskeligheter.

4.2.7.2 Tørrlegging av damstedet i byggetiden

Det er alltid en fordel og oftest en nødvendighet at byggearbeidene kan foregå på det tørre. Ved valg av damsted for en dam over et bekke- eller elveløp må det derfor alltid vurderes hvordan vannet kan skaffes egnet omløp i byggetiden. Dette kan ofte være mer problematisk ved fyllingsdammer enn ved andre damtyper, hvor det kan være lettere å sette igjen en åpning som lukkes til slutt.

Som regel vil det være nødvendig å bygge en liten midlertidig dam oppstrøms damstedet, og ofte må en flytte denne fangdammen eller legge om avløpet fra den flere ganger for å få fullført damfotarbeidene. Ved små vannmengder kan det være fordelaktig å bruke en lett flyttbar slange som avløp, og noen ganger kan det være hensiktsmessig å pumpe vannet forbi damstedet.

Problemene kan fortsatt være like store når en er ferdig med damfotarbeidene og damfyllingen skal bygges opp. Hvis det skal være et tappeløp i dammen, kan det være hensiktsmessig å dimensjonere det med tilstrekkelig kapasitet til å ta unna tilsiget i byggetiden.

Selv om tappeløp ikke er påkrevd for den senere bruk av damanlegget, kan det allikevel være den beste løsningen å bygge et slikt gjennomløp, som så eventuelt kan stenges igjen permanent når dammen er ferdig. En slik avstenging bør alltid ligge ved oppstrøms side av dammen. Et midlertidig gjennomløp må utføres på samme måte og med like stor omhu som et permanent gjennomløp. Det henvises til det som er skrevet om gjennomløp under punkt 4.2.6.

Hvis det skal bygges en lav fyllingsdam over et bredt damsted, kan det være hensiktsmessig å gjøre dammen ferdig fra sidene først, og så til slutt fylle igjen en smal midtseksjon. Dette kan av og til gjøres uten hel tørrlegging, såfremt grunnforholdene er gunstige og vannføringen liten. Dette krever grundige forberedelser og gunstige værforhold, helst med minimal vannføring under avslutningen. Det kan ofte spares noe inn på byggetiden ved å bruke fiberduk istedenfor grusfilter. Ved å utnytte en tørkeperiode kan det under gunstige omstendigheter være mulig å bygge en liten dam uten større vanskeligheter med vann i byggetiden.

Før en innlater seg på slike utførelser må en vurdere faren for at uventet tilsig under arbeidet vil kunne ødelegge det som er utført. Det kan etter en uventet flom bli nødvendig å fjerne restene av det som var fylt opp, og begynne igjen helt fra nytt av. Ikke under noen omstendigheter må en fire på kravene til kvaliteten av arbeidene og dermed sikkerheten av den ferdige dammen.

4.2.7.3 Fundamentering

Ved fundamentering på fjell vil det som regel være en del løsmasser som først må fjernes, men problemene ved fundamenteringen vil vanligvis være små.

Under soner med fritt drenerende masser er det som regel bare nødvendig å ta bort masser som ikke har tilstrekkelig bæreevne. Som regel er det tilstrekkelig å ta bort så mye som en gravemaskin eller traktor kan få med seg.

Under tetningssonen må det være rent fjell. Etter rensla med maskin må derfor det som er blitt liggende igjen der, fjernes med spade og krafse, og til slutt må fjellet gjøres helt rent ved omhyggelig børsting og spyling.

Hvis fjellet har større sprekker som kan tenkes å føre til lekkasjer, må de tettes. Dette kan gjøres ved ifylling med lettflytende sementvelling og mørtel, etter at sprekkenes er gjort så rene som mulig ved utkrafing, børsting og vannspyling.

Hvis fjellet under tetningssonen har overheng eller bratte avsatser, må det flates ut ved forsiktig kiling eller utstøping med betong.

Ved fundamentering på løsmasser må først all matjord og eventuelle myrmasser fjernes. Deretter graves bort det som er nødvendig for å komme ned til tette masser under tetningssonen, og til bæredyktige masser under den øvrige damfyllingen.

Fundamentering av gjennomløp er beskrevet under pkt. 4.2.6.

Når en har full oversikt over massene i hele fundamentet, må det endelig avgjøres hvor det eventuelt er nødvendig med et filterlag mellom løsmasser i fundamentet og fyllinger av godt drenerende masser i dammen. For vurdering av dette henvises spesielt til punkt 4.2.3.3.

4.2.7.4 Fyllinger av godt drenerende masser

Fyllinger av godt drenerende masser bør legges ut lagvis. Passende lagtykkelse kan være ca. 0,5 m for grus og ca. 1,0 m for stein.

Ved små dammer er det som regel ikke nødvendig med noen annen komprimering enn den som foregår ved transport og utplanering. Det må sørges for at massene ikke raser inn på tilstøtende soner hvor det skal være andre massetyper. For vurderinger i denne forbindelse kan en regne med at stabil rasskråning for grus vil være ca. 1 : 1,5 og for sprengstein ca. 1 : 1,3.

Inn mot gjennomløp må de drenerende massene ikke inneholde så store steiner at gjennomløpet kan skades. Utleggingen må skje samtidig til lik høyde på begge sider, for å forhindre forskyvninger.

4.2.7.5 Fyllinger av tetningsmasser

Tetningsmasser må alltid legges ut lagvis og komprimeres. Utleggingen bør skje i horisontale lag av maksimum 0,25 m tykkelse. Steinansamlinger som kan føre til lekkasjer må unngås, og stein større enn ca. 150 mm må sorteres ut og fjernes. Utleggingen foretas med egnet redskap, f.eks. skuffen på en traktor eller gravemaskin, eller med en liten bulldozer eller en traktor med frontskjær.

Massene må være jordfuktige for å kunne pakkes så de blir tette. Telet masse må ikke anvendes. Klumper som ofte kan forekomme ved leire eller andre masser med høyt finstoffinnhold må knuses, og massene bearbeides til de er ensartede.

Ved nedbør må arbeidet stanses i god tid før massene er blitt så bløte at en ikke lenger kan kjøre på dem. Overflatevann og oppbløtte masser må fjernes før arbeidet kan begynne igjen.

Dersom overflaten av tetningsmassene er tørket ut, må den rives opp, vannes og komprimeres på ny før utlegging av neste lag.

Komprimeringen utføres gjerne med samme redskap som brukes ved utleggingen, og bør foretas så snart som mulig etter at massene er lagt ut. Ethvert punkt på overflaten av et lag bør overfares minst 4 ganger av hjulene eller beltene på f.eks. en traktor, bulldozer eller lastebil.

Utlegging av det første lag mot fjell eller betong bør ikke være tykkere enn 0,1 m. Fjellet eller betongen må være godt fuktet, og ha temperatur over 0° C for å unngå at det kan dannes is. Massene må ikke inneholde stein over ca. 30 mm, og en kan eventuelt sørge for dette ved å fjerne større stein med en jernrive under utleggingen. Samme krav til lagtykkelse m.v. må stilles til tetningsmassene rundt gjennomløp, hvor det alltid vil være større fare for lekkasjer enn andre steder i dammen. For å unngå sideforskyvning av gjennomløpet må utleggingen skje samtidig til samme høyde på begge sider.

Komprimering mot fjell eller gjennomløp kan utføres ved stamping for hånd med boks 150 x 150 mm (jomfru), en vibrostamper, eller på enkleste måte ved grundig beintråkking. Tung redskap bør ikke benyttes ved denne komprimeringen, og heller ikke ellers nærmere et gjennomløp enn 1,0 m sideveis og 0,25 m over toppen av konstruksjonen. Dette gjelder også kjøring med traktor, lastebil o.l.

4.2.7.6 Filtre

Filtermasser bør alltid legges ut på avrettet underlag, for å sikre at filteret over alt får den tykkelsen det skal ha. Grusfiltre for små dammer bør være minst 0,3 m tykke, men kan med fordel økes til 0,5 m. På skrå flater mellom de forskjellige soner i dammen kan filteret enten legges ut etter at fyllingen i sonen er ført opp til full høyde, eller bygges inn lagvis i takt og høyde med nabosonene.

Et eksempel på vanlig innbyggingsrekkefølge for de forskjellige sonene i en fyllingsdam er angitt på fig. 4.19.

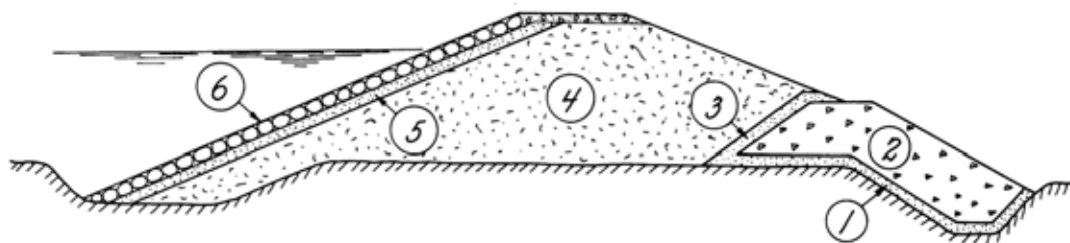


Fig. 4.19 *Rekkefølge for innbygging av soner i en fyllingsdam.*

Ved filtre av steinig grus må det påses at det ikke oppstår steinansamlinger. Dette kan forekomme ved tipping av billass, og filtermasser av steinig grus bør derfor ikke tippes direkte på plass. Hvis en etter tipping i en viss avstand fra der massene skal brukes, ser at det forekommer steinansamlinger, bør massene blandes så sammensetningen blir så ensartet som mulig. Filtermassene legges så på plass med egnet redskap, f.eks. skuffen på en traktor eller gravemaskin.

Krav til lagtykkelser, komprimering, innbygging av masser rundt gjennomløp m.v. er de samme som for tetningsmasser.

Arbeidene kan ofte forenkles ved å bruke fiberduk. Inn mot gjennomløp må duken tilpasses og legges slik at en her er helt sikker på at det overalt er god kontakt. Ved skjøting av fiberduk bør det nyttes minimum 0,5 m overlapping.

4.2.7.7 Skråningsvern

Ved små dammer er det som regel mest praktisk å legge ut skråningsvernet og det underliggende filteret etter at selve damfyllingen er ferdig. Oppbyggingen kan også følge damfyllingen, slik som det gjøres ved større dammer. Denne metoden må nyttes dersom vannet i magasinet stiger mens dammen fylles opp.

Steinene skal plasseres slik at de ligger stabilt, med god innbyrdes kontakt. De må legges slik at hulrommene mellom dem blir så små som mulig.

4.3 Fyllingsdammer med tetningsdekke

4.3.1 Generelt

Denne damtypen består av en støttefylling av godt drenerende masser, med et tetningsdekke på oppstrøms skråning. Tetningsdekket kan f.eks. utføres som et plankedekke av tre, en membran av egnet plastmateriale som dekkes med et lag av grus og stein, eller en plate av armert betong.

Fyllingsdammer med tetningsdekke kan være aktuelle på damsteder hvor det ikke finnes tetningsmasser innenfor akseptable transportavstander, men hvor det er tilgang på rimelige grus- og steinmasser. Videre må det på damstedet være fjell i dagen eller i rimelig dybde.

Rent unntaksvis kan det være mulig å bygge dammer av denne type uten at tetningsdekket føres til fjell, men slike utførelser byr på så store sikkerhetsmessige problemer at planleggingen og kontroll med utførelsen da alltid må foretas av sakkyndige.

Flomløpet bør alltid bygges utenfor dammen, på samme måte som ved fyllingsdammer med tetningsmasser.

Fig. 4.20 viser et typisk snitt av en fyllingsdam med tetningsdekke av tre.

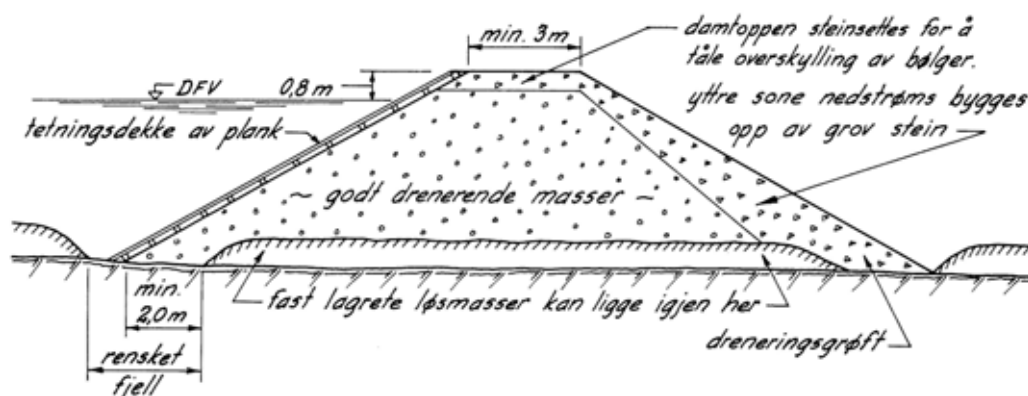


Fig. 4.20 Fyllingsdam med tetningsdekke av tre.

4.3.2 Fundamentering

Tetningsdekket og en sone av fyllingen bak dette på minst 2 meters bredde må fundamenteres på fjell. Har fjellet sprekker må disse tettes. Dette kan gjøres som angitt i pkt. 4.2.7.3.

