

Prosjekt damsikkerhet

Mai 1992 **Rapport nr. 6** Del II



Berdal Strømme a.s.

Funksjonssikkerhet ved flomluker

Prosjektansvarlige:

NVE Tilsyns- og beredskapsavdelingen (NVE-T)

Vassdragsregulantens Forening (VR)

**ANALYSE AV
FUNKSJONSSIKKERHET
VED FLOMLUKER
FOR DAM VINSTEREN**

FUNKSJONSSIKKERHET
VED FLOMLUKER
FOR DAM VINSTEREN

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. Analysens hensikt og hovedkonklusjon	1
2. Beskrivelse av anlegget	2
3. Ovenforliggende damanlegg	11
4. Enkel konsekvensvurdering av magasin vannstand lik bruddvannstand	11
5. Tekniske data for anlegget	12
6. Konsekvensvurdering ved vannstander over dimensjonerende vannstand med hensyn til lukemanøvrering/lukestyring	18
7. Vannstandutvikling ved ulike manøvreringstilfeller	23
8. Funksjonssikkerhetsanalyse	29
9. Feilsannsynligheter, enkelthendelser og sammensatte hendelser	38
10. Tiltak	40
11. Drøfting av analysen	41

Kap. 3, 4, 5 og 7 er forfattet av prosjektleder Svein Larsen

FORORD

Moderne norsk dambygging startet omkring århundreskiftet, da vi tok til å utnytte våre vannkraftressurser. Innledningsvis dominerte mur- og betongdammene, men særlig etter 1950 kom de store fyllingsdammene inn i bildet for fullt. I hele det aktuelle tidsrommet har norsk damteknologi holdt et høyt nivå, og dammene har hevdet seg godt internasjonalt med hensyn til kvalitet og sikkerhet.

I den intense utbyggingsperioden vi har vært igjennom i de senere tiår, har begrepet damsikkerhet i sterk grad vært knyttet til planlegging og bygging, der beregningsmetoder, laster, materialegenskaper og utførelse har vært nøkkelbegreper. Men damsikkerhet avhenger også i sterk grad av hvordan vi overvåker, manøvrerer og tar vare på dammene, og hvor godt vi forstår og er forberedt på ulike hendelser og situasjoner som kan oppstå i driftsfasen. Det var særlig dette som var bakgrunnen for at NVE i 1987 tok initiativ til et samarbeidsprosjekt med VR og dameiere om damsikkerhet. Forprosjektet utga rapporten: "Risikoaanalyse for dammer" i 1987, og selve hovedprosjektet startet med etablering av et styringsutvalg høsten 1988. Prosjektlederen tiltrådte i april 1989, og fra da av kom det praktiske arbeidet i gang. Prosjektet avsluttes i 1992.

Styringsutvalget består av:

- * Sjefingeniør Bjarne Nicolaisen, NVE (form.)
- * Sjefingeniør Jan Daleng, VR
- * Prof. Dagfinn K. Lysne, Institutt for vassbygging, NTH
- * Sjefingeniør Thorleif Hoff, Statkraft

Prosjektleder er sivilingeniør Svein Larsen.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i dagens situasjon og har fått utredet ulike spørsmål som har betydning for damsikkerheten i driftsfasen, slik som aldring, flomavledning, overtopping, lekkasjer, funksjonssikkerhet av flomluker og beredskapsplanlegging. Dessuten behandles erfaringsinnsamling, dambruddstatistikk og risikovurderinger. Enkelte utredninger blir presentert i egne delrapporter som denne, men prosjektet avsluttes med sluttrapport som summerer opp resultatene av de utredninger prosjektet har utarbeidet.

Flomløp som ikke funksjonerer som forutsatt kan utløse dambrudd, og det er nødvendig å sikre at flomløp med manøvrerbare organ har en tilstrekkelig funksjonssikkerhet.

Som ledd i dette kan det utføres funksjonssikkerhetsanalyser hvor en klarlegger avledningskapasiteten ved ulik grad av lukemanøvreringsvikt.

Det klarlegges hvilke muligheter som finnes for eventuell manøvreringsvikt, og hvilke tiltak som kan iverksettes for å bedre funksjonssikkerhet.

Den delrapport som fremlegges her: "Funksjonssikkerhet ved flomluker" er utarbeidet av Berdal-Strømme a.s., og Nybro Bjerck a.s., og viser med eksempler hvordan slike vurderinger kan gjennomføres.

Av praktiske hensyn er rapporten delt i 2 deler.

Del 1 inneholder en generell vurdering og eksempelet "Braskereidfoss".

Del 2 inneholder eksemplene "Vinstern" og "Olstappen"

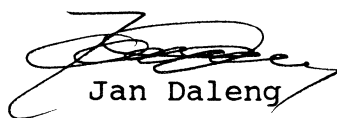
For å få eksempler med realistiske problemstillinger har en tatt utgangspunkt i eksisterende anlegg. Det må imidlertid tas et klart forbehold om at grunnlaget for analysene ikke i alle forhold samsvarer med virkeligheten, og at analysens resultater og konklusjoner dermed ikke direkte kan overføres til de benyttede eksempel-anlegg.

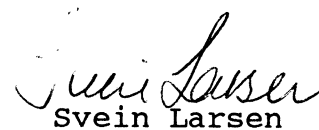
Eksemplene må ikke betraktes som mønster for andre analyser, men som en kilde hvor ideer til slike analyser kan hentes.

I hovedrapporten vil vi nærmere drøfte hensikt, innhold og omfang av slike funksjonssikkerhetsanalyser for flomluker.

Oslo, 25. mai 1992


Bjarne Nicolaisen


Jan Daleng


Svein Larsen

Forsidebilde viser eget nødopptrekk for luke ved dam Nelaug i Arendalsvassdraget

1. ANALYSENS HENSIKT OG HOVEDKONKLUSJON

Hensikten ved denne analysen er å være et verktøy for økt funksjons-sikkerhet av flomlukene/nåleløpet på dam Vinsteren og lignende anlegg. Den skal avdekke svakheter og påpeke spesielle situasjoner som vil oppstå ved store flommer. Analysen vil derfor være til hjelp ved gjennomføring av tiltak som kan øke manøvreringssikkerheten.

Analysen vil etter vår mening være et viktig redskap for dameiere. Ved alle større dammer bør en slik analyse gjennomføres. Dameieren må imidlertid selv engasjeres i langt større utstrekning enn ved denne analysen. Lokalkunnskap, driftserfaringer og detaljinformasjon om lukene må innarbeides i analysen. Denne analysen vil imidlertid være en rettesnor for dameiere ved utarbeidelse av deres egen analyse.

2. BESKRIVELSE AV ANLEGGET

2.1 Generelt

Vinsteren utgjør et av magasinene for Øvre Vinstra kraftverk. Vinsteren har et areal på 28 km² ved naturlig vannstand og et nedbørfelt på ca 161 km². Reguleringshøyden er 4 m og HRV 1031,50.

Oppstrøms for Vinsteren ligger magasinet Bygdin med magasinareal 40 km² og nedbørsfelt 304 km².

Reguleringen består av en ca 85 m lang betongdam med jordfyllingsdammer i tilslutning på begge sider. Det er også en jordfyllingsdam over nordre sideløp. Fyllingsdammens samlede lengde er ca 180 m. Kronehøyden ligger på kote 1033,0. På de dypere partiene er jorddammen utstyrt med tetningskjerne av armert betong som er fundamentert på fjell.

2.2 Flomavledningssystemet

Betongdammene har 2 flomløp med hånddrevne segmentluker B x H = 4,0 x 3,0 m med terskel på kote 1028,50, samt 7 ekstra flomløp med B x H = 8 x 2 m med terskel på kote 1029,50. Disse er stengt med nåler og forutsettes bare benyttet ved særlig flomforhold.

I bunntappeløpet med terskel på kote 1023,0 er det 2 glideluker B x H = 2 x 2,5 m. Disse lukene er drevet med elektrisk drevet skruespill. Såvel opp- som nedstrøms for dammen er det senkningskanaler, samlet lengde ca 1000 m.