Damfyllingen forøvrig kan fundamenteres på egnete løsmasser, hvis fjellet ligger så dypt at det ville bli vanskelig og dyrt å grave seg helt ned under hele dammen. For de krav som løsmassene da må tilfredsstillende henvises til punktene 4.2.1, 4.2.2 og 4.2.7.3.

4.3.3 Støttefylling

Skader på tetningsdekket kan medføre konsentrerte lekkasjer gjennom dette. Støttefyllingen må derfor bygges slik at den kan tåle slike lekkasjer uten å få skader av betydning.

Støttefyllingen i dammer med tetningsdekke bygges vanligvis opp av godt drenerende masser, dvs. steinig grus og stein. For å sikre nedstrøms skråning og damfot mot fare for utgraving ved de lekkasjer som kan opptre ved skader på tetningsdekket, må den ytre sonen ha en stor drenasjekapasitet. Denne sonen må derfor bygges opp av grove masser av sprengstein, stein fra røys, overstein fra grustak eller lignende. Se fig. 4.20.

Damfyllingen bør legges ut lagvis, med lagtykkelse ca. 1,0 m. Det er som regel ikke nødvendig med annen komprimering enn den som foregår ved transport og utplanering.

Ved dammer med glatt flate oppstrøms, som f.eks. et tredekke, vil bølger skylle høyere opp enn ved vanlige fyllingsdammer. Toppen av dammen må derfor bestå av masser som tåler bølgesprut og bølgeoverslag, det vil som regel si et lag av forholdsvis stor stein.

4.3.4 Tetningsdekke av tre

Et tetningsdekke av tre kan f.eks. utføres av 48 mm justerte planker, med 23 mm bord over spaltene mellom disse. Plankene legges på åser av dimensjon minst 100 x 100 mm. Åsene legges ut horisontalt i oppstrøms damskråning, i avstand ca. 1,0 m på det øvre

parti, ca. 0,8 m hvor det maksimale vanntrykket blir mellom 2 og 4 m, og ca. 0,6 m hvor vanntrykket blir over 4 m. Det er viktig at åsene har et jevnt og stabilt underlag. Overflaten av skråningen må derfor rettes av med mindre stein, eller det kan støpes ut med betong under åsene. For å hindre at tredekket skal bevege seg ved istrykk eller bølgepåkjenninger må åsene forankres med solide bolter til fjellet i damfoten og til store steiner i fyllingen. Et snitt gjennom et slikt plankedekke er vist på fig. 4.21.

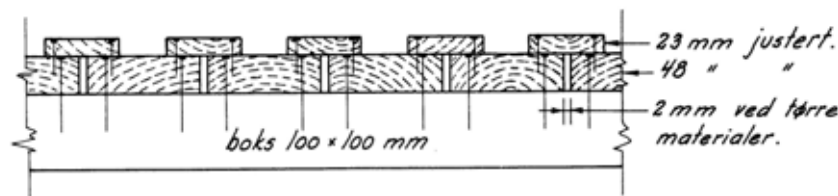


Fig. 4.21 Eksempel på snitt gjennom plankedekke.

Overgangen mellom tetningsdekke og fjell kan være vanskelig å få tett. Hvis fjellet er ujevnt, bør det avrettes med betong. Støp av en betongsokkel kan gi en gunstig løsning, men den blir som regel kostbar. Ved bruk av fiberduk og små mengder med tetningsmasser kan en ofte få gode løsninger. Et eksempel på dette er vist på fig. 4.22.

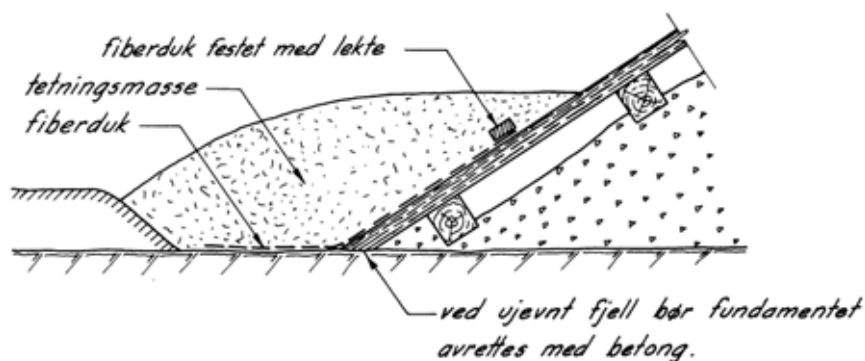


Fig. 4.22 Eksempel på tetning mellom plankedekke og fjell.

Alt treverk som benyttes i dambygging bør være trykkimpregnert. Kreosotimpregnerte materialer er mer stabile og har sikrere holdbarhet enn saltimpregnerte, og bør derfor foretrekkes selv om de ikke er så behagelige å arbeide med. Saltimpregnerte materialer har lettere for å krympe, slå seg og sprekke opp, og vil derfor kunne forårsake noe lekkasje i en dam med plankedekke.

4.3.5 Dekke med membrantetning

Tetningsmembraner som skal anvendes i dammer, må ha stor styrke og lang holdbarhet. Det første krav er at de må være tette ved det største vanntrykk de kan bli utsatt for. Dernest må de tåle å bli presset mellom en steinfylling og en overdekning av grus og stein, og være så tøyelige at de kan forme seg etter et ujevnt underlag. Ved damanlegg vil det alltid være fare for uforutsette mekaniske påkjenninger, og membranen bør derfor ha stor motstandsevne mot f.eks. å bli gjennomhullet av arbeidsredskap eller spisse steiner. Oppstår det et hull, må det ikke lett kunne rives opp videre. Tetningsmembranen må

beholde sine egenskaper gjennom hele dammens levetid. Den må derfor være motstandsdyktig mot de kjemiske og bakteriologiske angrep den kan bli utsatt for, fra stoffer og organismer i vannet, og de masser som omgir den. Kan membranen bli liggende utsatt for sollys, må den være bestandig mot ultrafiolette stråler.

Tetningsmembraner må kunne skjøtes på en enkel og sikker måte. For å få skjøten tett nok, er det som regel nødvendig med sveising eller liming med spesiallim.

Det finnes et stort antall produkter som kan anvendes som tetningsmembraner. De fleste er beregnet for fuktighetsisolering av rom som er utsatt for vanntrykk. Slike membraner er gjerne fremstilt av forskjellige typer plast, asfalt, gummi, glassfiberduk m.v. i flere lag, for å kombinere tetthetsegenskaper og styrke. Tykkelsen er gjerne ca. 1 til 2 mm. Vanlig ca. 0,1 mm tykk plastfolie er for svak og må ikke anvendes i permanente dammer, men kan brukes f.eks. i midlertidige fangdammer og lignende. Det anbefales da å legge to lag folie, for ikke så lett å få gjennomgående hull.

Tetningsmembraner bør legges på underlag som er godt avrettet, f.eks. med grus. Når de benyttes som tetning på dammens oppstrøms side, må de beskyttes mot mekaniske påkjenninger og innvirkninger fra været. Dette gjøres gjerne ved et lag med grus. For å hindre at grusen kan bli gravet ut av bølger må det ytterst legges et lag av stein, som beskrevet i pkt. 4.2.4.1.

Som ved dammer med plankedekke kan det være vanskelig å få overgangen mot fjell tett og sikker. En mulig utførelse er vist på figur 4.23.

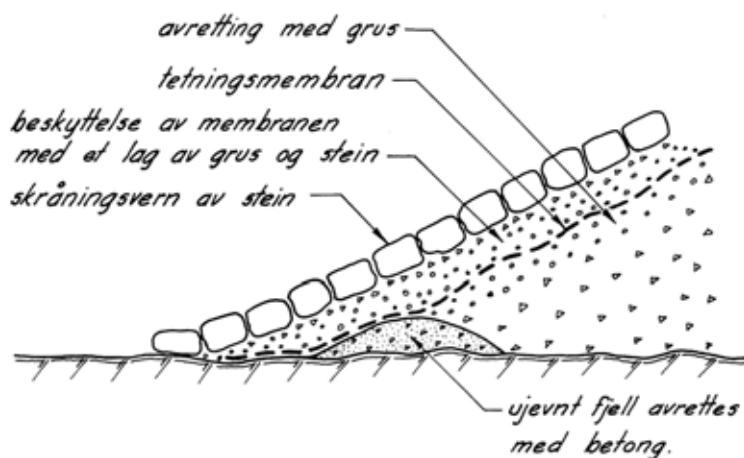


Fig. 4.23 Eksempel på overgang mellom tetningsmembran og fjell.

4.3.6 Gjennomløp

Gjennomløp kan være noe enklere å utføre ved en dam med tetningsdekke enn ved en med tetningsmasser. Det må også antas at behovet for et gjennomløp som gir anledning til å tappe ned magasinet, vil være størst ved dammer med tetningsdekke, hvor det kan være vanskeligere å utføre vedlikeholdsarbeider når det er vanntrykk på dammen.

For legging av rør eller støping av kulvert gjennom fyllingen henvises til de retningslinjer som er angitt i pkt. 4.2.6.

Det kan være vanskelig å få en god og varig tetting mellom dekket og gjennomløpet. En god løsning kan være å støpe inn røret i en betongsokkel på dette partiet, og så tette ved hjelp av et tilpasset beslag. Beslaget kan lages av solid membranmateriale, eller eventuelt av galvanisert blikk, hvis dammen har tredekke. Det kan festes til betongen og til et tredekke ved hjelp av trelekter som klemmes stramt mot underlaget. Ved skjøt mot tetningsmembran anvendes sveising eller liming med spesiallim. En utførelse av en slik tetning ved en dam med tredekke er vist på fig. 4.24.

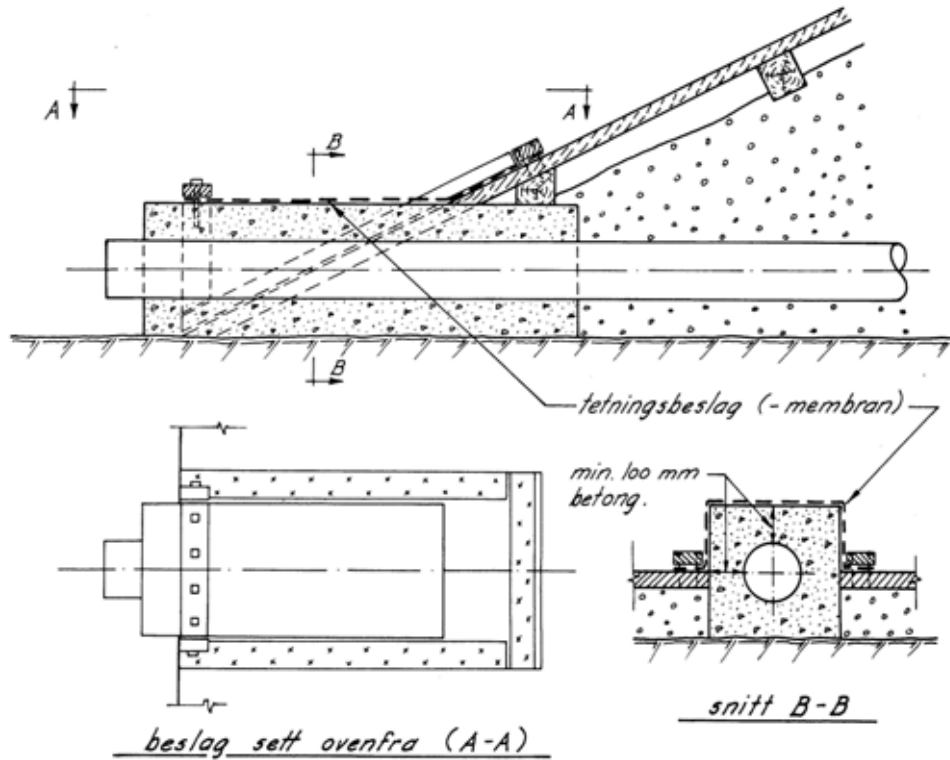


Fig. 4.24 Eksempel på tetning mellom gjennomløp og tetningsdekke av tre.

4.4 Fyllingsdammer med tetningsvegg inne i dammen

Fyllingsdammer kan også utføres med en vegg inne i dammen som tetning. Det er vanskelig å kontrollere og reparere en slik vegg, og den må derfor utføres slik at en har god sikkerhet for at den vil holde seg tett uten vedlikehold.

Den sikreste utførelse er å støpe veggen av armert betong, men det blir som regel kostbart.

Ved dammer hvor det maksimale vanntrykk ved dimensjonerende flomvannstand ikke blir mer enn ca. 2 m, kan det være en enkel og rimelig løsning å bruke en tetningsvegg av f.eks. 72 mm pløyd impregnert plank. Utførelsen kan brukes ved både fjell og løsmasser i fundamentet, og er godt egnet under forhold som ikke tillater tørrlegging av damstedet.

Når det er fjell i fundamentet, kan dette avrettes med betong, eller det kan støpes en sokkel. Plankene meddras så de følger fjelloverflaten eller sokkelen, og egnede tetningsmasser pakkes godt inntil foten. Står damfundamentet under vann, kan tetningen foretas ved å trække mørtel fylt i plastposer godt inn til plankefoten.

Består fundamentet av leire eller morenemasser, må plankene rammes godt ned i grunnen. Plankene må utføres med skrå spiss, slik at de drives godt sammen under nedrammingen. For å hindre underspyling bør veggen helst plasseres i en grøft, som etterpå fylles med tette masser på oppstrøms side og drenerende sandige masser på nedstrøms side.

Når plankene er slått ned, låses de på toppen med dobbelt tang. Fyllingene legges så ut lagvis, og må fylles forsiktig inntil veggen med samme fyllingshøyde på begge sider. Ved steinfylling må en sørge for å få jevnt anlegg for tetningsveggen mot støttefyllingen ved å legge et lag med grus eller mindre stein nærmest.

For fyllingen oppstrøms tetningsveggen stilles det ikke spesielle krav til massene. For oppstrøms skråning er kravene til maksimal helning og bølgevern de samme som for vanlige fyllingsdammer.

Skader på tetningsveggen kan medføre konsentrerte lekkasjer gjennom denne, og støttefyllingen nedstrøms må bygges så den kan tåle slike uten å bli gravet ut. Brukes forholdsvis tette masser, må det i bunnen bygges inn et drenasjesjikt av grov grus eller stein, om nødvendig atskilt fra fyllingen med et filter. Foten av dammen bør utføres av større stein. Består hele nedstrøms fylling av godt drenerende masser, er det ikke nødvendig med eget drenasjesjikt, men foten av dammen bør også i det tilfelle utføres av større stein for å hindre gravinger.

Fig. 4.25 viser et typisk tverrsnitt av en slik fyllingsdam med tetningsvegg

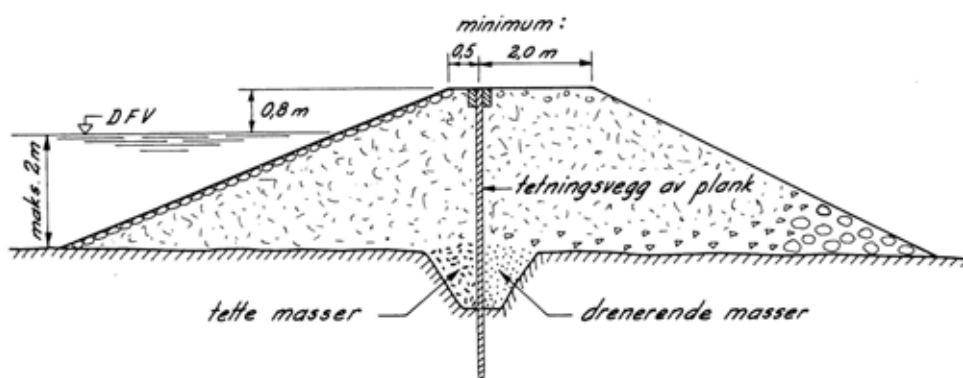


Fig. 4.25 Eksempel på fyllingsdam med tetningsvegg av plank inne i dammen.

4.5 Flomverk (diker)

De sikkerhetskravene som er angitt i det foregående, må følges for alle vanlige fyllingsdammer i elve- og bekkeløp. Slike dammer må alltid utføres slik at de ikke kan

ødelegges av flommer som må ledes forbi dammen, og de må tåle å stå under fullt vanntrykk i lengre tid.

For dammer som bygges for å tørrlegge lavtliggende jordarealer, eller sikre slike områder mot oversvømmelse når det er flom i en elv som renner forbi, kan sikkerhetsproblemene være enklere og mindre avgjørende. Ved slike dammer, som gjerne kalles flomverk eller diker er problemene med flomavledning og flomløp ikke aktuelle, da dammens funksjon bare er å stenge vann ute. Flomverk og diker er ikke nærmere omtalt her, men det henvises til "Vassdragshåndboka" som ble utgitt av NVE i 1998.

5 Betongdammer

5.1 Generelt

Betongdammer kan være aktuelle hvor det er rimelig å skaffe betong, og hvor en gjerne vil ha en dam som trenger lite tilsyn og vedlikehold.

De betongdammer som er beskrevet i denne veileder er såkalte massivdammer. Denne damtypen har et stort betongvolum, men er uten armering, og utformet slik at den er enkel å forsikre og støpe. Slike dammer er lite utsatt for skader, og vil bl.a. kunne tåle at det renner vann over toppen av dammen.

Betongdammer bør bare bygges på fjellfundament. Ved gunstige forhold kan de unntaksvis også bygges på gode løsmasser, men planleggingen må da alltid utføres av sakkyndige.

Når betongdammer fundamenteres på fjell, er det enkelt å lage flomløp. Dette kan bestå av et nedsenket parti av dammen, som vannet kan renne over. Man får sjelden noen større problemer med graving i grunnen når det er fjell ved foten av overløpet. Gjennomløp gjennom dammen er det også enkelt å lage, enten som et innstøpt rør eller en forskalet åpning.

5.2 Utforming av dammen

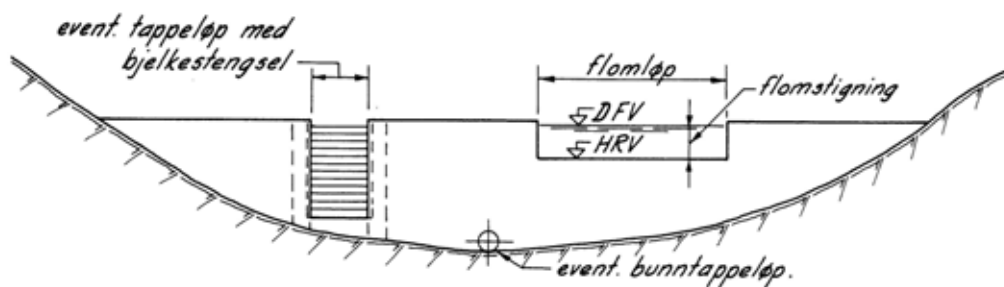
Fig. 5.1 viser et eksempel på hvordan en slik massiv betongdam kan utformes. Oppstrøms damside kan støpes med helning inntil 4:1, men av praktiske grunner utføres den som regel vertikal. Bredden i bunnen må være minst 0,85 ganger høyden fra foten av oppstrøms side til toppen av dammen.

Toppen av dammen legges gjerne i høyde med dimensjonerende flomvannstand, eller litt høyere. Dammen vil ikke skades om det leilighetsvis renner noe vann over damtoppen, men av hensyn til gangtrafikk, eventuell graving i masser nedstrøms dammen m.v. kan det være en ulempe om dette skjer for ofte.

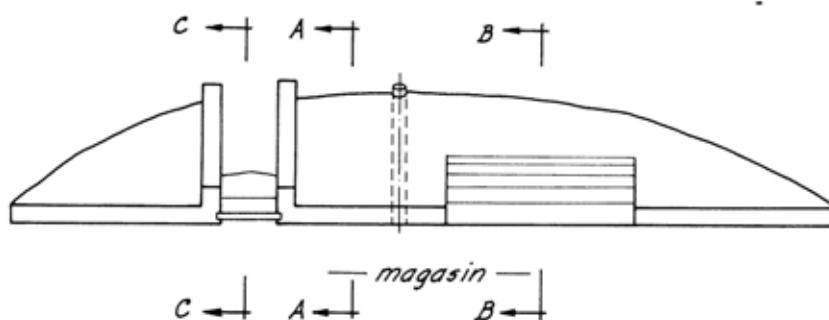
Den viktigste belastning som dammen må kunne stå imot er vanntrykket. Det virker først og fremst som et trykk normalt (vinkelrett) på oppstrøms side av dammen, dvs. som en horisontal kraft hvis damside er vertikal. I tillegg vil det alltid bli noe vanntrykk mellom betongen og fjellet i fundamentet, som vil virke som en oppadrettet kraft på dammen.

Dammen må ha tilstrekkelig sikkerhet mot velting og glidning. Disse sikkerhetskravene vil vanligvis være oppfylt når dammen bygges på fjell og med tverrsnitt som vist på fig. 5. 1. Hvis fjellet i fundamentet skråner nedover fra oppstrøms til nedstrøms side, eller fjelloverflaten er glatt, må det imidlertid lages ujevnheter eller avsatser som kan ta opp de horisontale kreftene og hindre at dammen kan gli.

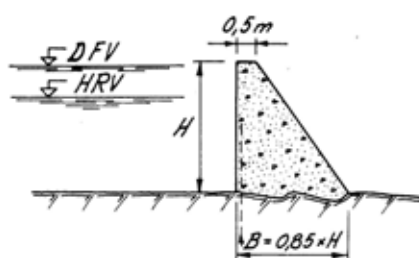
I tillegg til vanntrykk kan en dam få ekstra belastninger fra istrykk når magasinet er islagt. For å kunne ta opp slike krefter, bør dammen forankres til fjellet med solide fjellbolter. Vanligvis brukes bolter av kamstål med diameter 25 mm, i avstand ca. 1,0 m. Boltene plasseres langs oppstrøms side av dammen med minst 200 mm overdekning, som vist i snitt B-B på tegn. 5.1. Boltene bør bores minst 2 m ned i fjell og gyses fast.



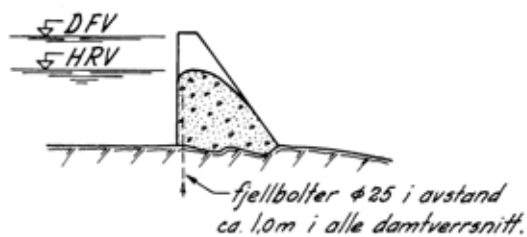
Dammen sett fra oppstrøms side.



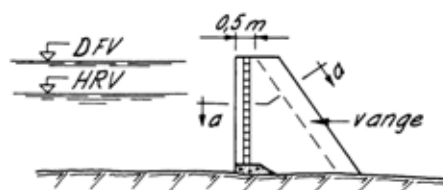
Dammen sett ovenfra.



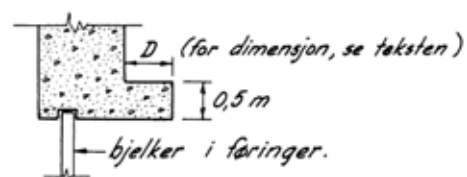
Snitt A-A, vanlig damtverrsnitt.



Snitt B-B, gjennom flomløp.



Snitt C-C gjennom tappeløp med bjelkestengsel.



Detaljsnitt a-a.

Fig. 5.1 Typisk utforming av en massiv betongdam.

Flomløpet kan bygges som en del av dammen, ved at et parti gjøres lavere og at toppen rundes av som vist på fig. 5.1 snitt B-B. Toppen av dammen i flomløpet vil være den høyeste regulerende vannstand i magasinet, HRV. For beregning av flomløpsdimensjoner og dimensjonerende flomvannstand henvises til pkt. 2.3.4.

5.3 Gjennomløp

Ved betongdammer er det enkelt å bygge gjennomløp gjennom dammen.

Bunntappeløp utføres gjerne av et innstøpt stålrør, med ventil eller glideluke som avstengningsorgan. Er det ønskelig med større tappekapasitet, og en dessuten vil ha mulighet for å holde vannstanden i magasinet lavere enn HRV, vil et større gjennomløp som stenges med bjelker som regel være en god løsning. Et slikt gjennomløp er vist på fig. 5.1 snitt C-C. Det utnyttes gjerne også for forbiledning av vann i byggetiden. Damseksjonen med gjennomløpet bygges da først, og legges helst noe til side for selve elveløpet. Ved hjelp av fangdammer kan det på denne måte være mulig å utføre alle damarbeidene på det tørre.

Ved et slikt gjennomløp vil et parti av det vanlige damtverrsnittet mangle, og bjelkene vil overføre sine belastninger fra vanntrykket til dampartiene på sidene. Disse partiene må derfor forsterkes for å sikre stabiliteten av dammen. Dette gjøres enklest ved å støpe f.eks. 0,5 m brede vanger på sidene, som vist i detaljsnitt a-a for snitt C-C på fig. 5.1. Dimensjonen D bør være 0,5 m ved gjennomløpsåpninger med bredde inntil 1,0 m, og 0,75 m når bredden er mellom 1,0 m og 1,5 m. Brede åpninger vil sjelden bli aktuelle ved små dammer.

5.4 Betongkvalitet

Det er viktig at betongen får en kvalitet som passer for dambygging. Ved massive konstruksjoner er det tettheten og frostsikkerheten som er viktigst.

For å få disse egenskapene gode må tilslagsmaterialene være velgraderte og frostbestandige, og det må anvendes en passende mengde sement. For lite sement vil alltid gi en dårlig betong, men en må også være oppmerksom på at for stor sementmengde vil øke svinnet i betongen. Dette kan føre til riss og sprekker i dammen.

Ved kjøp av ferdigbetong bør det nyttes kvalitet C 25. Kravet til trykkfasthet for denne kvalitet er minimum 250 kg/cm^2 målt på prøveterninger etter 28 døgn. Det bør kreves at fabrikkens foretar prøving av betong tatt fra leveranser til dammen.