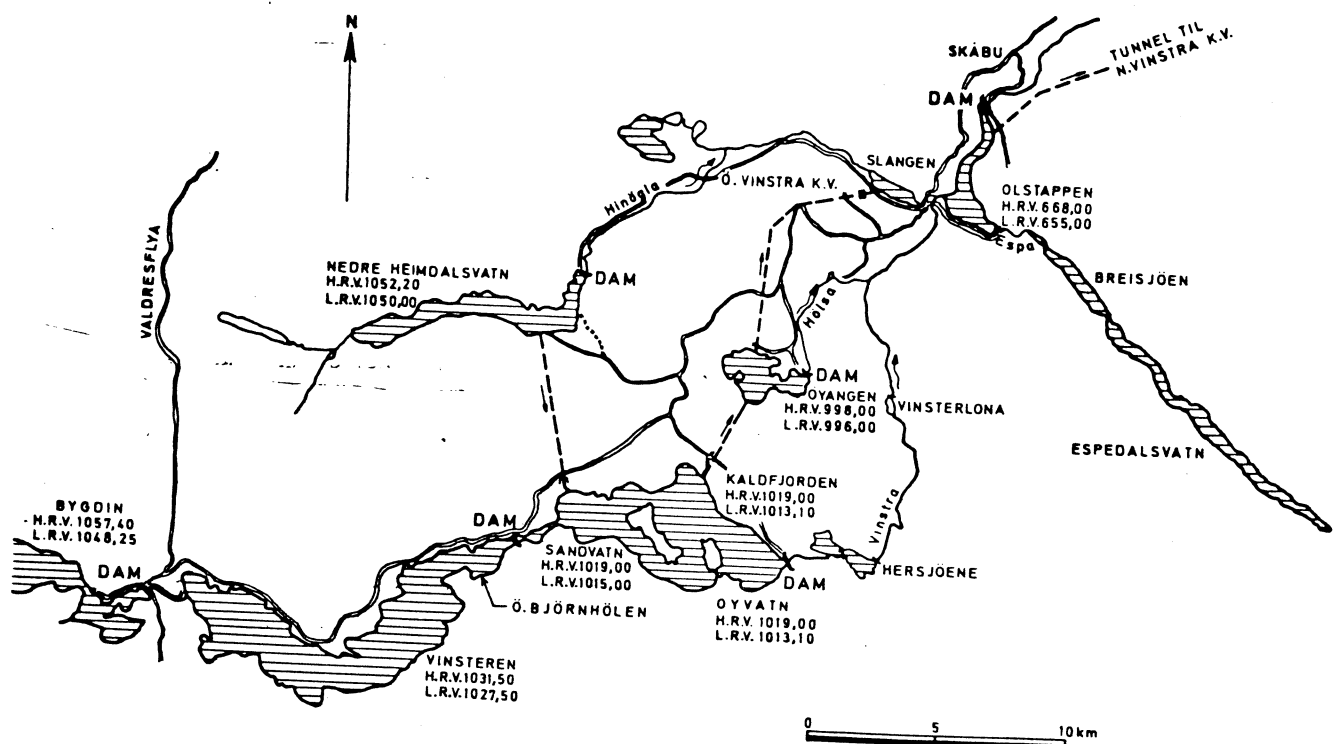
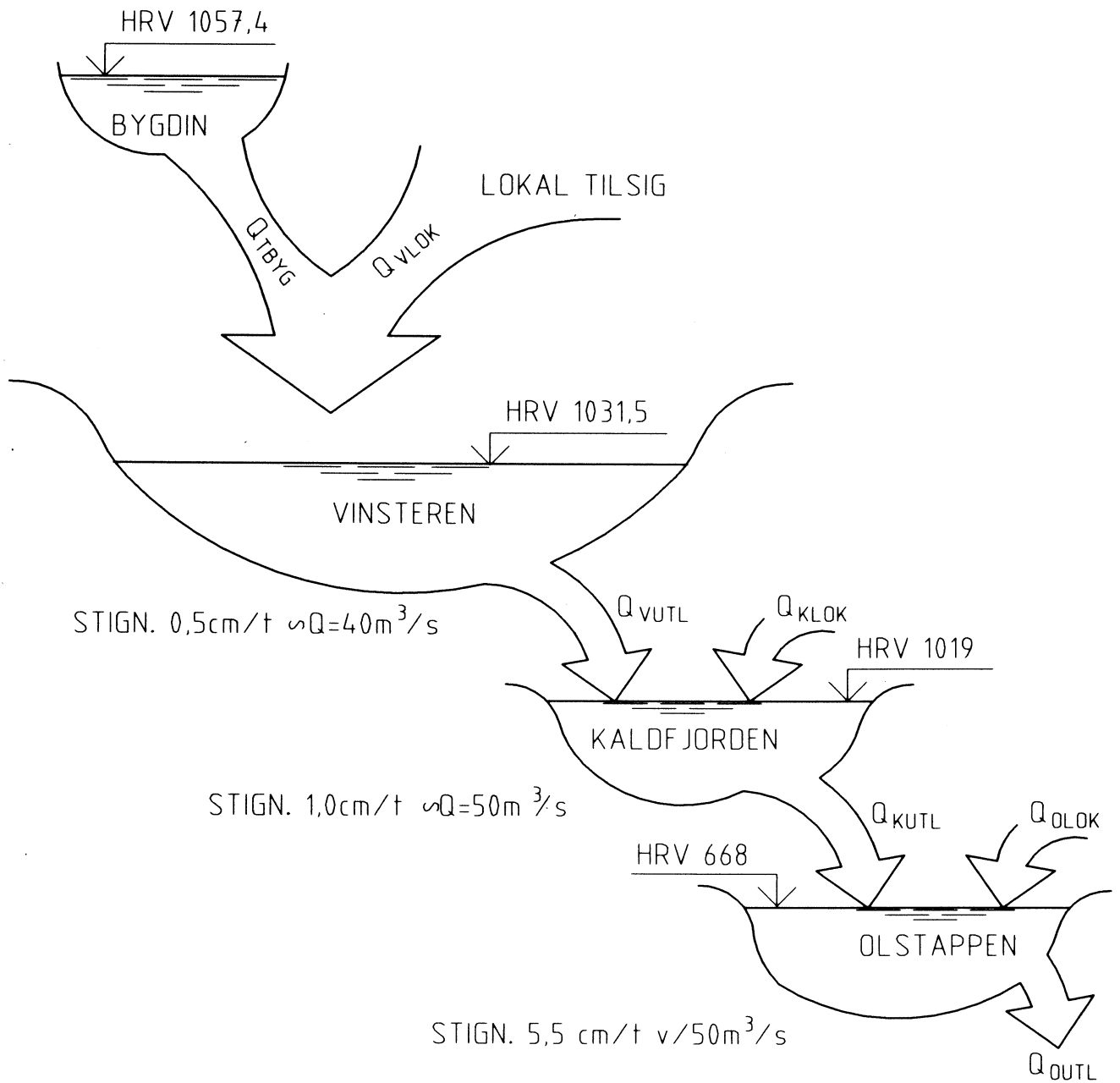
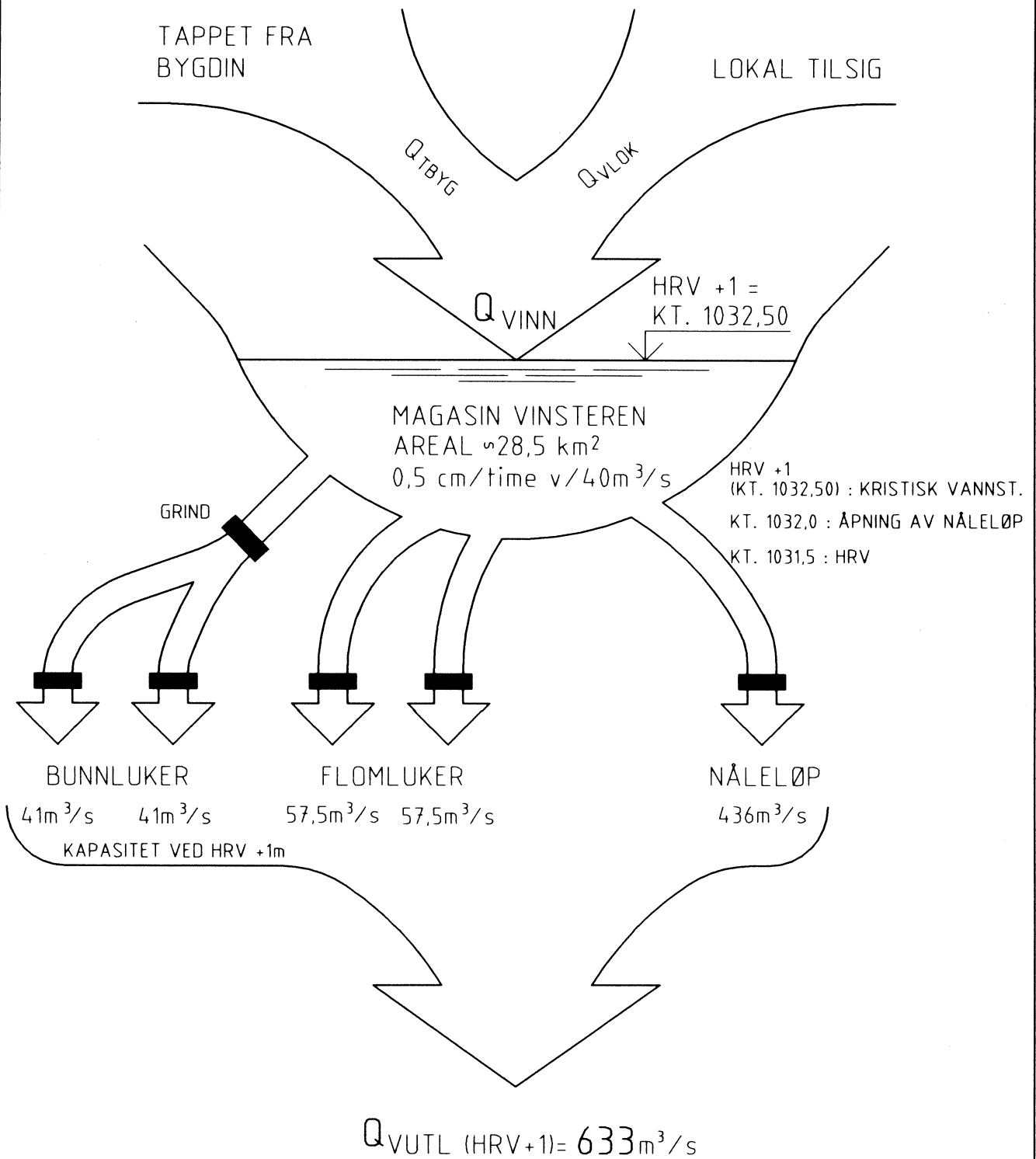


Fig. 1 Oversikt over Vinstravassdraget

ØVRE VINSTRA VASSDRAGET



DAM VINSTEREN



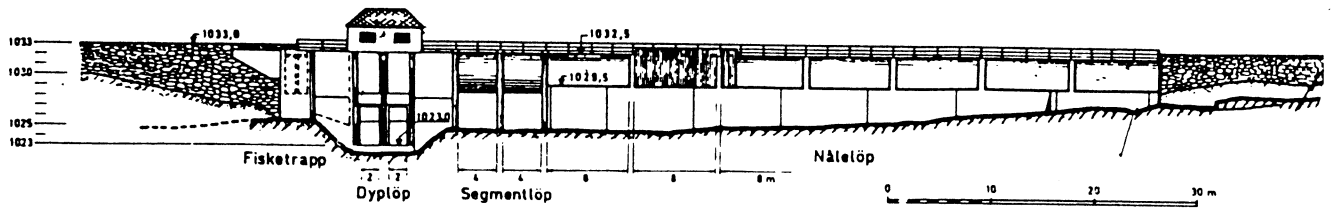


Fig. 2 Oppriss av dam, sett fra oppstrøms side

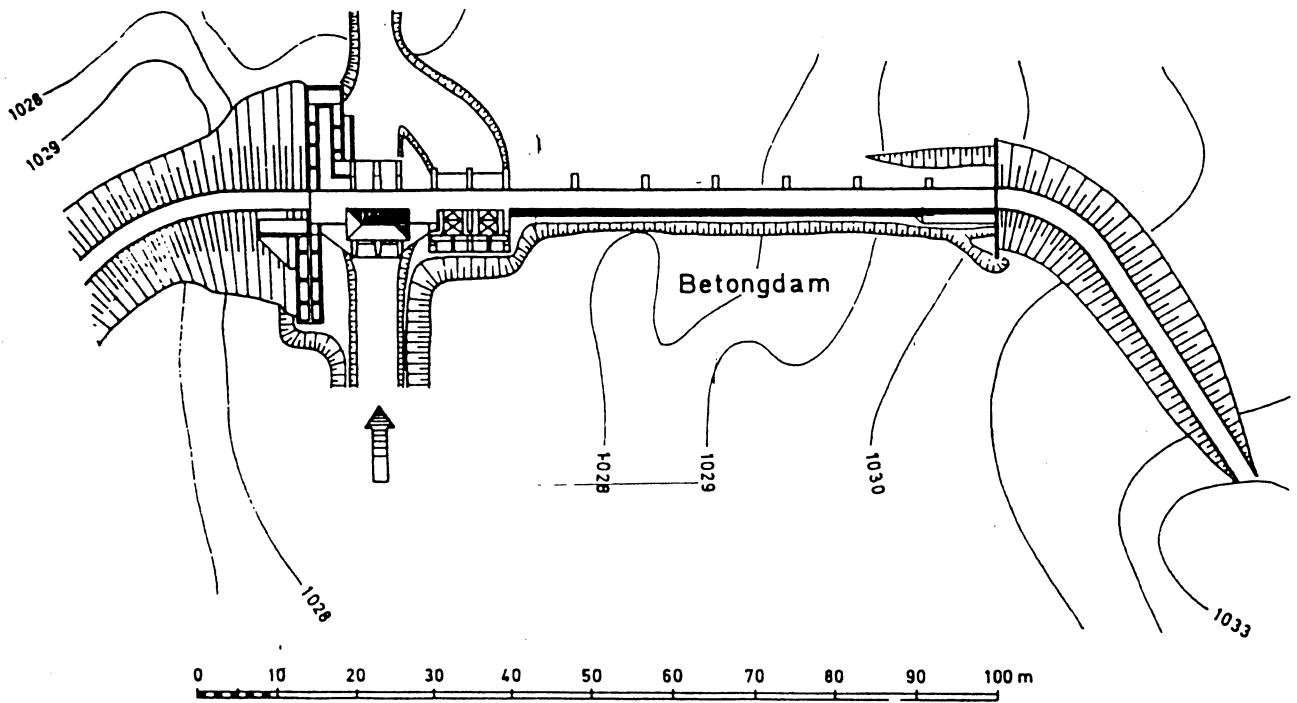


Fig. 3 Plan

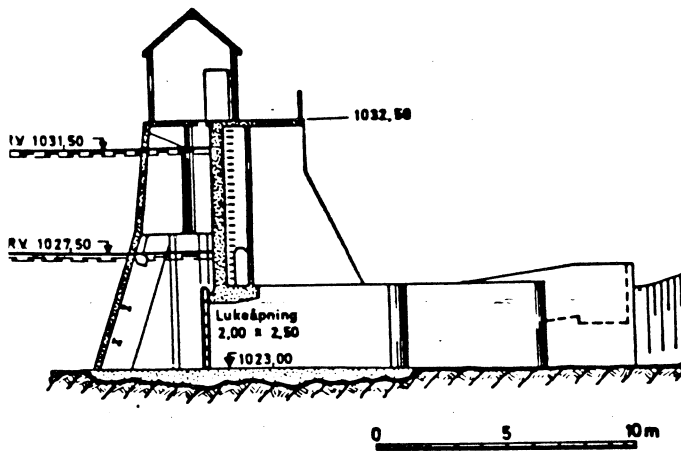


Fig. 4
Snitt i dypløp.

Lukene opereres av elektrisk drevet skruespill.

Varegrinden vil i en flomsituasjon være utsatt for gjentetting.