Ved blanding på byggestedet bør en ta sikte på en tilsvarende kvalitet. For å oppnå dette vil det som regel være ønskelig med en fagmessig vurdering av tilslagsmaterialer og betongsammensetning. Vanligvis kan en få en brukbar kvalitet ved følgende blandingsforhold, målt i volum;

1 del sement

2 deler sand ca. 0 - 10 mm

2 deler singel ca. 8 - 25 mm

Det bør ikke tilsettes mer vann enn det som er nødvendig for å kunne bearbeide massen så godt i formen at en unngår at det danner seg steinreir eller hulrom. Som regel vil ca. 25 liter vann pr. sekk sement være tilstrekkelig. Ved høy fuktighet i sanden kan vanntilsetningen reduseres. For høyt vanninnhold har uheldige virkninger ved at det nedsetter betongens tetthet og styrke og øker svinnet.

Det finnes en rekke stoffer som kan settes til betongen for bl.a. å gjøre den lettere å støpe ut uten å øke vanntilsetningen. Tilsetningsstoffer kan også gi betongen bedre frostbestandighet. Spesielle stoffer kan sinke avbindingshastigheten, så det blir lettere å unngå utette støpeskjøter. Feilaktig bruk av tilsetningsstoffer kan imidlertid virke ødeleggende på betongen, så de bør bare benyttes etter veiledning fra fagfolk.

5.5 Byggearbeidet

Fjellet i damfoten må renskes helt for løsmasser. Løst fjell må fjernes, og sprekker tettes med sementvelling eller mørtel. Fjellet rengjøres til slutt ved spyling med vann.

Hvis fjellet er glatt, eller skråner nedover fra oppstrøms til nedstrøms side, må det ved kiling eller forsiktig sprengning sørges for en ujevn flate eller en fortanning, for å hindre at dammen kan gli.

Langs oppstrøms side av dammen bores en rad ca. 2,0 m dype hull for fjellbolter. Hullene spyles rene med vann, fylles med sementmørtel, og bolter av kamstål slås ned.

Forskalingen må være tett, for å hindre at mørtel kan renne ut så det dannes steinreir. Spesielt må en være omhyggelig med tilpassingen og tettingen langs fjellet.

For ikke å trekke vann ut av betongen ved utstøpingen må forskalingen enten være oljet eller preparert på annen måte før den settes opp, eller den må vannes godt før støpearbeidet påbegynnes. Hvis det brukes gjennomgående bolter, bør disse utføres med tetningskrager med diameter minst 50 mm. Minimum 50 mm av boltene mot begge ytterflatene bør fjernes, og hullene fylles med mørtel. Båndstål eller bindtråd bør ikke anvendes.

Fjelloverflaten må rengjøres på nytt og fuktes før støpearbeidet tar til, men det må ikke ligge igjen vann i fordypninger i fundamentet. Utstøpingen skal begynne ved det laveste punkt og foregå i jevntykke horisontale lag. Direkte mot fjell legges det først ut et ca. 50 mm tykt lag med mørtel, eller betong med redusert steininnhold og noe bløtere konsistens enn ellers. Dette laget skal dekkes umiddelbart med vanlig betong. Ved den videre støping legges betongen ut i 0,2 til 0,4 m jevntykke lag. Betongen komprimeres ved hjelp av vibrator, eller ved stamping med f.eks. 100 x 100 mm boks. Vibratoren stikkes ned i det underliggende lag, slik at dette vibreres sammen med det nye overliggende lag, som altså må legges ut før det forrige er bundet av.

Denne bearbeiding av betongen er meget viktig. Gjøres det dårlig arbeider her, kan man få steinreir inne i betongen som kan føre til lekkasjer, eller sår i overflaten som kan lede til frostskader.

Ved støp mot bratte fjellsider og mot vertikale sider av tidligere støpte konstruksjoner, bør stige-hastigheten av støpen ikke være større enn maksimum 0,5 m pr. time. Det vil ellers ha lett for å oppstå riss i dammen.

Dammer som ikke er ganske korte bør deles opp i seksjoner, ved vertikale tverrgående fuger. Dette gjøres for å dele dammen opp i hensiktsmessige støpeavsnitt, og for å motvirke at betongen sprekker opp når den trekker seg sammen etter støpingen. Fugene plasseres fortrinnsvis ved større tverrsnittsforandringer, som f.eks. ved sidene av flomløp og over høydepunkter i damfundamentet. Betongen vil ellers ha lett for å sprekke på slike steder. Passende avstand mellom fugene kan være ca. 6 m, og den bør aldri være større enn ca. 10 m.

Fugene mellom seksjonene åpner seg litt når betongen trekker seg sammen. De bør derfor tettes ved at det støpes inn spesielle fugebånd av PVC, som angitt på fig. 5.2. En må være meget omhyggelig under arbeidet med innstøping av slike fugebånd, for å unngå at de forskyves og at det oppstår hul rom i støpen omkring dem

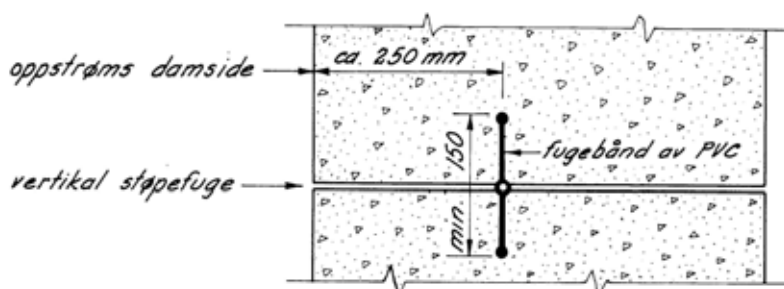


Fig. 5.2 Fuge med tetningsbånd av PVC. Horisontalt snitt.

Ved ganske lave dammer hvor vanlig vanntrykk ikke blir større enn ca. 1,0 m, kan fugebånd som regel sløyfes uten at det vil oppstå sjenerende lekkasjer eller skader.

Tidligere laget man gjerne fortanninger mellom de enkelte seksjonene. Slike fortanninger kompliserer arbeidet, men gjør liten nytte, og kan derfor sløyfes.

Det er ikke nødvendig å legge inn noen skillemembran eller å smøre den først støpte betongflaten for å hindre heft, hvis betongen er godt herdet før den tilgrensende seksjonen støpes. Ved lange dammer bør en støpe annenhver seksjon først, for at mest mulig av betongsammentrekningen skal være ferdig før de mellomliggende seksjonene støpes.

Det er heller ikke nødvendig å tette fugeåpningene på vannsiden. Erfaringer viser at alle typer fugemasser som har vært prøvet for å dekke slike åpninger med tiden blir ødelagt, og at en uten betenkeligheter kan la de smale åpningene stå uten spesiell beskyttelse og tetning. Det er en fordel om det blir så få horisontale støpeskjøter som mulig innen de enkelte seksjonene, men hvis støpekapasiteten er liten, kan det være vanskelig å unngå dem helt. De kan også bli nødvendige hvis en får ufrivillig stans i støpearbeidet. For å unngå lekkasjer i slike skjøter, må sementslam på overflaten spyles og børstes bort kort tid etter at betongen har bundet av. Behandlingen kan vanligvis foretas ca. 10 timer etter støpingen, men dette tidspunktet vil være avhengig av bl.a. lufttemperaturen. Ved denne behandlingsmåten får en også en ru overflate, med tilstrekkelig sikkerhet mot glidning. Før neste støp legges det ut et lag finsats, som angitt for støping mot fjellflater.

Etter avsluttet støping bør betongen holdes fuktig i minst to uker.

Er det oppstått synlige sår eller steinreir, bør disse meisles opp og fylles med mørtel.

Puss bør aldri anvendes på dammer, den vil med tiden sprekke opp og løsne. Overløp og andre flater som helst skal være glatte, bør gis en siste tilpassing og avglatting «i eget fett» før betongen er ferdig avbundet.

Det er viktig at den som skal lede byggearbeidene, har praktiske erfaringer og noen teoretiske kunnskaper om betongarbeider.

6 Terskeldammer

6.1 Generelt

Terskeldammer er lave dammer som vannet kan renne over. De har vanligvis horisontal damtopp, slik at de overflommes i hele sin lengde. De må utføres slik at verken dammen, elvebunnen eller elvebredden skades, selv ved de største flommene som det må regnes med i vassdraget.

Ved å variere høyden på toppen av dammen kan mindre vannføringer samles i et smalere løp. Dette gjøres særlig for å lette fiskens gang over terskelen. Ved avslutningene inn mot land kan det være hensiktsmessig å legge toppen noe over dimensjonerende flomvannstand, for ikke å få overløp langs elvebreddene. En kan dermed unngå skader som følge av graving der av flomvann, som kan få stor hastighet langs terskelens nedstrøms skråning. Som regel vil det imidlertid være enklere å forsterke elvebreddene på disse partiene.

Terskeldammer har hittil for det meste vært bygd for å redusere skader og ulemper i elver som etter regulering har fått redusert vannføring. Det er enkle og rimelige dammer, og med de gode erfaringer som foreligger, er det sannsynlig at de vil bli oftere brukt for forskjellige formål i tiden fremover. Slike dammer kan bl.a. medvirke til å holde grunnvannstanden oppe, gi magasiner for jordvanning og vannforsyning, bedre mulighetene for fiske, og tjene som stengsel for beitende dyr. Den nye vannflaten som dannes kan ofte gi et rikere og mer levende landskapsbilde,

Terskeldammer kan bygges av løsmasser, betong eller tre.

6.2 Løsmasseterskler

6.2.1 Generelt

De fleste terskeldammer bygges av løsmasser, da dette gjerne blir det enkleste og billigste. Hvis forholdene ligger til rette for det, kan de utføres på samme måte som vanlige fyllingsdammer, med tetningssone, filteroverganger, støttestilling og skråningsvern. Et typisk tverrsnitt av en slik løsmasseterskel er vist på fig. 6.1.

Det er vanskelig å få utførelsen tilfredsstillende hvis arbeidet må foregå i strømmende vann. Denne typen egner seg derfor best hvor vannføringen i byggeperioden er ganske liten, eller damstedet kan tørlegges.

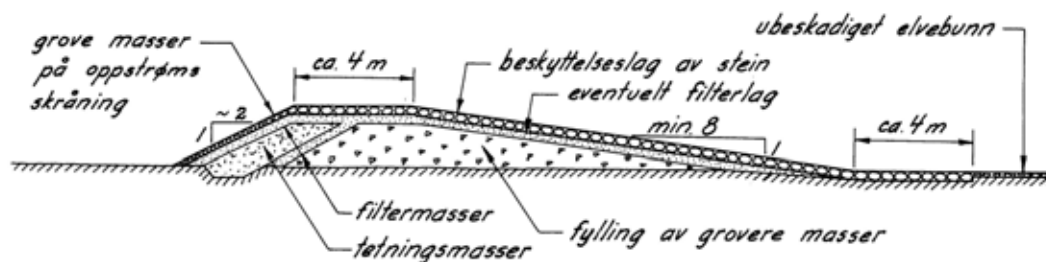


Fig. 6.1 Tverrsnitt av løsmasseterskel bygd av graderte masser.

En enklere og velp prøvd utførelse som er lettere å få til når arbeidet må foregå i strømmende vann, er vist på fig. 6.2. Det er forutsatt at det i størst mulig grad brukes masser som kan graves ut i elveleiet.

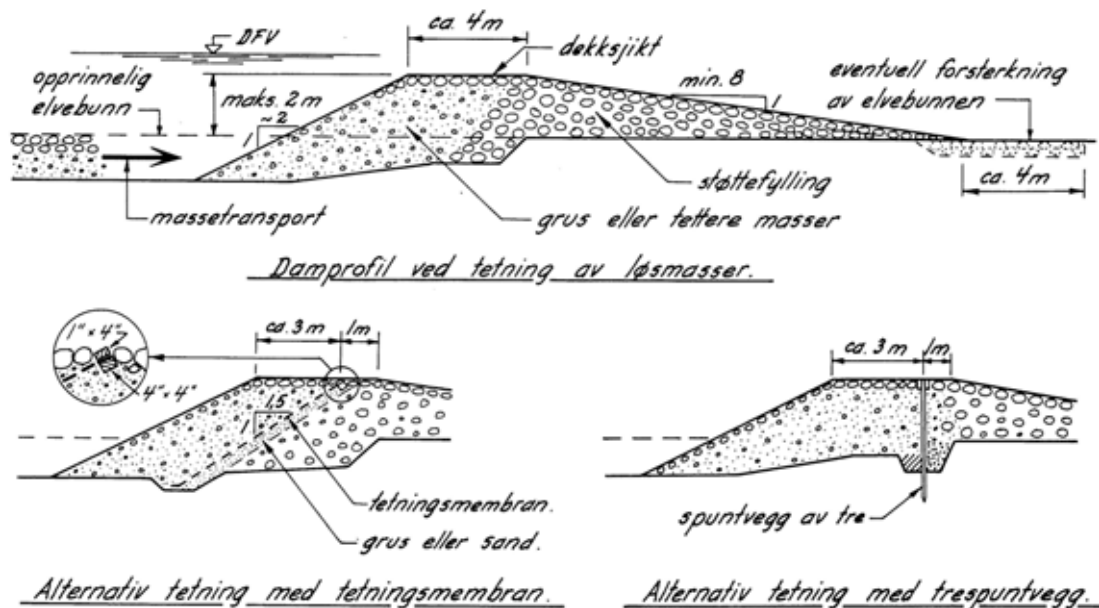


Fig. 6.2 Tverrsnitt av løsmasseterskel bygd av masser fra elveleiet.

Den enkleste utførelsen får en hvis de massene som finnes vil gi en tilstrekkelig tett terskel. Hvis det er fare for at lekkasjene gjennom massene kan bli like store som tilsiget, slik at det i kortere eller lengre perioder ikke blir mulig å holde vannstanden oppe til toppen av terskelen, må det bygges inn en annen form fortetning.

Vanligvis anvendes en solid plastmembran, som legges under oppstrøms skråning eller sentralt under damtoppen. Da det er vanskelig å kontrollere og reparere en slik tetningsmembran, bør det stilles strenge krav til styrke og holdbarhet. Det henvises til det som er anført under punkt 4.3.5, men kravene til tette skjøter vil vanligvis ikke være så store ved terskeldammer.

I stedet for plastmembran kan en anvende en spuntvegg av tre. Den må utføres av trykkimpregnerte materialer, utføres så solid at den ikke forskyves under byggearbeidet, og være tett nok til å redusere lekkasjene til det som kan tillates. For vanlig utførelse henvises til punkt 6.2.5, fig. 6.5.

Ved terskelhøyder større enn ca. 2 m blir vanntrykk og vannhastigheter så store at både grunnforholdene, terskelens utforming og oppbygging og spesielt skråningsbeskyttelsen må vurderes og planlegges meget nøye. Det bør derfor søkes råd hos sakkyndige når en skal bygge så høye terskler.

6.2.2 Fundamentet

Grunnen som løsmasseterskler bygges på består oftest av grus og stein i de øvre lagene. Slike masser er lite tette, så en må som regel regne med at tetningen i terskelen må føres ned til dypere liggende og tettere masser.

Hvis elvebunnen består av stor stein, viser erfaringer at det er svært vanskelig å få tett fundamnetet. I slike tilfeller kan det være umulig å få hevet vannstanden til toppen av terskelen uten i flomperioder. En må derfor søke å finne et annet damsted, selv om dette kan føre til stor reduksjon av det vannmagasinet en helst ville ha.

6.2.3 Terskelens ytre mål

Toppen av tetningen i terskelen legges i høyde med den vannstanden en ønsker å kunne holde ved minimalt tilsig. Over tetningen legges så et beskyttelseslag av stein, for å hindre skader på tetningen under flom. Dette steinlaget danner toppen av terskelen, men vil som regel ikke være tett nok til å holde vannstanden oppe når tilsiget er lite. I en flomsituasjon vil imidlertid de vannmengdene som kan renne igjennom beskyttelseslaget være av liten betydning, og det er derfor toppen av terskelen som må være utgangsnivået for beregninger av flomløp og flomavledning.

Terskelhøyden må ikke velges så stor at de største flommene kan gå ut over bredden av det gamle elveleiet, med mindre terrenget på de nye områdene som kan bli overflommet tåler dette.

For beregning av flomstørrelser og forhold mellom flomløpslengder og flomstigninger henvises til punkt 2.3.4.

Toppen av terskelen bør som regel være minst 4 m bred. Ved ganske lave terskler og liten vannføring kan den eventuelt gjøres noe smalere. Skråningshelningen oppstrøms bør ikke være brattere enn 1 : 2. Nedstrøms skråning, som får størst påkjenning, må ikke ha helning brattere enn 1 : 8, men helst 1 : 10 eller slakere.

6.2.4 Terskelens oppbygging

Som nevnt under punkt 6.2.1 er det ikke lett å bygge en slik terskel som vist på fig. 6.1, med oppbygging tilsvarende det som gjerne anvendes for vanlige fyllingsdammer, hvis arbeidet ikke kan foregå relativt uhindret av strømmende vann. Det vil være vanskelig å få de planlagte breddene på de enkelte sonene, fordi det ikke er mulig å holde massetypene helt atskilt under vann. Hvis damstedet ikke kan tørlegges, er det derfor nødvendig å regne med bredere tetningssone og mer masser til filtre enn det som teoretisk skulle være nødvendig. Angående virkemåte av de enkelte soner og generelle krav til massene henvises til det som står under punktene 4.2.2 til 4.2.3.4.

Utførelsen forenkles hvis en har masser å bygge opp terskelen med, som gjør egen tetningssone overflødig. Hele terskelen kan da bygges opp som en kombinert tette- og støttefylling, beskyttet av et lag med stein. Det som er best egnet for en slik utførelse er forholdsvis tette morenemasser. Hvis kravene til tetning ikke er store, kan også grus eller grov sand være brukbart. Leire kan anvendes ved lave terskler og små vannføringer. Fin sand og silt bør ikke anvendes i løsmasseterskler, da slike masser alt for lett kan graves ut av strømmende vann.

Toppen av terskelen og nedstrøms skråning må beskyttes mot utvasking under flom med et dekkjikt av stein. Påkjenningene på oppstrøms skråning er som regel mye mindre, hvis terskelen ikke demmer opp et så stort magasin at det blir store bølgepåkjenninger. Det er derfor som regel tilstrekkelig med grov grus eller mindre stein i topplaget på oppstrøms skråning. Beskyttelseslaget over toppen av terskelen og på nedstrøms skråning må utføres

som en jevn og tett plastring av utvalgt stein av tilstrekkelig størrelse. Minste størrelse kan tas fra tabell 6. 1. De angitte steinstørrelsene forutsetter at nedstrøms skråning har en helning på 1 : 8 eller slakere. Det fremgår av tabellen at den nødvendige steinstørrelsen øker meget sterkt med økende flomstørrelse.

Flomstørrelse pr løpende m terskel	Nødvendig midlere steindiameter (vekt)
0 – 0,5 m ³ /s	0,20 m (15 kg)
0,5 – 1,0 "	0,35 " (75 ")
1,0 – 2,0 "	0,50 " (200 ")

Tabell 6.1 Nødvendig steinstørrelse i beskyttelseslaget.

Sprengt stein gir en solidere plastring enn rundstein av samme størrelse, og bør derfor foretrekkes hvis en kan velge.

Hvor fyllingen består av fine masser som morene, sand eller leire, må det legges inn et filterlag under steinplastringen, for å hindre utvasking,

Elvebunnen nedenfor terskelen vil også være utsatt for graving, og på det nærmeste partiet kan påkjennningene bli betydelig større enn de var før terskelen ble bygd. Over en lengde på 4 - 5 m nedenfor foten av terskelen må bunnen derfor som regel plastres på samme måte som terskelskråningen. Det må sørges for en jevn overgang mellom plastring og naturlig elvebunn, for å unngå graving. Videre nedover er det viktig at det naturlige beskyttelseslaget i elvebunnen ikke blir skadet, f.eks. ved at det rives opp av maskinkjøring eller ved at det tas masser derfra.

6.2.5 Byggearbeidet

Byggearbeidet bør søkes tilpasset slik at det kan utføres ved minst mulig vannføring i elveleiet. Utfyllingen foretas som regel fra begge elvebreddene og utover mot det dypeste partiet. Terskelen gjøres da mest mulig ferdig før den siste åpningen i dyppartiet stenges igjen. Stengningen kan by på problemer, da en i det siste smale løpet kan få store vannhastigheter, og massene derfor kan bli revet med av strømmen etter hvert som de fylles ut. Stengningen utføres som regel ved at grovest mulige masser i tilstrekkelige mengder først kjøres frem til et lager like ved åpningen. Disse massene skyves deretter så raskt som mulig ut i åpningen, slik at denne blir fylt helt igjen. Masser til eventuelle overgangssoner, filtersoner og til tetning må så legges ut under vann med f.eks. skuffen på en gravemaskin. Til slutt må terskeltoppen og nedstrøms skråning jevnnes ut og ordnes slik at hver enkelt stein ligger så stabilt som mulig. En bør unngå høyt oppstikkende steiner og større groper i overflaten, som kan gi angrepspunkter for graving. Videre må en kontrollere at beskyttelseslaget overalt har den nødvendige minimum steinstørrelsen, og at det er ført tilstrekkelig langt frem nedenfor terskelen. Det har ingen hensikt å fylle hullene mellom de store steinene med små steiner, da de snart vil bli revet opp av flomvannet.

Ved bruk av masser fra elvebunnen kan terskelen bygges opp som vist i det etterfølgende. Hensiktsmessig utstyr kan være gravemaskin og hjullaster.

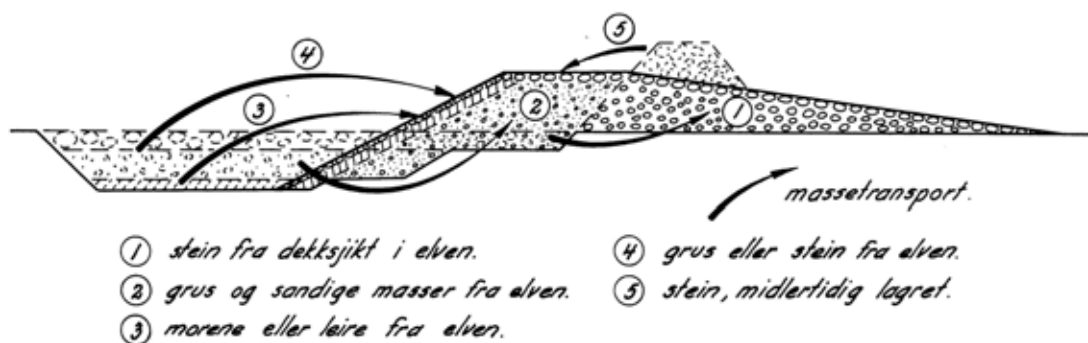


Fig. 6.3 Bygging av løsmasseterskel av gode elvemasser.

Den utførelsen som er vist på fig. 6.3 forutsetter at det på elvebunnen finnes et lag av stein av brukbar størrelse og i tilstrekkelige mengder. Videre forutsettes at underliggende masser er brukbare som tetningsmasser. Hvis det ikke er nok av passende stor stein i elvebunnen, må beskyttelseslaget utføres av tilkjørt stein. Inneholder elvemassene ikke brukbare tetningsmasser, må også disse transporteres inn utenfra. Arbeidsgangen blir da som angitt på fig.6.4.

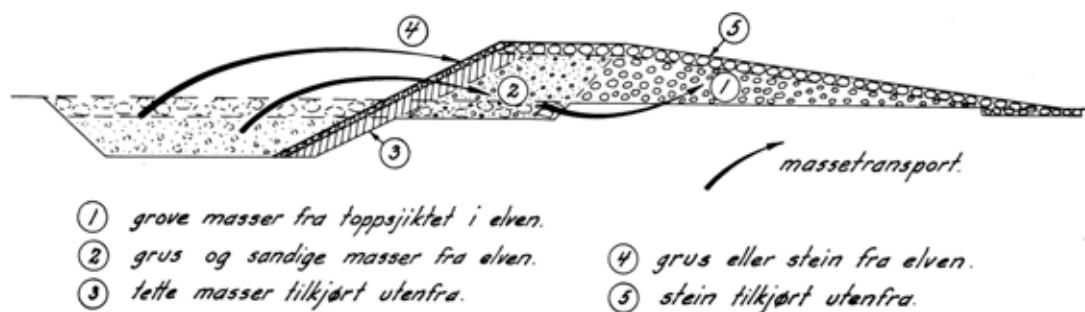


Fig. 6.4 Bygging av løsmasseterskel med masser fra elvebunnen og tilkjørte masser for tetning og beskyttelseslag.

Den ideelle oppbygging av løsmasseterskelen som er vist på fig. 6.1 vil vanligvis bare bli valgt hvis en kan finne de forskjellige massetyperne i atskilte lag i elveleiet.

Utføres terskelen med en sentralt plassert tetning av f.eks. en spuntvegg av impregnert plank, blir masseforflytningen som vist på fig. 6.5.

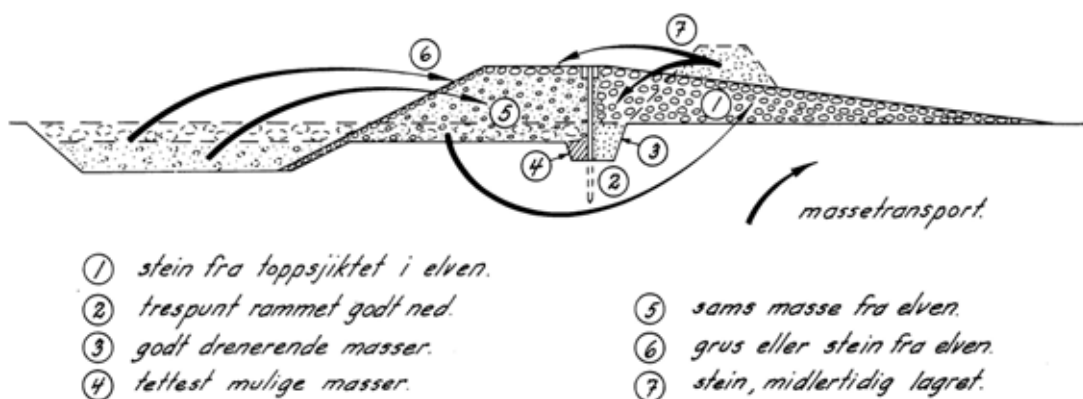


Fig. 6.5 Bygging av løsmasseterskel med trespuntvegg som tetning.