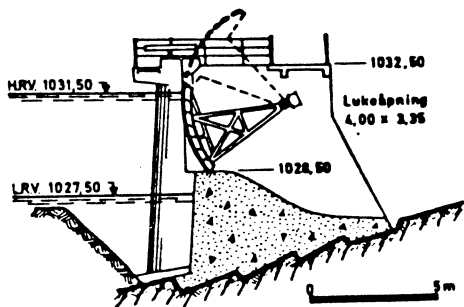


Fig. 5
Snitt flomløp.

Lukene sveives opp manuelt.

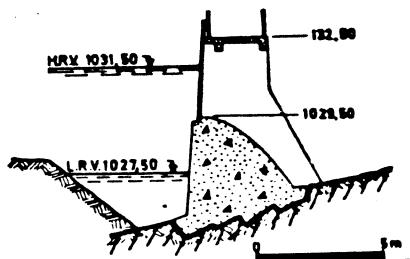


Fig. 6
Snitt avløp med nålestengsel.

Tilsammen 7 åpninger hver med bredde 8 m. Nålene er av tre.

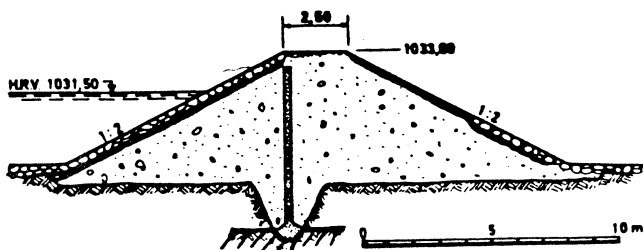


Fig. 7
Snitt jorddam.

Tetningskjerne av armert betong fundamentert på fjell.

2.2.1 Segmentluker i flomløp

Se fig. 5, side 3.

2 stk segmentluker er plassert mellom nåleløp og dypløp. Lukene er like og dypløp. Lukene er like og betjenes manuelt.

Data:

Segmentluke	BxH = 4m x 3m
Luketerskel	Kote 1028,5
Luketopp	Kote 1031,85
HRV	Kote 1031,50
LRV	Kote 1027,50
Opptrekk	Sentrisk, manuelt, oppstrøms kjedeopptrekk 6 tonn
Betjeningsnivå	Kote 1032,50 (som bru)
Topp tilstøtende jordfyllingsdammer	Kote 1033,0
Leverandør	Kværner brug (1948)

Det er ikke reserveopptrekk.

2.2.2 Bunnappeluker

Se fig. 4, side 3

2 stk glideluker er montert i betongdammens venstre side. Oppstrøms for lukene er det montert en varegrind. Opptrekksmaskineriene er plassert i lukehus.

Data:

Glideluke	B x H = 2,28m x 2,50m
Luketerskel	Kote 1023,00
HRV	Kote 1031,50
LRV	Kote 1027,50
Opptrekk	Elektrisk drevet 40 tonn skruespill (Bygget om fra bensin til elektrisk drift i 1962.) Kan manøvreres med sveiv.
Lukehusgulv	Kote 1032,50
Leverandør	Kværner Brug (1948)

2.2.3 Nåledam

Se fig. 6, side 3.

Nåledammen har i alt 7 åpninger, hver med bredde 8 m. Nålene er av tre.

Data:

Trenåler	4" x 4" (?)
Terskel	Kote 1029,50
Topp nåler	ca. Kote 1033,00 (?)
Øvre anlegg (brodekke)	Kote 1032,50
HRV	Kote 1031,50
LRV	Kote 1027,50
"Manøvreringsvannstand"	kote 1032,00

Ved manøvrering vil det være en samlet kraft på 313 kp pr. nål hvorav 87 kp tas opp av det øvre anlegget og 226 kp av det nedre. De første nålene er vanskeligst å fjerne. Videre åpning er normalt uproblematisk ("rulling"). Normalt sikres nålene med wire slik at de kan trekkes opp på broen etter åpning. Dersom åpningen må foregå raskt, vil det være naturlig å la nålene gå i elven.

Dersom det er vanskelig å få åpnet de første nålene (spett eller lignende), kan det være aktuelt å kappe disse (med øks, sag eller lign.).

2.2.4 Vannstandsregistrering

Vannstanden i Vinsteren registreres i øvre enden mot Bygdin og sendes bl.a. til damvokterboligen ved Bjørnhølen, samt Olstappen.

Dersom denne automatiske vannstandsmålingen faller ut, må vannstanden registreres manuelt. Dette kan være vanskelig i en flomsituasjon bl.a. på grunn av falltapet fra Vinsteren ned mot dammen.

2.2.5 Bemanning/beredskap - nåværende situasjon

Det er 6 fast ansatte damvoktere som betjener reguleringsanleggene i Vinstravassdraget. En bor fast på Bygdin, de øvrige inklusive damformann er stasjonert på Olstappen. Bemanning/beredskap/stasjonering på damanleggene styres av vassdragsvakten på GLB's hovedkontor. I kritiske situasjoner er det forutsatt at det skal kunne tilkalles mannskaper fra nærliggende medlemsverk, det vil si øvre og nedre Vinstra kraftverk.

Ved større vannføringer vil det være fast vakt stasjonert ved dam Vinsteren.

2.2.6 Instruks vedrørende betjening av flomluker

I reglementet for Vinsterreguleringen heter det bl.a. følgende:

"Det skal ved manøvrering has for øye at vassdragets tidligere flomvassføring ikke forøkes. Vannstanden i Vinsteren kan under flom heves midlertidig til høyeste kote 1032,0 for atter å senkes til HRV kote 1031,50 når flommen har kulminert i Olstappen".

Bestemmelsen er knyttet til flommen i Olstappen. Vi antar at dempningsmagasinene skal anvendes til flomdemping i denne sjø. Dette syn underbygges ved at skadegrensen ved stor flom nås raskere ved Olstappen enn lokalt i Vinstra elv.

Erfaringsmessig vil vassføringen rundt 200 m³/s være meget følbare i vassdraget nedenfor Olstappen. Vi vil derfor trekke grensen for "særlige flomforhold" ved denne vassføringa.

På dette grunnlag gjøres følgende instruks gjeldene for bruk av dempningsmagasinene i Vinsteren og Kaldfjorden:

- 1) Venter man at vassføringen nedenfor Olstappen, som følge av vannslipping fra Vinsteren og Kaldfjorden samt lokaltilsig, vil kunne vil større enn 200 m³/s, skal dempningsmagasinene tas i bruk etter følgende retningslinjer.
- 2) Inntreffer flomforhold som nevnt under pkt. 1, manøvreres lukene i Øyvassdammen suksessivt slik at Kaldfjorden begynner å stige. Dog skal sjøen ikke tillates å stige raskere enn 1 cm pr time i gjennomsnitt over 6 timer. Ved stigning på 1 cm i timen holdes det tilbake ca. 50 m³/s i Kaldfjorden.
- 3) Etter ca. 6 timer til virkningen av at det holdes tilbake vann i Kaldfjorden, ha nådd Olstappen. Hvis overløpet fra Olstappen dam da er over eller fortsatt ventes å stige over 200 m³/s tas også dempningsmagasinet i Vinsteren i bruk. Lukene i dammen ved Bjørnhølen manøvreres da gradvis slik at vannstanden i Vinsteren begynner å stige, dog ikke raskere enn 0,5 cm/time i gjennomsnitt over 6 timer. Ved en stigning på 0,5 cm/time holdes ca. 40 m³/s tilbake i Vinsteren.
- 4) Stigningen kan deretter fortsette med inntil 1 cm/time i Kaldfjorden og 0,5 cm/time i Vinsteren til flommen i Olstappen har kuliminert (jfr. pkt. 5), eller til de respektive flomdempningsgrenser er nådd (jfr. pkt.6).
- 5) Kulminerer flommen i Olstappen før grensene nås, skal stigningen i Kaldfjorden og Vinsteren stanses ved at lukene åpnes gradvis, jfr. pkt. 7.
- 6) Når dempningsgrensene før kulminasjonen har inntrådt i Olstappen, vil grensen først nås i Kaldfjorden, etter anslagsvis 2 døgn. Øyvassdammen skal da åpnes gradvis for å hindre sjøen i å stige over kote 1019,40, jfr. pkt. 7. Etter i alt ca. 3 -4 døgn vil Vinsteren være nær dempningsgrensen, dvs. kote 1032,00. Når denne før flommen har kuliminert i Olstappen, skal nåledammen ved Bjørnhølen åpnes gradvis for å hindre at sjøen stiger over kote 1032,00, jfr. pkt. 7.
- 7) I begge forannevnte tilfeller pkt. 5 og 6, skal sjøene ikke senkes før flommen i Vinstra nedenfor Olstappen er lavere enn 200 m³/s.

Oslo, 8. august 1972

Glommen og Laagens brukseierforening
Sign." Sitat slutt.

2.3 Hvilken konsekvens har høy vannstand på muligheten av å betjene lukene og bjelkestengsel.

Når det gjelder store flommer og lukemanøvrering, er tilgjengelighet og værforhold sannsynligvis de viktigste faktorene. Det er rimelig å anta at adkomstveiene vil havarere allerede før nådde 200 m³/s. En flomsituasjon er som regel knyttet til dårlig vær. Det kan derfor være en tøff jobb å manøvrere flomlukene som må åpnes med mannekraft. Det finnes heller ikke noe lukehus som beskyttelse mot uvær. Dersom et eller annet havari skulle opptre, vil det kunne være svært vanskelig å utbedre dette.

Bunnløpet vil være utsatt for gjentetting på grunn av oppstrøms varegrind. Spillene vil imidlertid her være langt enklere å operere i uvær på grunn av lukehuset.

Nåleløpet har trenåler. Under forutsetning av at det aksepteres at nålene kan gå tapt, antas det at nåleløpet kan åpnes. Dette kan imidlertid være vanskelig nok dersom værforholdene er ekstreme, og de rette hjelpemidlene ikke er på plass.

Ved vannstander over kote 1032,5 vil tilgjengelighet og følgelig manøvrering av lukene være umulig.

Overtopping av segmentlukene, dvs. vannstand over kote 1031,85, vil medføre økt risiko for manøvreringsproblemer. Opptrekkskjedet står utsatt til, opptrekkskreftene vil øke pga vannlast, lukebenene står utsatt til for gjentetting og derav følgende vannlast osv. Dersom ikke noe uforutsett inntreffer vil lukene kunne manøvreres med vannstander opp til ca. kote 1032,0. Det anbefales imidlertid å unngå overtopping.

3. Ovenforliggende damanlegg

Oppstrøms for Vinsteren ligger magasinet Bygdin. All flomavledning ved Bygdin skjer gjennom luker med totalkapasitet 170 m³/s ved HRV og 240 m³/s ved HRV+ 1m.

Ved en feilmanøvrering i Bygdin kan Vinsteren plutselig få en økning i tilløpsflom lik ca 200 m³/s.

Bygdins magasinareal er 40 km², og nedbørsfeltet er 304 km².

I de flomberegninger vi har brukt som grunnlag er max avløpsflom ved Bygdin fastsatt til

Q 1000:	144 m ³ /s
PMF:	310 m ³ /s

Max. avløp inntreer imidlertid senere enn tilløpsflommens kulminasjon ved Vinsteren.

4 Enkel konsekvensvurdering av dambrudd og magasin vannstand lik bruddvannstand

Dette er vurderinger som bør gjøres for å avklare hvor alvorlig konsekvensene kan bli dersom flomavledningssystemet ikke fungerer som forutsatt.

Kravene til funksjons-sikkerhet bør gjenspeile konsekvensene av dambrudd.

For dam Vinsteren er bruddkonsekvensene beskrevet på grunnlag av en meget grov vurdering.

4.1 Skader langs magasin

Ved et evt. brudd på dammen pga. overtopping vil magasin vannstanden være 1-2 m høyere enn HRV. Skadene langs magasinet anslås til å være meget små.

4.2 Skader i vassdraget nedstrøms.

2.1 Vurdering er basert på følgende:

- A) Vannstand i bruddøyeblikket er HRV + 1m ved dammen og HRV+1,5m i magasinet. Flomlukene er åpne og halve nålestengsel er fjernet. Dette tilsvarer en utløpsflom lik ca 300 m³/s.
- B) Bruddet i fyllingsdamseksjonen utvikler en maksimal åpning med høyde ned til HRV - 6m.