Trespunten rammes godt ned i underliggende masser og låses i toppen med en dobbel tang. Nedstrøms tilbakefylling må pakkes så godt inn til spuntveggen som mulig med et lag av grus eller mindre steiner nærmest. Oppstrøms fylling skal bare tjene som mothold mot nedstrøms fylling og kan bestå av blandet masse. For utførelsen av arbeidet m.v. henvises forøvrig til pkt. 4.4.

For utførelser med tetningsmembran av plast henvises til pkt. 4.3.5.

Ved alle arbeider med løsmasser i rennende vann vil vannet bli forurenset av finmasser som vaskes ut. Dette kan være til skade for fisk, vannforsyning m.v. Ved å gå frem med omtanke og varsomhet kan skadevirkningene som regel reduseres.

6.3 Betongterskler

Betongterskler bør bare bygges på fjell. De utføres gjerne som uarmerte massivdammer, med relativt stor bredde i foten. For sikkerhet mot glidning bør det være en fortanning mellom fjell og betong, og for å få sikkerhet mot velting som følge av istrykk eller tilfeldige påkjenninger, bør det bores ned og gyses fast en rad fjellbolter på oppstrøms side i ca 2 m dybde. Vanligvis anvendes 25 mm bolter i avstand ca. 1,0 m.

Betongterskler bygges som regel uten tappeløp. Hvis det er ønskelig, er det enkelt å støpe inn et bunnløp, som også kan brukes for å avlede vann i byggetiden. Gjennomløpet bør stenges på vannsiden for å unngå frostproblemer.

Det stilles de samme krav til en betongterskel som til en vanlig betongdam. For utforming, bygging og krav til betongen henvises derfor til det som står under kapittel 5.

(fig. 6.6. utgår)

6.4 Terskler av tre

Terskler kan også bygges av tre. Konstruksjonene bør være enkle og solide, og hvis de skal stå i lengre tid, må det bare anvendes trykkimpregnerte materialer.

En god og rimelig utførelse av en terskel med høyde maksimum ca. 1,0 m er vist på fig. 6.7. Passende dimensjon for alle trematerialene er ca. 75 x 175 mm. For øvrig kan anvendes minimum 19 mm fjellbolter, 150 mm galvanisert trådstift og 25 x 1,25 mm galvanisert båndstål.

Terskler av tre kan bare bygges på fjell.

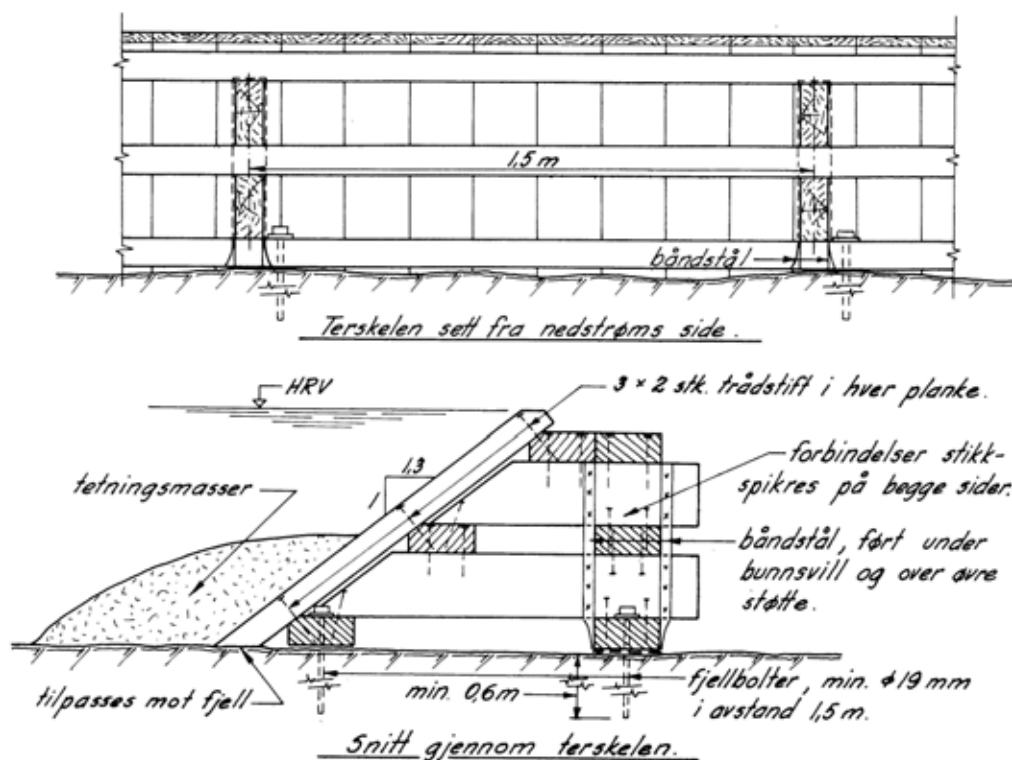


Fig. 6.7 Terskel av plank.

6.5 Terskler av nettingkasser (gabioner)

I andre land er det i den senere tid bygd lave dammer ved å benytte kasser av galvanisert netting som fylles med stein. Slike nettingkasser, såkalte gabioner, markedsføres også her i landet, og anvendes bl.a. til støttemurer ved veibygging. Hvis en skal bygge en terskel i strømmende vann, og det er vanskelig å finne stein som er store nok til å stå imot vanntrykket, kan det være en løsning å legge ut en støttefylling av gabioner først, og etterpå fylle tettere masser på oppstrøms side. Snitt av en slik terskel er vist på fig. 6.8.

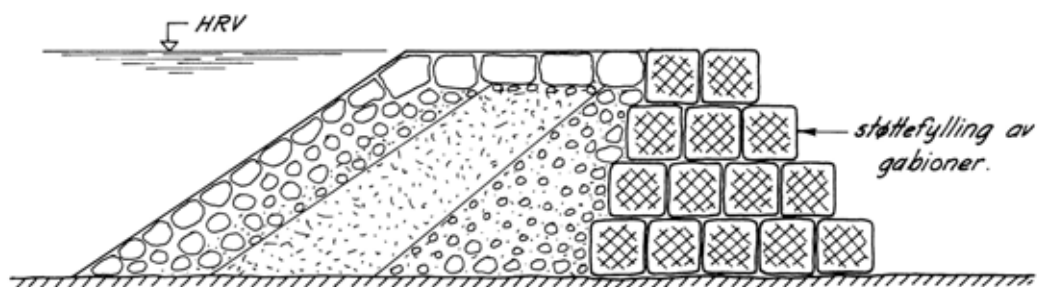


Fig. 6.8 Terskel med støttefylling av gabioner.

Selv om gabioner har vært brukt til forskjellige formål i atskillige år, er det vanskelig å forutsi hvor lenge de vil holde i en dam. De egner seg derfor kanskje best til midlertidige støttefyllinger, som senere kan forsterkes ved påfylling av egnete masser.

7 Tilsyn, vedlikehold og reparasjon

7.1 Generelt

Etter at dammen er bygd ferdig og tatt i bruk, er det viktig at den holdes under regelmessig tilsyn. Selv om en dam er omhyggelig planlagt og utført, vil det alltid kunne oppstå skader forårsaket av uforutsette lekkasjer, bølger, is, nedbør eller tele- og frostsprengninger. Trekonstruksjoner kan ødelegges av råde, og stål av rust. Alle skader bør utbedres så snart som mulig, da de ellers ofte kan forverre seg svært hurtig. Dette gjelder spesielt hvis det oppstår synlige lekkasjer gjennom dammen, eller gjennom grunnen under eller på siden av den.

Luker og ventiler bør prøves regelmessig, for å kontrollere at de ikke er rustet fast eller skadet på andre måter.

7.2 Fyllingsdammer

Feil ved en fyllingsdam vil ofte vise seg så snart det kommer vanntrykk på dammen. Derfor må den holdes under særlig nøye oppsikt under og like etter første gangs oppfylling av magasinet. Vanligvis bør dammen og det tilliggende området inspiseres daglig i denne tiden. Skjer oppfyllingen meget langsomt, for eksempel over flere uker, kan det være tilstrekkelig med inspeksjon hver annen eller tredje dag.

Etter at magasinet er fylt opp, kan inspeksjonene reduseres til en gang i måneden det første året. Senere bør dammen inspiseres minst to ganger årlig, helst like etter teløsningen og når magasinet er fylt opp. Dessuten bør dammen etterses når det er eller har vært stor flom, og i forbindelse med uvær med sterk vind.

Hvis magasinet tømmes, bør en benytte anledningen til å se nøye over den delen av dammen som ellers ligger under vann.

Ved inspeksjonene bør en se spesielt etter følgende svakhetstegn:

1. Lekkasjer større enn vanlig ved nedstrøms damfot.
2. Oppkommer i grunnen nedstrøms dammen.
3. Oppbløtt og gyngende grunn i nedstrøms skråning, eller i grunnen nedstrøms dammen.
4. Sig av massene i nedstrøms skråning.
5. Ujevne setninger av damtoppen eller i skråningene.
6. Bevegelser og eventuell graving i overflaten av oppstrøms skråning.
7. Utvasking av masser i overflaten av nedstrøms skråning.

8. For flomløp henvises til punkt 7.4.4.

Svakhetstegn som angitt under punktene 1 til 5, kan tyde på alvorlige feil ved dammen, som må utbedres omgående. Dameieren bør derfor straks rådføre seg med en sakkyndig, eventuelt med NVEs damtilsyn (seksjon for damsikkerhet). Det er ikke mulig å gi generelle råd om hvilke varige utbedringsarbeider som må utføres, da dette må avgjøres etter vurdering av forholdene i hvert enkelt tilfelle. Ved svakhetstegnene 1 til 3 bør vannstanden i magasinet straks senkes, såfremt dette er mulig. Svakhetsstegn 5 kan skyldes tele, og vil da kunne utbedres forholdsvis enkelt ved utjevning og påfylling av egnede masser.

Svakhetstegn som angitt under punkt 6 oppstår ofte etter langvarig uvær med store bølger, eller i teleløsningen om våren. Årsaken kan være for liten steinstørrelse eller for liten tykkelse av steinlaget i skråningsvernet, eller for dårlig filter. Skader i steinlaget utbedres ved å legge på mer og større stein. Er det gravd i filterlaget under steinlaget, må dette først utbedres. Det kan da være nødvendig å ta bort steinlaget på større partier, for å få full oversikt over skadene. De nye filtermassene som fylles på, må ha en kornsammensetning som sikrer at massene ikke kan bli vasket ut gjennom steinlaget. Utbedringsarbeidene bør utføres før bølger kan utvide skadene. Oppstår de samme skadene på nytt flere år etter hverandre, bør skråningen gjøres slakere. Hvis det ikke er for store masser som skal til, gjøres dette gjerne best ved først å ta bort steinlaget og så slake ut skråningen med grus. Grusen må være så grov at den ikke kan bli vasket ut. Steinlaget legges så på igjen, ordnet slik at det blir så solid som mulig.

Svakhetstegn som angitt under punkt 7 oppstår som regel fordi massene i skråningen ikke er motstandsdyktige nok når vannet strømmer nedover under sterkt regnvær eller snøsmelting. Skadene oppstår ofte før skråningen er tilstrekkelig tilgrodd. De bør utbedres snarest mulig ved påfylling av nye masser og tilsåing med gress. Gjentar skadene seg, bør det vurderes om skråningen må beskyttes med mer stabile masser, f.eks. grus. Det kan også være at skråningen er for bratt og bør slakes ut.

I tabell 7.1 er det gitt en oversikt over de svakhetstegn som er omtalt ovenfor, angitt hvilke årsaker de kan ha, hva som kan skje hvis det ikke foretas utbedringer, og gitt råd om hva dameieren straks bør foreta seg.

Det må sørges for at det ikke får vokse trær på damfyllingen. Trerøtter som trenger gjennom tetningssonen kan føre til lekkasjer. Dersom et tre rives overende kan det dannes store sår i fyllingen. Dette kan gi angrepspunkter for farlige utgravinger. Kratt og busker bør også fjernes, og må i hvert fall ikke få vokse slik at de hindrer tilsyn og inspeksjon av dammen.

Svakhetstegn	Mulige årsaker	Mulige følger	Umiddelbare tiltak
1. Lekkasje fra nedstrøms damfot.	Uegnede masser. Dårlig komprimering. Utvasking av masser.	Øket lekkasje. Utvasking og evt. dambrudd.	Fylling av grus og stein over lekkasjeområdene. Senking av vannstanden i magasinet.
2. Oppkommer i grunnen nedstrøms dammen.	Lekkasje under dammen.	Som ovenfor.	Som ovenfor.
3. Oppbløtt og gyngende grunn i nedstrøms skråning og damfot.	Oppbløting av massene på grunn av vannsig fra magasinet.	Lekkasje med utvasking og evt. dambrudd.	Som ovenfor.
4. Sig i nedstrøms skråning.	Dårlig komprimering. Oppbløting av masser p.g.a. vannsig, nedbør eller tele. For bratt skråning.	Utrasninger og evt. dambrudd.	Fylling av grus og stein på skråningen. Utslaking og grusing eller tilsåing.
5. Ujevne setninger av damtoppen og i skråningene.	Dårlig komprimering. Utvasking av masser. Telehiv.	Lekkasje, utvasking og evt. dambrudd.	Fylling av grus og stein på innsunkne partier.
6. Bevegelser og evt. graving i skråningsvernet oppstrøms.	For små eller lite stein i bølgevernet. Tele eller iskrefter.	Økende graving med omfattende skader, evt. dambrudd.	Påføring av mere og større stein.
7. Graving av masser i overflaten av nedstrøms skråning.	For steil skråning. Høyt finsand- eller siltinnhold.	Gradvis større skader, evt. dambrudd.	Erstatning av utvaskete masser med grus og stein, tilsåing eller grusing. Evt. utslaking av skråning.

Tabell 7.1 Skader på fyllingsdammer.

Ved enhver inspeksjon av damanlegget må også hele flomløpet kontrolleres nøye. Det henvises til det som er nevnt under punkt 7.4.4.

Det henvises også til det som er nevnt under punkt 7.4.1 om utbedring og forsterkning av eldre fyllingsdammer.

7.3 Betongdammer

Betongdammer som er fundamentert på fjell og utført fagmessig, er mindre utsatt for skader som kan føre til dambrudd enn fyllingsdammer. Dette gjelder spesielt massive damkonstruksjoner, som beskrevet i denne veilederen.

Imidlertid må også betongdammer holdes under regelmessig tilsyn, og inspiseres nøye minst en gang hvert år, fortrinnsvis under fullt vanntrykk. Skader bør utbedres snarest mulig, ikke minst hvis de oppstår ved overløp eller andre steder som kan være særlig utsatt for frostsprengninger.

Det er viktig at lekkasjer stoppes på oppstrøms side, mens fuger og sprekker på nedstrøms side beholdes åpne for drenering av det indre av dammen.

7.4 Reparasjon og forsterkning av eldre dammer

Det finnes i dag en god del erfaring i å reparere og forsterke eldre dammer. Forholdene vil imidlertid variere så mye at det ikke er mulig å angi standardløsninger som passer alle

steder. De metoder som er angitt i de følgende punktene, må derfor ikke anvendes ukritisk, men vurderes og tilpasses i hvert enkelt tilfelle.

7.4.1 Fyllingsdammer

Fyllingsdammer i form av lave jordvoller har fra lang tid tilbake vært en vanlig damtype ved mindre oppdemninger. Slike dammer består ofte av jord og torv i hele tverrsnittet, eventuelt med et lag av grus eller stein på vannsiden. De kan også bestå av en fylling av stein og grus eller andre masser som ikke er tette, med en tetningssone av torv dekket med stein på vannsiden. Slike dammer kan lett få skader, og har som regel ikke den sikkerhet mot brudd som bør kreves.

Skadene på slike dammer dreier seg oftest om at bølger har gravet i oppstrøms skråning og rennende vann ved flomløp og tappeløp. Det kan også forekomme utgraving av masser inne i dammen eller i nedstrøms skråning, som følge av lekkasjer gjennom dammen.

Skader som følge av at bølger eller strømmende vann graver i massene, kan forhindres ved at de utsatte områdene dekkes med stein. Nødvendige steinstørrelser er angitt under pkt. 4.2.4.1 med tabell 4.1, og pkt. 4.2.5.6 med tabell 4.3. Hvis massene som skal beskyttes er finkornete, eller består av torv, må det legges et filterlag under steinene for å hindre utvasking. Fiberduk kan være godt egnet som filter ved slike reparasjoner av eldre fyllingsdammer.

For å hindre at lekkasjer gjennom dammen kan føre til dambrudd, må det sørges for at nedstrøms skråning og damfot ikke kan bli gravet ut av lekkasjevannet. Dette kan gjøres ved å beskytte de utsatte partiene med et filter som kan holde massene tilbake, og utenpå dette legge en fylling av drenerende støttemasser, fortrinnsvis av stein. Vanlige utførelser er vist på figurene 7.1 og 7.2. Den beste utførelsen, når dammen er fundamentert på løsmasser, er den som er vist på fig. 7.1, hvor dreneringen er ført ned i grunnen under damfoten. De utgravingene som er nødvendige for denne løsningen, må ikke utføres mens det er vanntrykk på dammen.

Lekkasjer gjennom dammen kan stoppes ved at det legges et lag av tetningsmasser på oppstrøms skråning. Dersom det ikke finnes andre egnede tetningsmasser, kan tetning med torv være en brukbar løsning. Gammelt skråningsvern av stein må som regel tas bort først. Tetningslaget beskyttes så på vanlig måte med filter av grus eller fiberduk og bølgevern av stein. For krav til tetningsmasser henvises til pkt. 4.2.3.1.

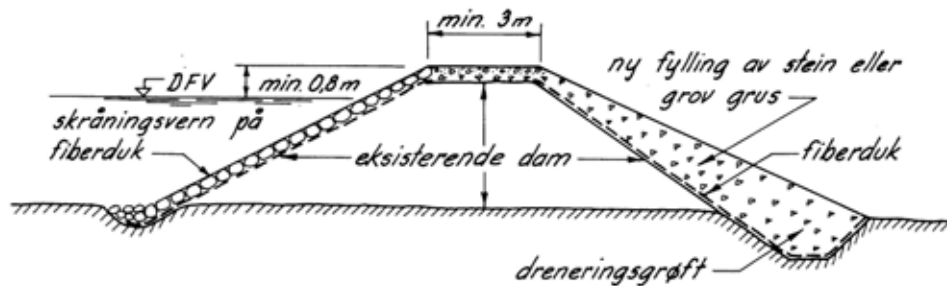


Fig. 7.1 Sikring av nedstrøms damfot og damskråning ved nedtappet magasin, for dam fundamentert på løsmasser.

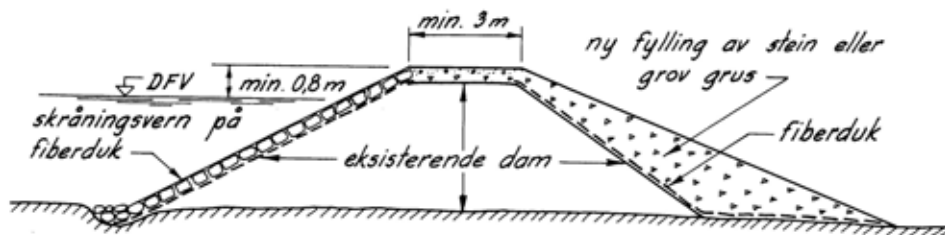


Fig. 7.2 Sikring av nedstrøms damfot og damskråning når det er vanntrykk på dammen, og når dammen er fundamentert på fjell.

Lekkasjer kan også tettes ved at det graves en grøft midt i dammen, til fjell eller tette masser, og at denne fylles med tette masser. Disse bør legges ut i ca. 0,25 m tykke lag, som komprimeres ved stamping eller beintråkking.

Hvis en dam skal forsterkes ved påfylling av masser på nedstrøms skråning mens det er vanntrykk på dammen, må den ikke tettes oppstrøms før dette arbeide er utført. Dammen må ikke under noen omstendigheter tettes nedstrøms, hvor det alltid må være fritt utløp for drenasjevann.

7.4.2 Murdammer med mørteltetning

Slike dammer er gjerne utført av tilhogde steiner med spekkete fuger i de ytre lagene og tilpasset stein inne i dammen.

Det finnes mange slike dammer her i landet. De er ofte skadet av frost og kan ha betydelige lekkasjer.

Lekkasjene forekommer oftest i fuger mot fundamentet hvor tetningen har vært vanskelig å utføre, og i området omkring høyeste vannstand hvor bølger og is kan ha skadet fugingen.

Dersom lekkasjene kan lokaliseres til enkelte fuger på oppstrøms side, vil den enkleste utbedringen være å meisle den ytre del av fugene rene og fuge dem på nytt med mørtel.

En sikker og holdbar utbedring av en slik dam som er bygd på fjell kan utføres ved å støpe en armert betongplate på oppstrøms side, som vist på fig. 7.3. Det er viktig å få platens tilslutning til fjellet helt tett. Særlig hvis fjellet er ujevnt, kan det være en fordel å støpe en lav og litt bredere sokkel først.

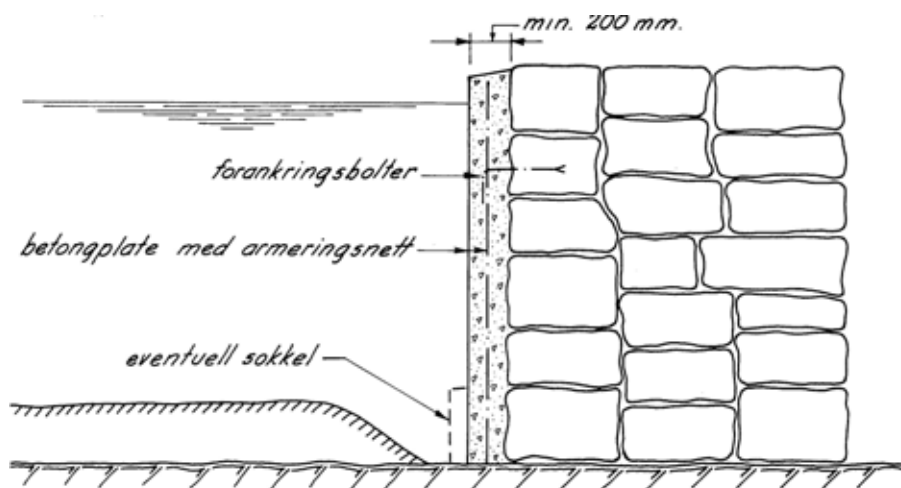


Fig. 7.3 Betongplate på murdam.

Hvis skader i oppstrøms murflate består i frostskadet stein i begrensede områder, kan disse utbedres ved at de forskales og støpes ut hver for seg. Slike påstøpninger må sikres ved innboring av forankringsjern i tilgrensende steinblokker, som vist på fig. 7.4.

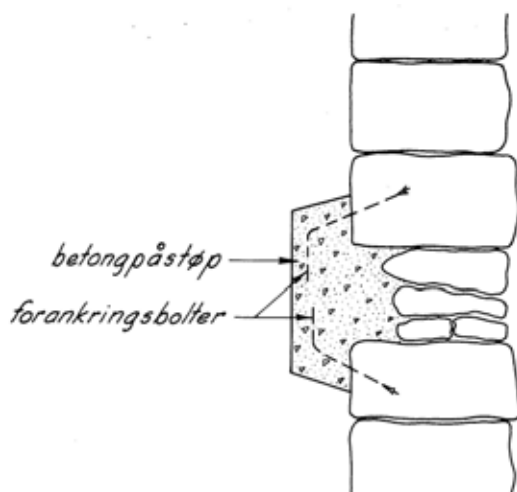


Fig. 7.4 Utbedring av frostskadet stein.

Ved lave dammer og når det er vanskelig tilgang på betong, kan det ofte være et godt alternativ å legge tette løsmasser som en fylling oppstrøms dammen. Det bør da legges fiberduk direkte mot muren, og skråningen mot vannet må beskyttes på samme måte som ved fyllingsdammer. En slik utførelse er vist på fig. 7.5. Hvis dammen er bygd på løsmasser, vil dette som regel være den beste løsningen.

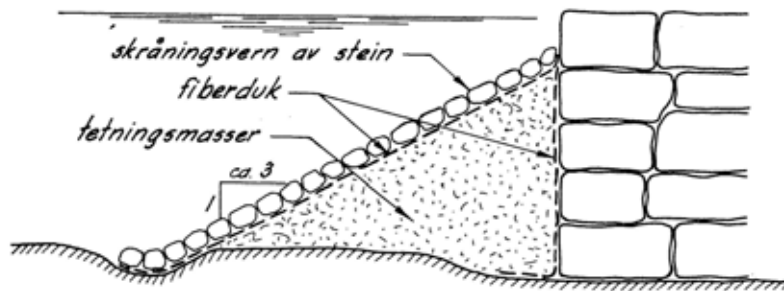


Fig. 7.5 Løsmasser oppstrøms murdam.

7.4.3 Murdammer med torvtetning

Murdam med torvtetning er en av de eldste damtypene her i landet. Den består av to tørrmurer med torv imellom. Stort sett har slike dammer holdt seg meget godt gjennom lange tider.

Skadene på denne damtypen er stort sett sammensynkning av torv og frostsprengning av stein.

Sammensynkning av torv kan skyldes den omdanningsprosessen som alltid vil foregå i det organiske torvmaterialet. Dersom dette er årsaken, kan en utbedring enklest utføres ved å fylle på mer torv på toppen. Gresstorven i overflaten bør først spås bort, slik at den nye torven kommer i god kontakt med gammel tett torv.

Sammensynkning av torv kan også skyldes utvasking gjennom sprekker og hulrom i oppstrøms steinmur. Skader av denne art er lett kjennelige ved at sammensynkningen har skjedd inntil oppstrøms mur. Skadene er som regel begrenset til den øvre del av dammen, i området omkring den høyeste regulerte vannstanden.

Utbedring av slike skader kan foretas ved at torvmassene langs oppstrøms mur graves bort så langt ned som det forekommer hulrom. Det legges så fiberduk langs muren, og grøften fylles med torv eller tette morenemasser. Massene bør legges ut i ca. 0,25 m tykke lag, som komprimeres forsiktig ved beintråkking. Utførelsen er vist på fig. 7.6.

Frostskadet stein kan utbedres enkeltvis ved påstøp av betong, som angitt under pkt. 7.4.2 og vist på fig. 7.4.