2.2 På grunn av den sterke strupingen vil utløpsflommen begrenses til ca 500 m³/s. Dette er flomstørrelser av samme størrelsesorden som maksimal kapasitet og Påregnelig maksimal flom.

2.3 De fysiske skadene vil sannsynligvis omfatte:

- erosjonsskader i det korte elveleiet ned til nærmeste magasin.
- skade på damanlegg og tap av magasin.
- mulig domino-effekt ved at nedstrøms dam også går til brudd. Vi har ikke nærmere vurdert dette, men anser det lite sannsynlig pga. det store vannareal på nedstrøms magasin.

2.4 Samlet vil vi anse det rent fysiske skadepotensiale ved brudd på dam Vinsteren som forholdsvis moderat. Magasinet er imidlertid så stort at den renommè-messige skade kan være betydelig dersom bruddet skjer i en forholdsvis moderat flomsituasjon.

5. Tekniske data for anlegget

5.1 Bruddvannstand

Bruddvannstanden for dam Vinsteren er fastlagt på grunnlag av en meget grov vurdering.

Fyllingsdamseksjonen er vurdert til å være dammens svakeste punkt, og brudd antas å skje på grunn av kombinasjon av høy vannstand og overskvulping av bølger ved en vannstand lik 0,5 m lavere enn topp dam.

Dette gir en bruddvannstand lik K 1032,5, dvs. HRV + 1 m. (ved dam).

P.g.a. et betydelig falltap mellom dam og magasin ved store vannføringer vil vannstanden i magasinet ved brudd kunne være betydelig høyere. (se tabell 3).

5.2 Avledningskapasitet

Det er forutsatt følgende avledningskapasiteter (H=0 ved v.st. lik HVR).

2 stk flomluker, segmentluker

$$Q_1 = 2 \cdot 1,8 \cdot 4 (H+3m)^{1,5} = 14,4 (H+3m)^{1,5}$$

7 stk nåleløp

$$Q_2 = 7 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot (H+2m)^{1,5} = 84 (H+2m)^{1,5}$$

2 stk bunnluker, glideluker

$$Q_3 = 88 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ved normalt undervann og HRV}$$

Q_3 blir redusert ved stor samlet vannføring med høyere undervann.

Q_1 og Q_2 er ikke påvirket av undervannet.

Tabell 1 Avledningskapasitet for det enkelte organ (m^3/s).

V.st ved dam	flomluker Q_1	nåleløp Q_2	bunnluker Q_3
HRV-0,5m	57	154	85
HRV	75	238	88
HRV+0,5m	94	332	91
HRV+1,0m	115	436	94

Tabell 2 Samlet avledningsskapasitet. (m^3/s)

V.st ved dam	Q_1+Q_3	Q_1+Q_2	$Q_1+Q_2+Q_3$
HRV-0,5m	120	211	261
HRV	140	313	364
HRV+0,5m	160	426	476
HRV+1,0m	180	551	600

Mellom dammen og magasinet vil det være et betydelig fall ved store vannføringer. Vi har basert vår vurdering av dette på følgende opplysninger:

Ved vannføring lik $325 \text{ m}^3/\text{s}$ er falltapet 1,2m med v.st. 1032m i magasinet og 1030,8 ved dam.

Med dette som grunnlag har vi anslått nivåforskjellen mellom v.st ved dam og magasin.

Tabell 3. Vannstandforskjell mellom magasin og dam. (m)

Vannføring m^3/s	Vannstand HRY	ved HRY+0,5m	dam HRY+1m
100 m^3/s	0,11	0,09	0,07
200 m^3/s	0,41	0,32	0,26
300 m^3/s	0,85	0,68	0,56
400 m^3/s	1,27	1,10	0,96
500 m^3/s	1,85	1,56	1,28
500 m^3/s	2,03	1,73	1,40

5.3 Areal og magasinkurve

Tabell 4: Magasinets areal og volum.

nivå	magasin volum mill m ³	magasin areal mill m ²
1027,5 - (LRV)	0	23
1031,5 - (HRV)	103	28
1032,5	131,5	29

Basert på en vannoverflate lik 28,5 mill m² er magasinets floldempende effekt:

100 m³/s i 4 t tilsvarer 5 cm heving av magasin vannstand.

5.4 Tilløpsflommer

Beregninger av nye flomstørrelser (Q-1000 og PMF) er i gang for hele vassdraget, og i denne analyse har vi basert oss på noen foreløpige resultater for Vinstra-vssdraget.

Vi har ut fra de oppgitte maksimalverdier for Q-1000 anslått maksimalverdiene for flommer med andre gjentakintervall.

Flomhydrogrammene er basert på data for Q-1000 og PMF som vi har mottatt. Vi har gitt de ulike flomhydrogram felles forløp i den periode da flommen er stigende.

Vi har videre redusert den basisvannføring som er tilstede før flomutviklingen starter. Dette fører til at flomutviklingen skjer noe bråere og mer overraskende.

Vi har basert analysen på følgende gjentakintervall for maksimalverdi på tilløpsflom.

(Fig. 1 viser hydrogrammene).

Tabell 5 Gjentakintervall for maksimalverdi tilløp.

Gjentaksintervall år	vannføring Q m^3/s	maksimal vannføringsendring $\Delta Q/\Delta T$ m^3/s pr time
10	85	8
10^2	260	13
10^3	338	13
10^4	420	23
10^5	510	23
10^6	590	23
PMF	704	23

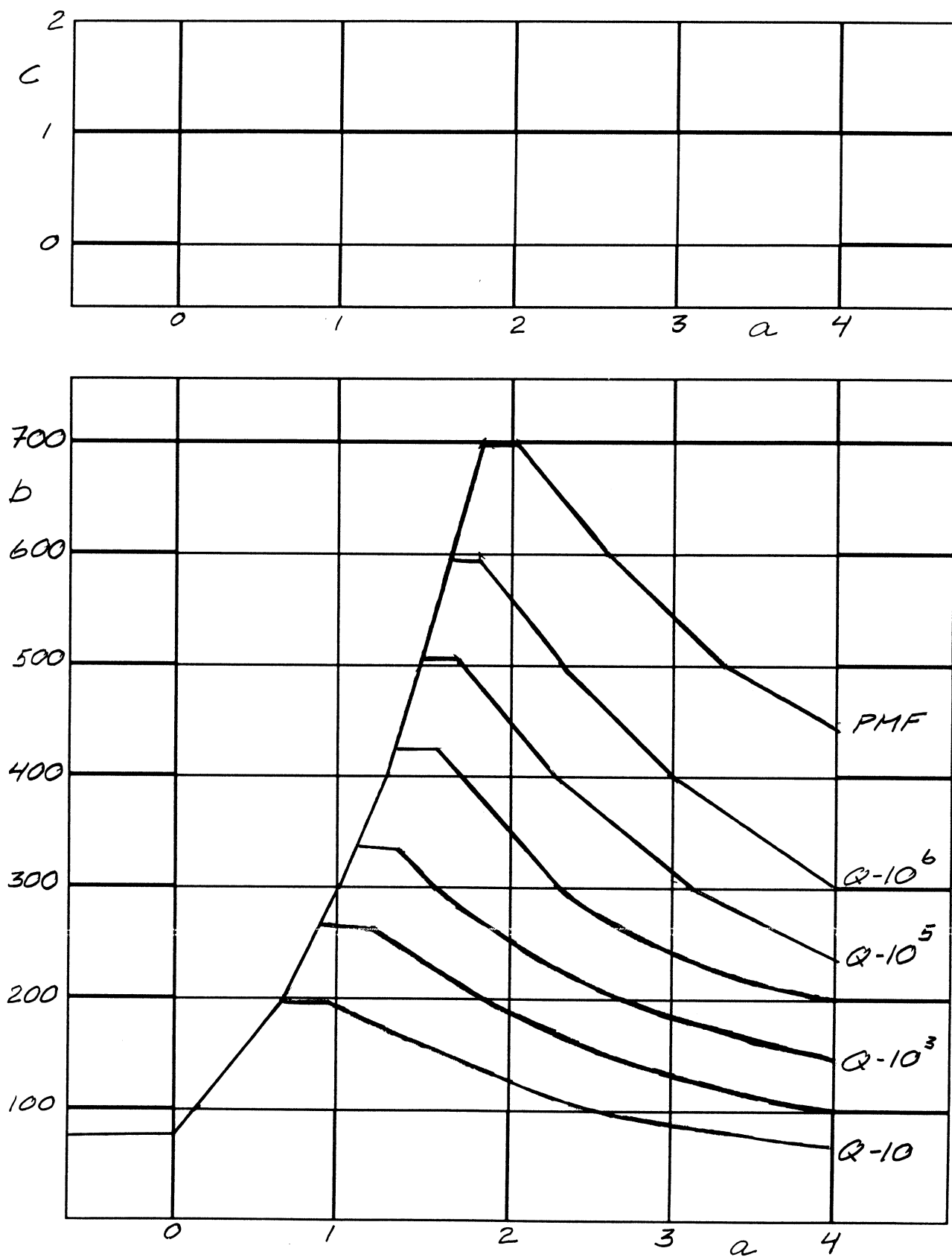


Fig 1 Tilløpsflom-hydrogram

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m^3/s),

6. KONSEKVENSVURDERING VED VANNSTANDER OVER DIMENSJONERENDE VANNSTAND MED HENSYN TIL LUKEMANØVRERING/LUKESTYRING

Lukene er ikke fjernstyrt. Det er derfor påkrevet at betjeningen kommer frem til lukeopptrekkene. Det er antatt at de tilstøtende jordfyllingsdammene havarerer ved vannstand HRV + 1m (kote 1032,50). Denne vannstanden er identisk med topp betongdam. Ved høyere vannstander vil lukene ikke las seg manøvrere. I det følgende vurderes forskjellige situasjoner ved vannstander fra HRV opp til HRV + 1m.

6.1 Store flommer, ingen avledning

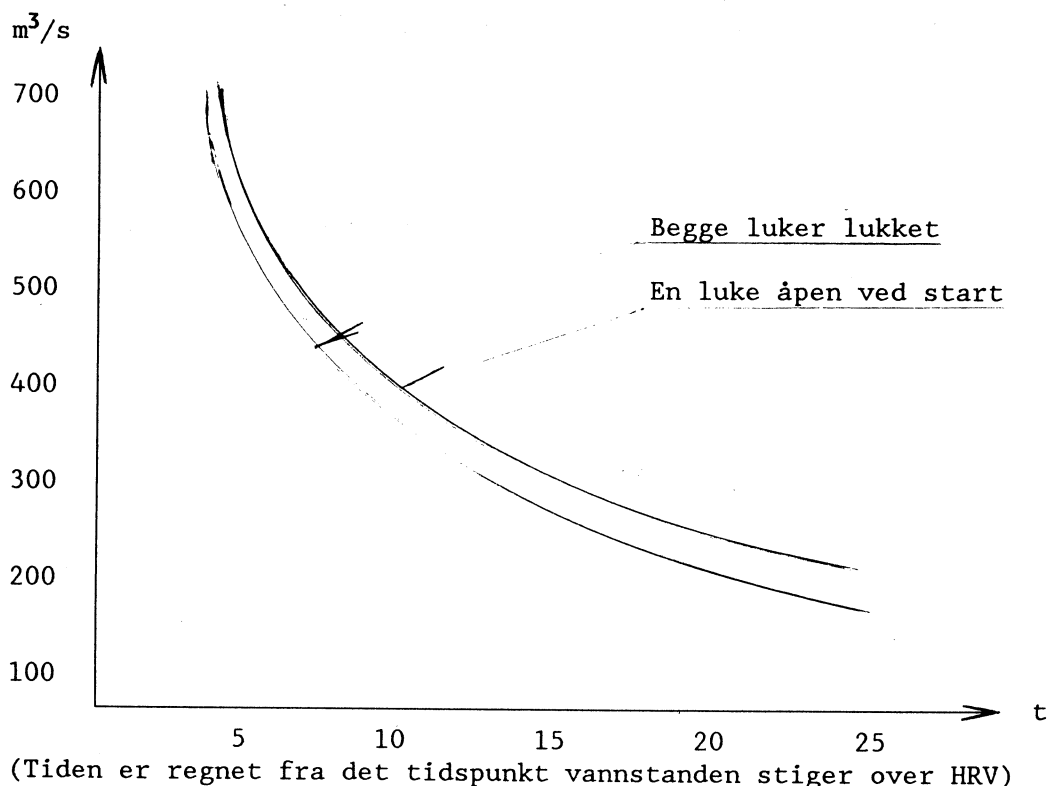
Situasjonen kan oppstå dersom mannskap ikke er tilstede på dam Vinsteren og alle luker er stengt eller blir tilstoppet (bunnluke).

- Manøvrering av segmentluker

Topp luke er på kote 1031,85. Ved høyere vannstander vil kjedet kunne ta skade ved at det vibrerer eller at fremmedlegemer henger seg opp i kjedet. Det vil dessuten bli en vannlast på luken som medfører øket opptrekkskraft. Ved 1 m flomstigning vil øket opptrekkskraft være ca. 1 tonn. Ved overtopping av luken vil det også være muligheter for fastkiling mellom pilarvegg og lukeben. Lukebenets fagverk kan dessuten påføres krefter fra fremmedlegemer/gjentetting. Dette vil igjen føre til øket vannlast. Isflak kan også legge seg på lukebenene. Vi vil derfor se på vannstand kote 1031,85 (luketopp) som kritisk for manøvrering av luken.

KONKLUSJON: SEGMENTLUKENE BØR ÅPNES FØR VANNSTANDEN OVERSTIGER KOTE 1031,85

Manøvrering må derfor finne sted senest



NB! Ved uvær kan det være meget vanskelig å oppholde seg på dammen. Det er ikke lukehus for opptrekkspillet. Manøvrering av segmentlukene kan derfor være vanskelig uansett vannstand.

- **Åpning av nåleløp**

Det er antatt 4''s nåler.

Ved HRV er samlet vannlast lik 200 kp/nål, (4kp ved øvre og 156 kp ved nedre anlegg). Ved HRV + 1 m 450 kp/nål (150 kp ved øvre og 300 kp ved nedre anlegg. Dette betyr at åpningen blir vanskeligere med økende vannstand. Åpningen av de første nålene vil være vanskeligst. Etter at ca 5 nåler er åpnet vil den øvrige åpningen være enkel, uansett vannlast. Det må også her påpekes at været kan gjøre åpningen krevende uansett vannstand.

Etter manøvreringsreglementet skal nålene åpnes ved vannstand på kote 1032.0 (HRV +0.5 m).

Det forutsettes at egnet hjelpeverktøy er tilstede.

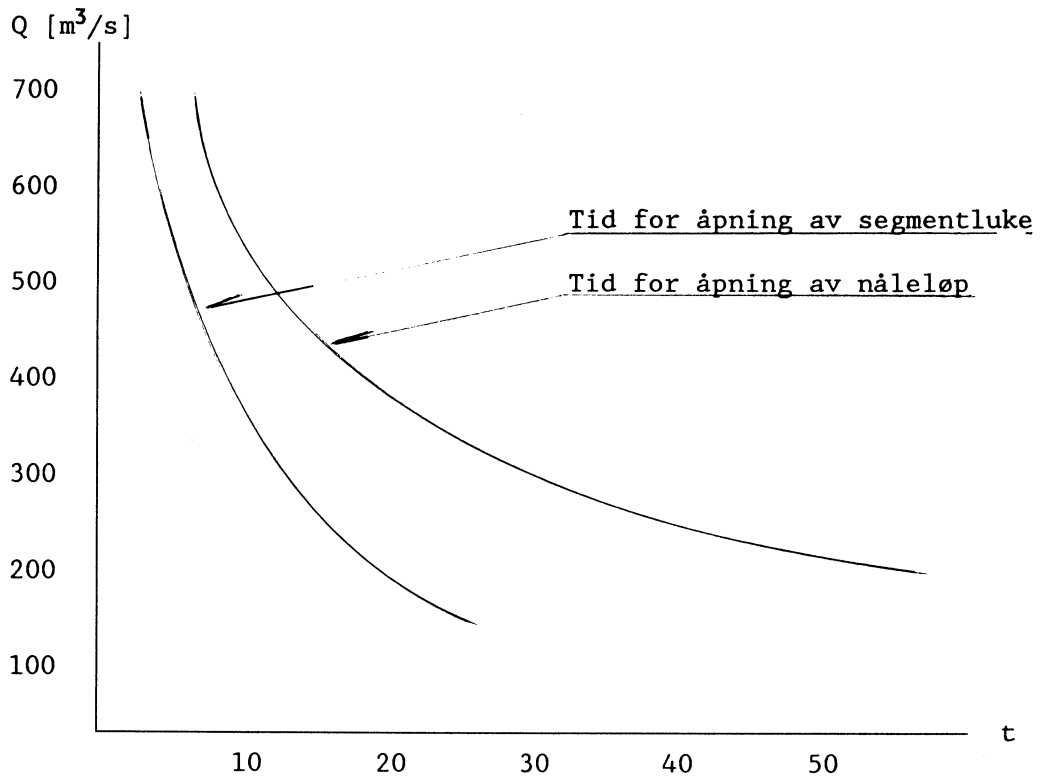
I en ekstrem flomsituasjon vil det sannsynligvis være aktuelt å la nålene gå tapt. Det antas at hele nåledammen da kan åpnes i løpet av 5-6 timer.

KONKLUSJON: NÅLELØPET VIL KUNNE ÅPNES SÅ LENGE VANNSTANDEN IKKE OVERSKRIDER KOTE 1032,50. DVS. SÅ LENGE NÅLEDAMMEN ER TILGJENGELIG. DET BØR LEGGES INN EN SIKKERHETSMARGIN PÅ 0,2 M. NÅLEDAMMEN BØR DERFOR VÆRE ÅPNET FØR VANNSTANDEN NÅR KOTE 1032,30

Segmentløp og nåleløp samlede kapasitet ved HRV +1m = 550 m³/s

6.2 Store flommer, avledning lik basisvannføring før flomsituasjonen
(75 m³/s)

Som 6.1, men man vil her ha mer tid til rådighet for manøvrering av segmentluker og nåler



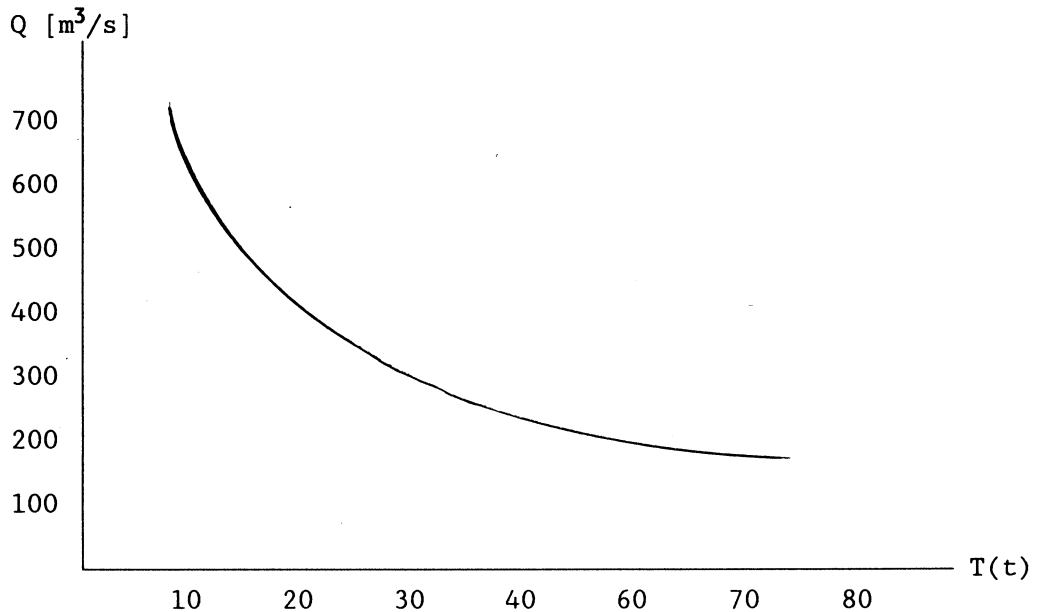
Tid til rådighet for åpning av segmentluke og nåleløp som funksjon av tilsig.

6.3 Store flommer, avledning kun gjennom luker

Bunnløp anses tettet.

Kapasitet segmentluke:

$$\begin{aligned} Q_{HRV} &= 75 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{HRV +0.8\text{m}} &= 107 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{HRV +1\text{m}} &= 115 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$



Tid til rådighet for åpning av nåledam ved vannstand kote 1032.30 som funksjon av tilsig.

6.4 Store flommer, normal funksjonering

Ved mindre vannføringer vil normalt bunntappelukene benyttes. På grunn av oppstrøms varegrind (gjentettingsrisiko) antas det at bunntappeløpet trer ut av funksjon ved store flommer.

Ved store flommer vil flomlukene og om nødvendig nåleløpene benyttes. Samlet kapasitet ved bruddvannstand (HVR +1m) er $551 \text{ m}^3/\text{s}$, hvorav segmentlukenes kapasitet utgjør $115 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved store flommer vil segmentlukeløpene på grunn av liten bredde ($B=4,0 \text{ m}$) kunne være utsatt for gjentetting.

I henhold til Vinsterenreguleringen skal nåledammen åpnes når dempningsgrensen dvs. kote 1032,00 nås. Dammen åpnes gradvis slik at sjøen ikke stiger over kote 1032,0.

Samlet kapasitet ved kote 1032,0:

$$\begin{aligned} \text{Segmentluker, } Q_{\text{segmentluke}} &= 94 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Nåleløp, } Q_{\text{Nåleløp}} &= \underline{332 \text{ "}} \end{aligned}$$

$$\text{Samlet, } Q_{\text{samlet}} = \underline{426 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Ved vannføringer over $426 \text{ m}^3/\text{s}$ vil Vinsteren stige over kote 1032,0

6.5 Store flommer, bunnluke og en flomluke åpner ikke

Samlet kapasitet ved bruddvannstand er 493 m³/s
Situasjonen kan oppstå ved teknisk svikt ved en luke. Avledningskapasiteten er stor til tross for svikt ved en luke og analyseres ikke nærmere.

6.6 Store flommer, ingen luker åpner

Kapasitet ved bruddvannstand for nåleløp alene er 436 m³/s.

Situasjonen analyseres ikke nærmere.

Stor avledningskapasitet til tross for svikt ved 2 luker.

6.7 Store flommer, ved spesielle forhold

Det kan være spesielle is-/sneforhold kombinert med regn. Det kan da tenkes at nåleløpet blokkeres av f.eks. is. Flomavledning ved slike eksepsjonelle forhold vil kunne føre til store flomstigninger.

Flomlukens løp har 4 m bredde og vil kunne blokkeres av is eller andre gjenstander ved store flommer.

6.8 Kommunikasjonssvikt mellom Bygdin og Vinsteren. Plutselig full tapping fra Bygdin i flomsituasjon

Situasjonen anslås ikke å føre til problemer ved Vinsteren pga det store magasinareal ved Vinsteren.

Situasjonen analyseres ikke videre.

7. Vannstandsutvikling ved ulike manøvreringstilfelle

7.1 Tilfelle A:

Flomsituasjon med avledningskapasitet lik 0. Situasjonen kan oppstå dersom mannskaper ikke er tilstede på dam Vinstern og alle luker er stengt eller blir tilstoppet (bunnluke).

Utviklingen er vist grafisk på fig. 2.

Kritisk vannstand med hensyn til manøvrering av luker og nåler (HRV + 0,8m) nås ved $T = 1,2$ døgn for $Q \geq Q-1000$, og ved $T = 1,4$ døgn for $Q-100$ og $T = 2$ døgn for $Q-10$. Tiden er regnet fra det tidspunktet vannstanden stiger over HRV.

7.2 Tilfelle B:

Flomsituasjon med avledningskapasitet lik $75 \text{ m}^3/\text{s}$ (basisvannføring før flom)

Situasjonen kan oppstå dersom mannskap ikke er tilstede på dam Vinsteren og flom eller bunnluke står i posisjon slik at basisvannføring blir avledet.

Utviklingen er vist grafisk på fig. 3.