Ved murdammer med torvtetning er det steinmuren på nedstrøms side som tar opp vanntrykket. Muren på oppstrøms side tjener til støtte og beskyttelse av torvfyllingen, men er vanligvis ikke så solid at den kan stå mot fullt vanntrykk. På slike dammer med vanlig utførelse må en derfor ikke støpe tett plate på oppstrøms side.

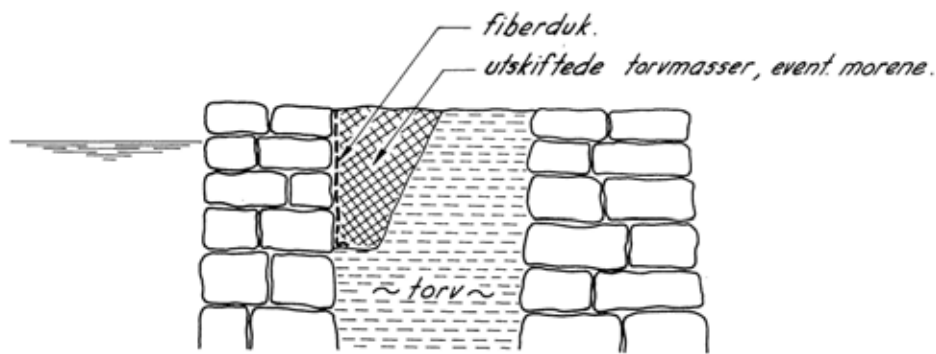


Fig. 7.6 Utskifting av torv i murdammer.

En tett plate foran hele oppstrøms mur kan også føre til uttørking av torvmassene, og derved ødelegge dammens stabilitet og holdbarhet.

7.4.4 Flomløp

De vanligste skader ved flomløp i løsmasser skyldes telehiving, graving av vann, avlagring av masser, eller tilgroing med busker og trær.

Skader fra strømmende vann utbedres enklest ved å renske opp de skadete partiene, og erstatte massene der med grovere og mer motstandsdyktige materialer.

Spuntvegger i flomløp kan heves av tele, og derved øke oppdemmingen. Som kortsiktig utbedring kan spuntten slås eller presses ned igjen. For varig utbedring må det enten sørges for telesikker fundamentering av spuntten, eller flomløpet må bygges om uten spuntvegg.

Det må påses at flomløpets kapasitet er tilstrekkelig, og ikke redusert ved avlagring av masser som vannet har ført med seg eller er rast ut fra sidene. Dette gjelder hele vannveien fra magasinet til flomvannet kommer ut i elveleiet igjen nedenfor dammen. Løpet må alltid holdes fritt for busker og trær, og det må kontrolleres at ikke kvister, trær eller annet som kan komme drivende kan sette seg fast og stenge for avløpet. Særlig plagsomt er flak av flytetorv, som kan drive inn til overløpet under flom og vind. Flomløpet kan da stoppes til, slik at vannstanden stiger over toppen av dammen. Ved neddemming av myrområder opptrer flak av flytetorv jevnlig, og de må fjernes. Dette kan gjøres ved å skyve dem på land med en bulldozer, eller ved å laste dem ned med stein slik at de synker. Forankring med peler har vist seg lite virksomt, spesielt der hvor det er store vannstandsvariasjoner.

Dersom det viser seg at flomløpet har for liten kapasitet, kan dette bety en alvorlig fare for dammens sikkerhet. I så fall må derfor tverrsnittet snarest mulig utvides, eller det må eventuelt bygges et helt nytt flomløp. For beregning av hvilke vannføringer som kan forekomme og hvilke dimensjoner et flomløp bør ha, henvises til punktene 2.3.4 og 4.2.5.

8 Nedlegging av dammer

Dersom det ikke lenger er bruk for en dam, må eieren vurdere hva han skal gjøre med den. Hvis han vil fri seg fra sitt ansvar som dameier, må han fjerne dammen, eller i hvert fall ta bort så store deler av den at det som står igjen ikke kan virke inn på avløpsforholdene i vassdraget. Hvis dette blir urimelig kostbart, eller han av andre grunner ikke ønsker det, kan det være en løsning å utvide flomløpet, og kanskje senke overløpstorskelen, så dammen kan bli stående med mindre vanntrykk og dermed større sikkerhet. I så fall må han fremdeles sørge for forsvarlig vedlikehold, og vil fortsatt være ansvarlig for de skader som kan oppstå på grunn av dammen.

Lovbestemmelsene om eierens plikter ved nedlegging av anlegg i vassdrag er gitt i vannressurslovens §§ 41 og 42:

§ 41. (adgangen til å nedlegge vassdragsanlegg)

Hvis eieren av et vassdragsanlegg ikke lenger vil holde anlegget ved like, skal anlegget fjernes og vassdraget så langt som mulig tilbakeføres til forholdene slik de var før anlegget ble bygd. Før en nedlegging skal eieren gi alle interesserte underretning god tid i forveien.

Hvis nedlegging kan føre til påtakelig skade eller ulempe for allmenne interesser, kreves konsesjon etter § 8. Konsesjon skal gis om ikke særlige grunner taler imot. Vassdragsmyndigheten kan sette vilkår i konsesjonen etter reglene i § 26.

Vassdragsmyndigheten kan gi konsesjon til at nedlegging skjer på annen måte enn nevnt i første ledd, hvis det ikke vil medføre noen økt fare eller skade.

§ 42. (overføring av vassdragsanlegg i stedet for nedlegging)

Vassdragsmyndigheten kan overføre et vassdragsanlegg som ønskes nedlagt til noen som ønsker det opprettholdt, om ikke eieren da frafaller nedlegging.

9 Brudd på små dammer

NVE damtilsynet (tidl. vassdragstilsynet) har registrert ca. 1 brudd på små dammer hvert år her i landet. Det samlede antall brudd av slike dammer er sannsynligvis høyere, fordi registreringen ikke bygger på systematiske undersøkelser, men på tilfeldige opplysninger funnet i aviser, snappet opp under inspeksjoner, eller direkte meddelt NVE.

Så langt vi vet, har disse dambruddene ved små dammer ikke ført til tap av menneskeliv, selv om det kan ha vært nære på noen ganger. De materielle skadene har imidlertid vært betydelige. Det har vært store skader på bebyggelse, dyrket mark, skog, veier og jernbane. I tillegg til slike skader nedenfor dammen kommer skadene på selve dammen og tap av magasin, kanskje med verdifull fisk.

De dambruddene vi har kjennskap til skyldes både dårlig planlegging og bygging, og mangelfullt tilsyn og vedlikehold. I det følgende er det som eksempler beskrevet en del typiske forhold som har ført til brudd på mindre dammer.

Eksempel 1. Mangelfull planlegging og utførelse



Dammen var ca. 3 m høy, bygd av morene med mye stein. Massene ble sannsynligvis tippet i full høyde, og de utette grove massene samlet seg i bunnen av fyllingen. Samtidig var flomløpet for lite. Bruddet skyldtes at enten lekkasjer gjennom dammen eller flomvann over toppen av dammen førte til utgraving av massene.

Eksempel 2. Uegnete materialer



Dammen var ca. 5 m høy, bygd av sand. Det var gjort forsøk på å tette dammen med plastfolie og plank på oppstrømssiden. Tetningen var virkningsløs, fordi vannet gikk rundt den på sidene. Dessuten gikk vannet gjennom den utette grunnen i damfundamentet,

Vannet brøt gjennom og førte til brudd før magasinet var fullt.

Eksempel 3. Uegnete masser, dårlig utførelse



En knapt 2 m høy og 80 m lang dam ble bygd av myrmasser direkte på uavdekket terreng. Under en flom ble den lette damfyllingen skjøvet eller gravet ut, og magasinet på 10 000 m³ vann rant ut. Hus og skog ble ødelagt, og som det fremgår av bildet oppsto det betydelige sår i terrenget i dalsiden nedenfor dammen. Dameieren ble dømt til å betale erstatning for skadene.

Eksempel 4. Selv små vannmengder kan gi alvorlige skader



En 4,5 m høy fyllingsdam var bygd med et for lite flomløp. Dambruddet oppsto under en flom hvor vannet strømmet over toppen av dammen, og magasinet på 6 000 m³ rant ut. Det ble skader på hus og dyrket mark. Alvorligst var likevel et brudd på jernbanelinjen, som kunne ført til togavsporing. Dambruddet ble imidlertid oppdaget straks og Statsbanene varslet, slik at togene ble stanset inntil linjen var utbedret igjen.

Eksempel 5. I bratt terreng får ofte dambrudd preg av ras



Dammen var en ca. 4 m høy fyllingsdam, bygd av morenemasser med trespunkt i midten. Den var bygd med for lite fribord, og brudd inntraff en flomperiode.

Ifølge et øyenvitne gled fyllmassene nedstrøms plankespunten plutselig ut i 15 m bredde med et brak. Massene kom som et ras ned den bratte lia, og gikk rett i sjøen. Først etterpå kom vannet, bare 2 000 - 3 000 m³, og gjorde en del skade på mark og bebyggelse. Bildet

viser hvordan det så ut nedenfor dammen etter bruddet. Øyenvitnet beskrev det som hell at menneskeliv ikke gikk tapt, fordi raset kom så fort, og barn vanligvis leker i området der raset gikk.

Eksempel 6. Tetningsdekke ikke ført til fjell



Dammen var en ca. 3 m høy bukkedam, utført av stålbukker med plankedekke. På et parti var betongsokkelen for plankedekket ikke ført ned til fjell, men bare til tett og fast morene. Her ble massene etter hvert så oppbløtt at de mistet nødvendig fasthet, og vannet brøt seg igjennom under dammen. Som følge av at lekkasjeåpningen var begrenset, var vannføringen ved bruddet antagelig mindre enn ved en normal flom. Skadene begrenset seg derfor til selve dammen og tapet av magasinet.

Eksempel 7. Påbygging kan gi uoversiktlige forhold



Dammen hadde vært påbygd flere ganger, og besto av tømmer, stein, jord og betong. Forholdene med hensyn til stabilitet og tetning var etter hvert blitt uoversiktlige.

I en periode med sterk nedbør brøt dammen sammen. Det oppsto skader på bygninger, dyrket mark og skog, og brudd på en vei.

Eksempel 8. Flytetorv i magasiner kan være farlig



Dammen var en ca. 2,5 m høy torvdam, delvis støttet opp av en tømmer, vegg og stein på nedstrømssiden. Under flom drev et flak med flytetorv inn til overløpet og tettet dette til. Vannstanden steg over toppen av dammen, og damfyllingen ble gravet ut i en bredde på 8 - 10 m. Ca.. 50 000 m³ vann flommet ut og gjorde skade på riksvei og privat eiendom.

Eksempel 9. Liten dam kan gi stort brudd



Bildet ovenfor viser en ca. 4 m høy fyllingsdam, som demmet opp et magasin på vel 8 mill. m³. Overløpet var antagelig for lite, og under et meget stort flomtilløp til magasinet oppsto dambrudd.

Dammen lå på en morenerygg og ved bruddet ble ikke bare dammen skyllet bort, men vannet grov også med seg morenemassene, slik at vannstanden ble senket vel 20 meter. Det neste bildet viser hvordan det så ut på stedet etter bruddet.



Bruddet på denne relativt lille dammen førte til at langt mer enn det oppdemmede magasinet rant ut, i alt anslagsvis ca. 40 mill. m³. Den største vannføring under bruddet er beregnet til mellom 4 000 og 7 000 m³/s. Til sammenligning er største observerte flom i Glomma ca 3 500 m³/s.

Flommen grov med seg enorme mengder løsmasser, og førte disse ut i fjorden utenfor. Terrenget i dalen og dybdeforholdene i fjorden ble på mange steder forandret til det ugjenkjennelige. Området var heldigvis lite bebyggt. Et lite kraftverk og bolighus ble ødelagt, men menneskeliv gikk ikke tapt.

Litteratur

1. Veiledning for fyllingsdammer. Norges geotekniske institutt, 1983.
2. Forskrifter for dammer. NVE/Universitetsforlaget, 1981.
3. Fiberduk i vegbygging. Veglaboratoriets interne rapport nr. 612.
4. J. Otnes og E. Ræstad: Hydrologi i praksis. Annen utgave. Ingeniørforlaget, 1978.
5. Betong ABC. 6. utgave. A/S NORCEM Cementdivisjonen, 1975.
6. Betonglære 1. 3. utgave. Universitetsforlaget, 1980.
7. Lov om vassdrag og grunnvann. OED, 2000.
8. Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. OED, 2001.
9. Forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg. OED, 2001.
10. Forskrift om kvalifikasjoner hos den som forestår planlegging, bygging og drift av vassdragsanlegg. OED, 2001.
11. Faremomenter og sikringstiltak ved anlegg i vassdrag. NVE og EBL Kompetanse AS, 2003.
12. Behandling etter vannressursloven mv. av vassdragstiltak og tiltak som kan påvirke vassdrag og grunnvann. NVE-veileder 1/2002.
13. Vassdragshåndboka. NVE/Tapir forlag, 1998.
14. Retningslinjer for flomløp. NVE, 2005.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Veilederserien i 2006

- Nr. 1 Inntakshåndboken. En rettledning for planlegging og utforming av inntak til småkraftverk (148 s.)
- Nr. 2 Grethe Holm Midttømme (red.): Små dammer. Veileder for planlegging, bygging og vedlikehold (95 s.)