Bruddtilfelle vil inntre ved flommer større enn $Q-80$ ($230 \text{ m}^3/\text{s}$). Kritisk vannstand med hensyn til manøvrering (HRV+0,8m) nås ved $T \sim 1,6$ døgn for $Q \geq Q-100$ og $T \sim 2,5$ døgn for $Q = Q-100$.

7.3 Tilfelle C:

Flomsituasjon med avledning gjennom flomluker og tappe-luker.

Situasjonen kan oppstå dersom mannskap kommer tilstede og åpner luker men ikke nåler.

Utviklingen er vist grafisk på fig. 4.

Bruddtilfelle vil inntreffe ved flommer større enn $Q-8000$. Lukemanøvrering vil skje frem til $T = 0,3$ døgn. Kritisk tid for manøvrering av nåler vil være $T = 2,2$ døgn for $Q-10^6$ og $T = 1,8$ døgn for $Q-PMF$.

7.4 Tilfelle D:

Flomsituasjon med avledning gjennom alle mulige avledningsprogram. En starter å åpne nåleløp når v.st i Vinsterenmagasinet er lik HRV + 0,5m og åpningen skjer over totalt $7 \times 4t = 28 t$.

Manøvreringen er slik den forutsetningsvis skal skje. Utviklingen er vist grafisk på fig. 5. Selv ved en PMF-flom vil dammen ikke gå til brudd.

Vannstanden ved en PMF-flom vil kulminere ved $T \sim 4$ døgn.

$$Q_{UT} \sim 460 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{v.st ved dam} \sim \text{HRV} + 0,45\text{m}$$

$$\text{v.st i magsin} \sim \text{HRV} + 1,95\text{m}$$

Bruddvannsføring kan anslås til $Q-10^9$ ($\sim 850 \text{ m}^3/\text{s}$).

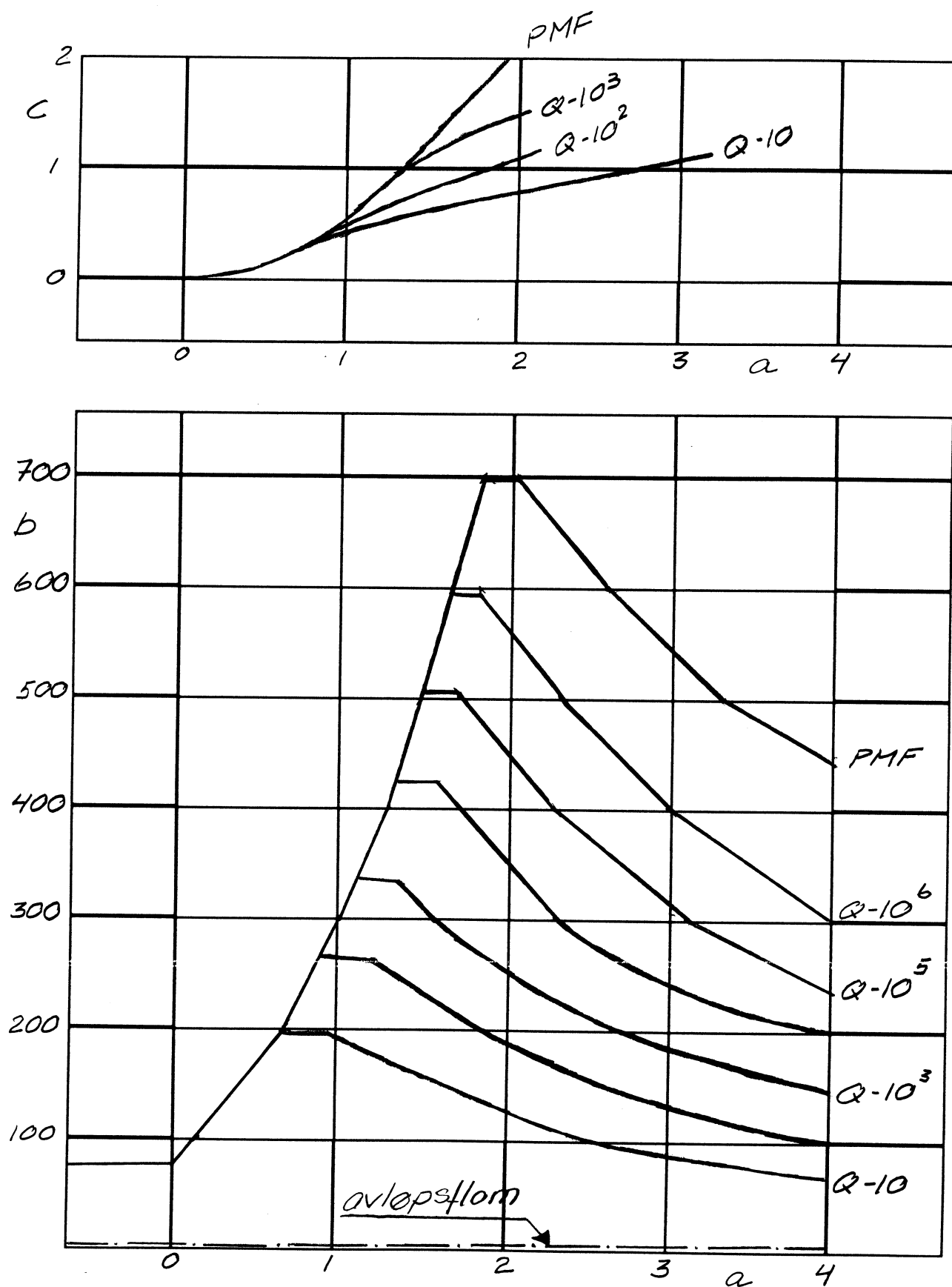


Fig 2 **Tilfelle A**

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m³/s), c: Vannstand (m over HRV)

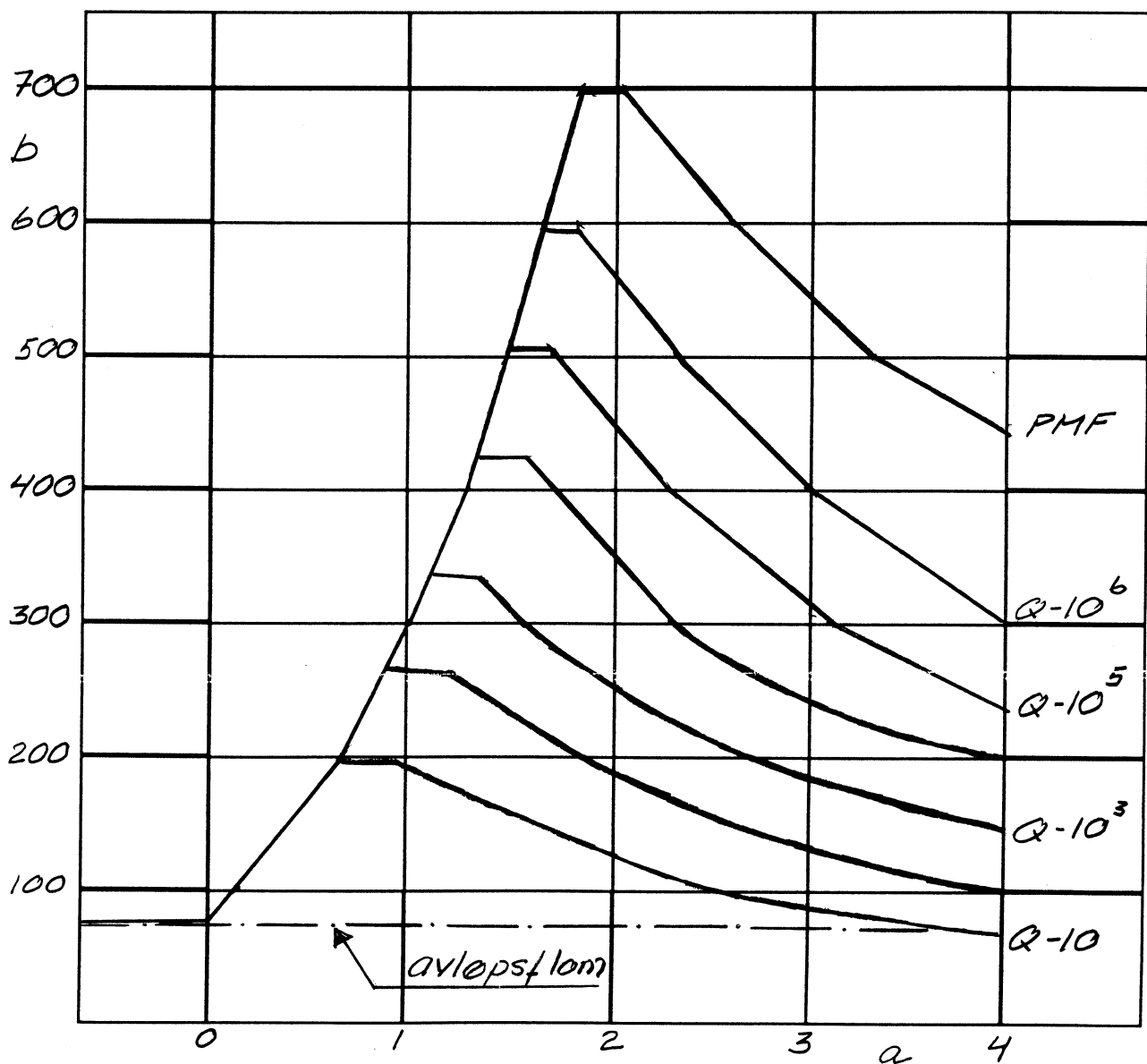
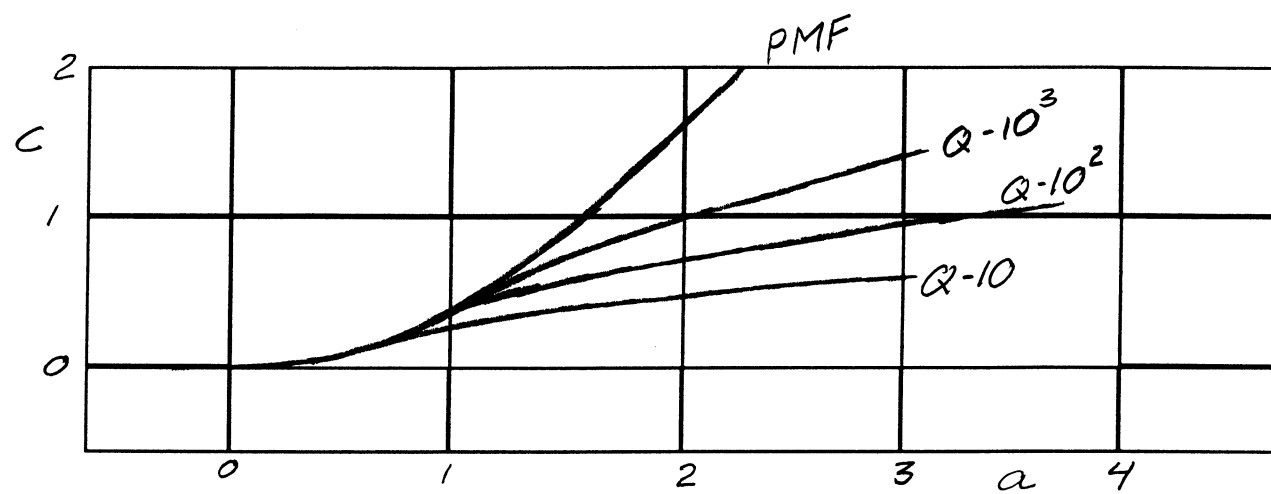


Fig 3 Tilfelle B

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m^3/s), c: Vannstand (m over HRV)

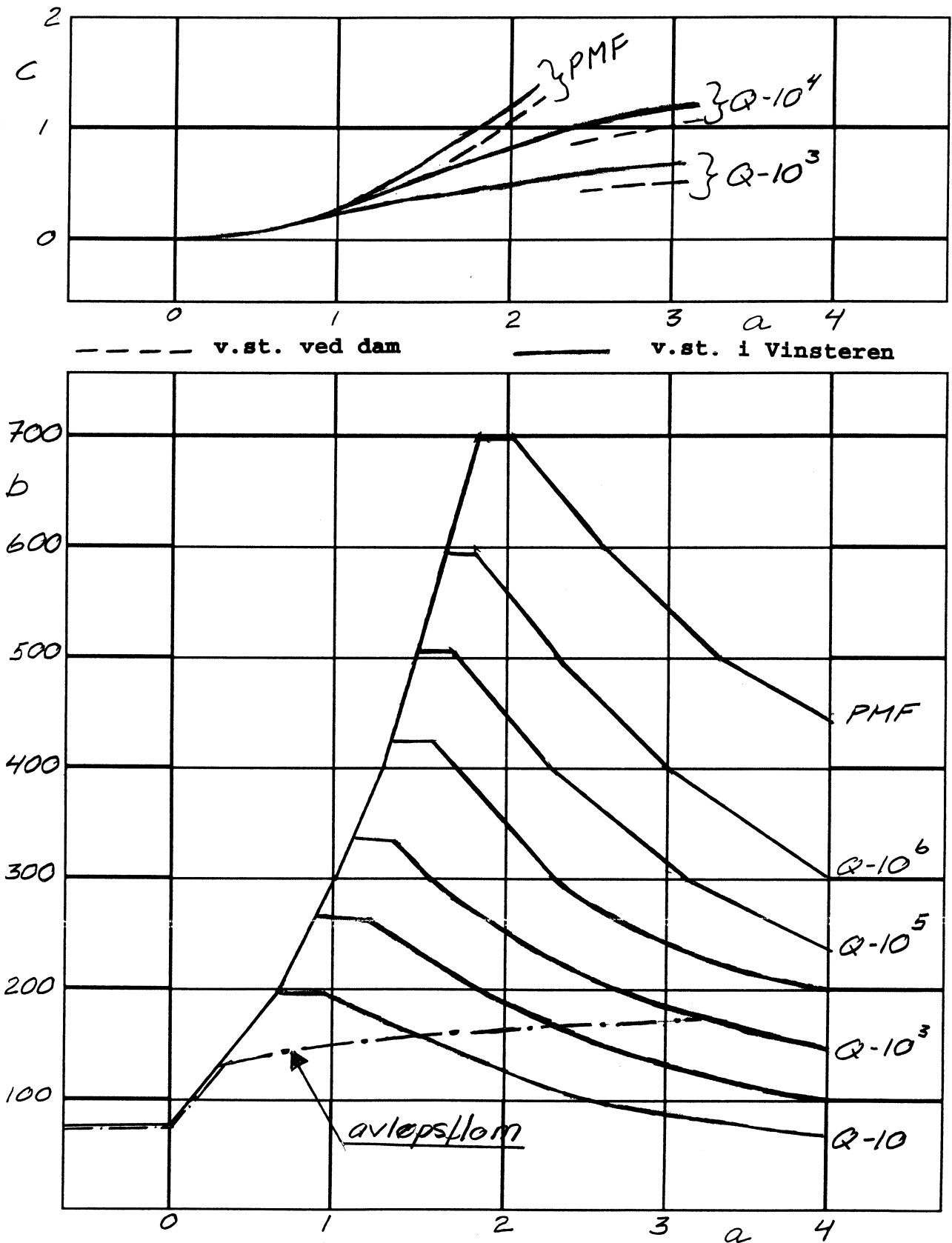


Fig 4 Tilfelle C

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m^3/s), c: Vannstand (m over HRV)

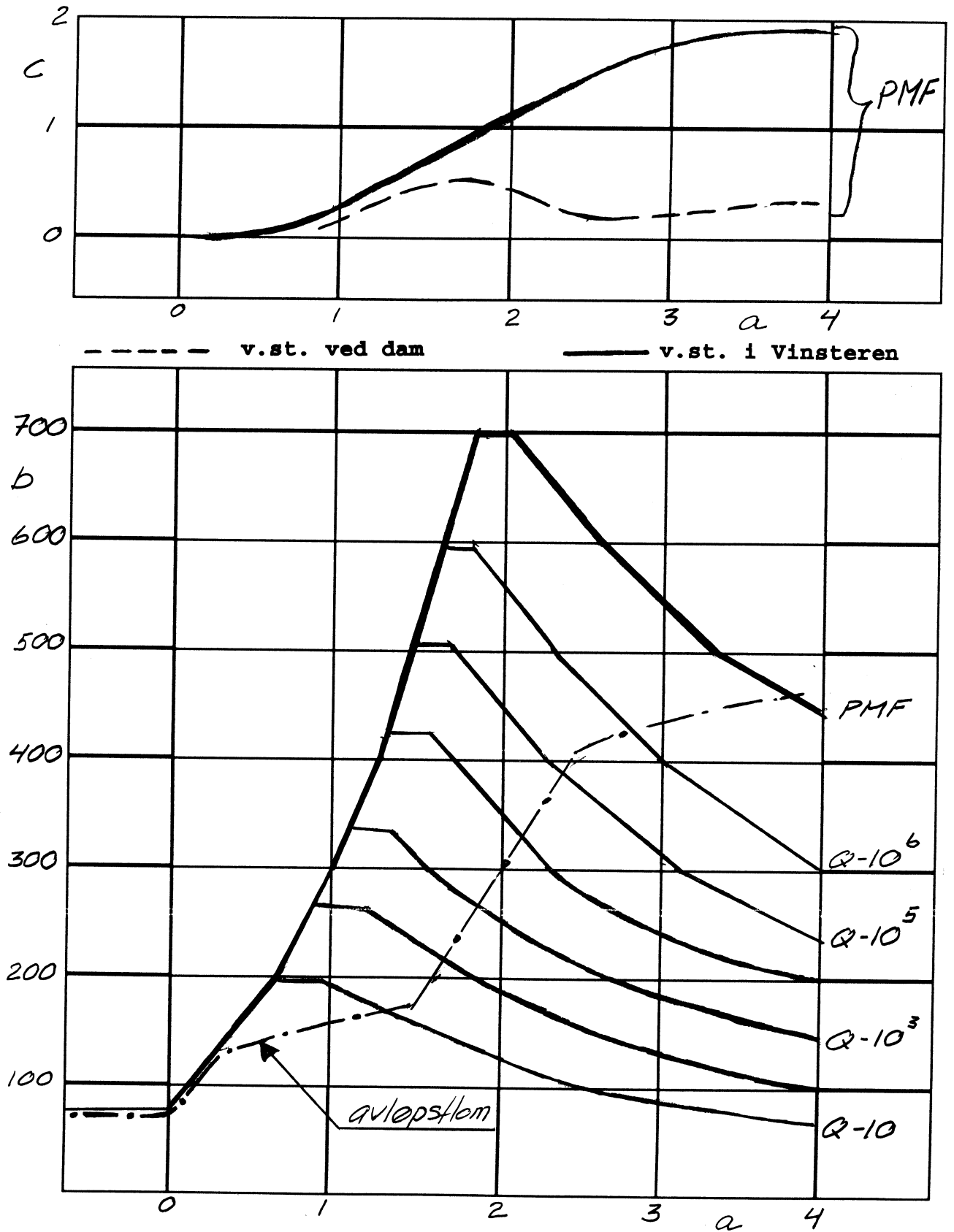


Fig 5 Tilfelle D

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m³/s), c: Vannstand (m over HRV)

8. FUNKSJONSSIKKERHETSANALYSE

Hendelser som fører til at en luke ikke lar seg manøvrere.

Ved dam Vinsteren skal det forutsetningsvis i en flomsituasjon være vakt tilstede. Det må imidlertid antas at tilgjengeligheten under store flommer vil være begrenset. Inntransport av eventuelt utstyr, drivstoff eller lignende i en slik situasjon vil være krevende. Sambandet kan også falle ut. Dette vil kunne medføre at vaktpersonalet blir isolert fra omverdenen. Det bør derfor være instruks for manøvrering av dammen ved slike ekstreme situasjoner.

Uansett, samband og tilgjengelighet ved ekstreme situasjoner vil være avgjørende faktorer. Det bør derfor legges vekt på å iverksette tiltak for å gjøre samband og tilgjengelighet sikrest mulig.

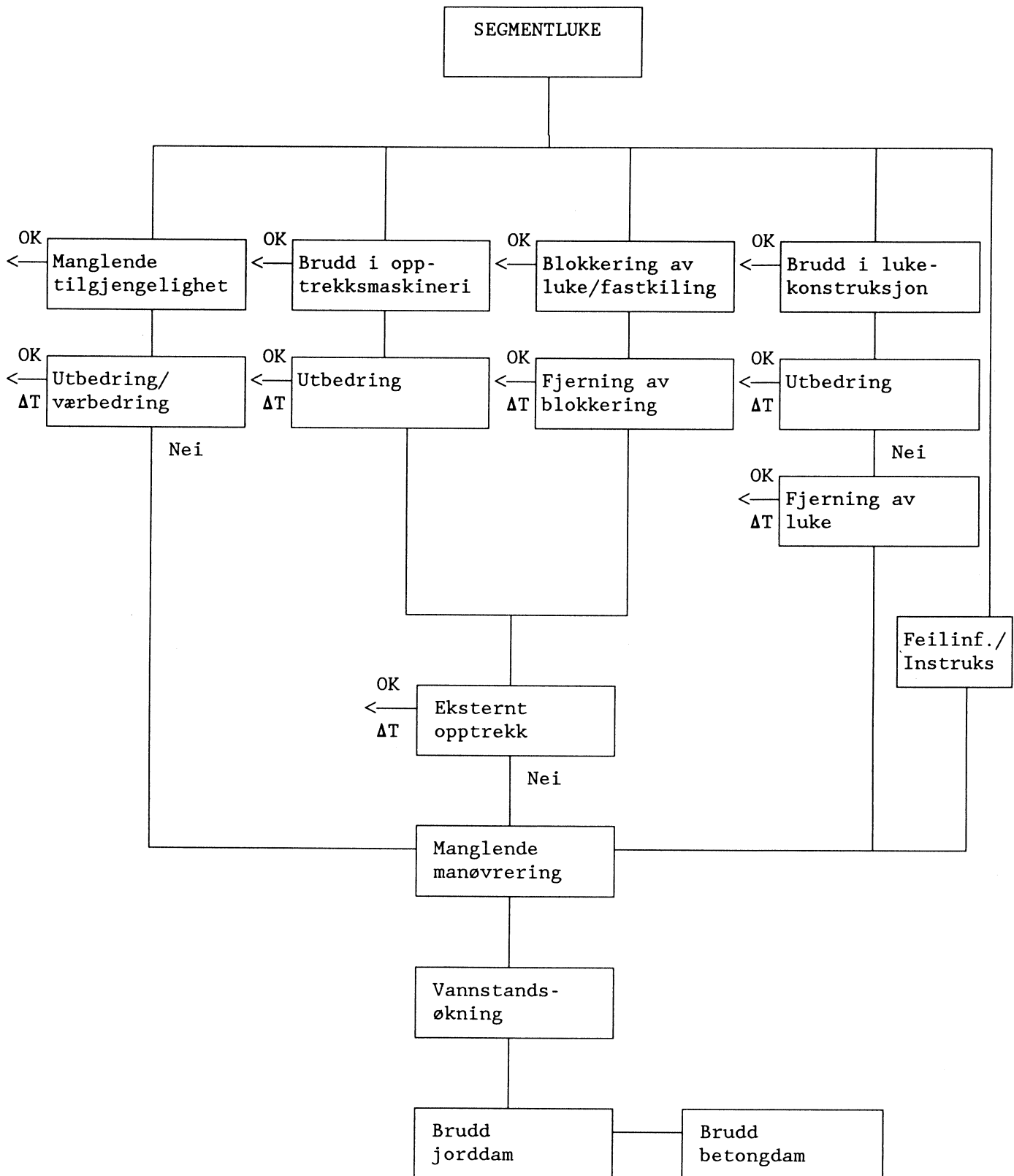
Ved dam Vinsteren kan det dessuten være vanskelig å registrere vannstanden i Vinsteren. Det er ca 3 km opp til Straumane. Ved Straumane og like oppstrøms for dammen vil det være en del falltap ved store vannføringer. Sikre og uavhengige givere av vannstanden bør etableres. (Det er uvisst hva slags giversystem som finnes i dag.)

Som tidligere nevnt er det antatt at varegrinden foran bunnlukene vil kunne blokkeres i en flomsituasjon. Vi vil derfor nøye oss med å se på manøvreringssikkerheten til segmentlukene og nålestengselet.

8.1 Segmentluke

Hendelser som kan medføre at lukene ikke lar seg manøvrere eller at vannveien blokkeres.

- a) Manglende tilgjengelighet (mannskap ikke tilstede)
- b) Brudd i opptrekksmaskineri
 - Defekt sveiv eller sveiv ikke til stede
 - Brudd i kjede/kjedefeste/kjedekasse
 - Drev/akselbrudd
- c) Is/sne som blokkeres spill/luke
- d) Fastkiling av luke
- e) Brudd i lukekonstruksjon
 - Lukeben
 - Lukeskall
 - Lukelager
- f) Feilinformasjon/instruks

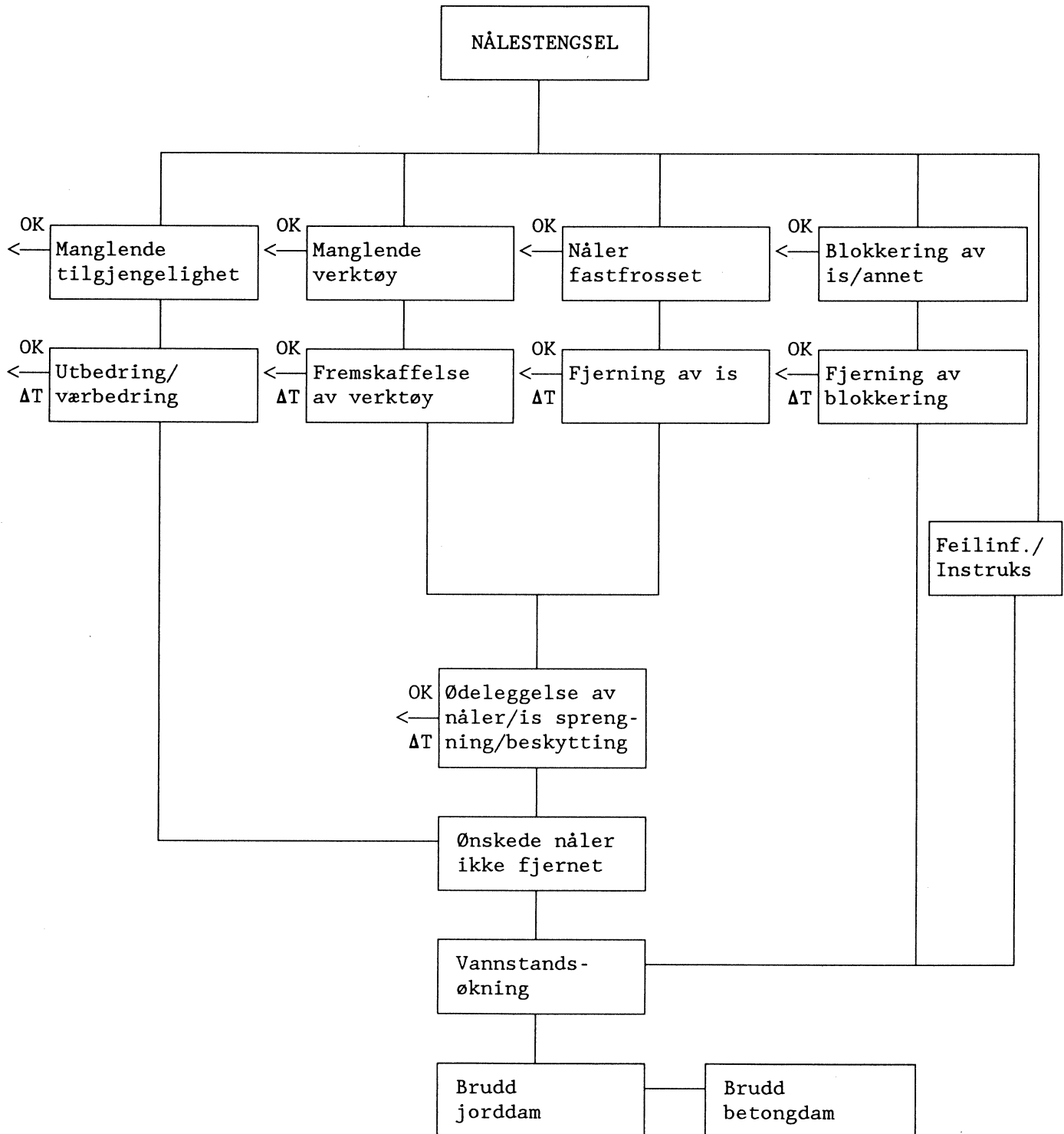


OK : Manøvrering OK
 ΔT : Tidsforsinket manøvrering

8.2 Nålestengsel

Hendelser som kan medføre at nålene ikke lar seg operere.

- a) Manglende tilgjengelighet (mannskap ikke til stede)
- b) Manglende verktøy
- c) Nåler fastfrosset i is
- d) Blokkering av vannvei ved is eller annet
- e) Psykisk sperre mot å åpne nåler i kombinasjon med uoversiktlig situasjon, uklare retningslinjer



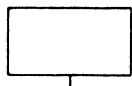
8.3 Feiltreanalyse

Det er utført en grafisk feilutviklingsanalyse for hele dammen med hensyn til manøvrering av segmentluke og nåledam.

Metodene er et eksempel på hvordan man kan identifisere enkeltfeil og kombinasjoner av feil som kan føre til uønsket systemtilstand og kritiske situasjoner. Hendelseskjeder er utarbeidet for initierende ønsket/uønsket konsekvens på toppen av treet.

Eksemplet med dam Vinsteren er ikke analysert på alle tenkelige måter. Deler av feiltreet især med hensyn på sekundære utenforliggende hendelser er ikke utført.

Tegnforklaring er vist på side 19, mens de påfølgende sider viser delfeiltrær som kan føre til at flomavledningsorganer ikke manøvreres med mulig dambrudd som følge.



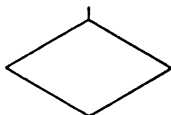
REKTANGEL

TILSTANDSBLOKK SOM BESKRIVER EN TILSTAND SOM ER FORÅRSAKET AV EN KOMBINASJON AV FEILÅRSAKER.



SIRKEL

PRIMÆR FEIL (BASISHENDELSE) SOM ER OPPSTÅTT UNDER NORMAL DRIFT OG SOM IKKE SKYLDES EKSTREME BELASTNINGER ELLER FEIL I ANDRE KOMPONENTER.



ROMBE

SEKUNDÆR FEIL (BASISHENDELSE) SOM SKYLDES EKSTREME MILJØBELASTNINGER MANGELFULLT VEDLIKEHOLD O.L. ÅRSAKENE TIL HENDELSEN ER IKKE UNDERSOKT NÆRMERE.



TRIANGEL

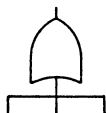


OVERFØRINGSSYMBOLER FOR VIDEREUTVIKLING AV EN ÅRSAKSKJEDE.



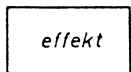
OG-port

UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS SAMTLIGE INNGANGSHENDELSE HAR INNTRUFFET.

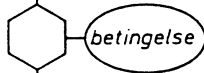


ELLER-port

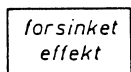
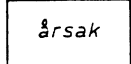
UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS MINST EN AV INNGANGSHENDELSENE INNTREFFER.



BETINGELSESPORT



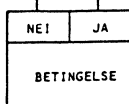
UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS INNGANGSHENDELSEN INNTREFFER OG BETINGELSEN ER OPPFYLT.



FORSINKELSES-port

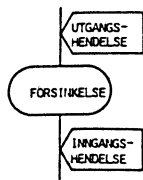
UTGANGSHENDELSEN VIL INNTREFFE ETTER EN SPESIFISERT TIDSFORSINKELSE.

GJENSIDIG UTELUKKENDE
UTGANGSHENDELSE



FORGRENINGSPERATOR

UTGANGEN ER "JA" HVIS BETINGELSEN ER OPPFYLT, "NEI" ELLERS.



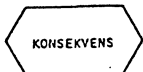
FORSINKELSESOPERATOR

INDIKERER HVILKEN TIDSFORSINKELSE SOM ER NØDVENDIG FOR AT INNGANGSHENDELSEN SKAL RESULTERE I UTGANGSHENDELSEN.



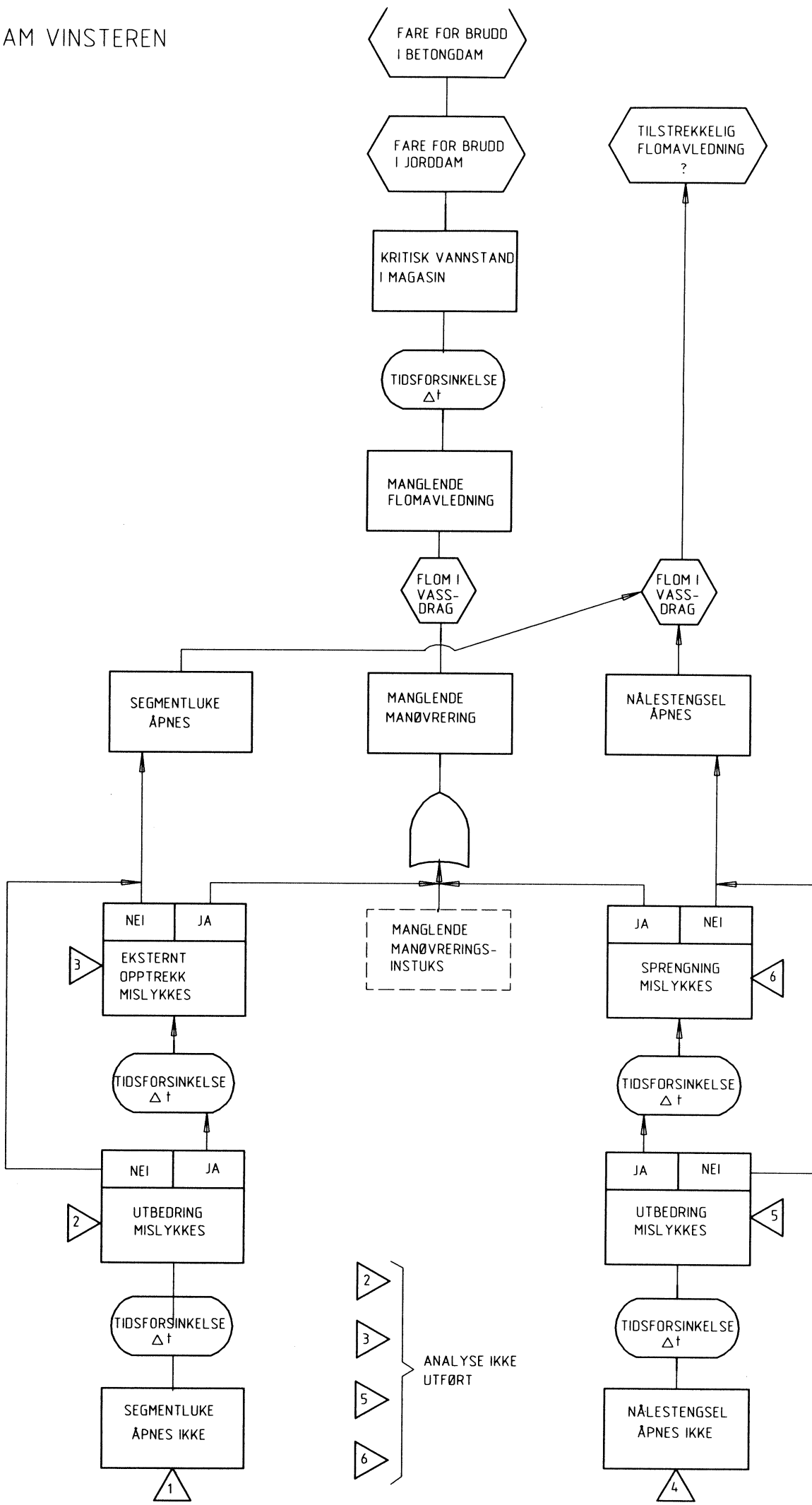
HENDELSESBESKRIVELSE

HENDELSEN/TILSTANDEN SOM EKSISTERER PÅ ET BESTEMT PUNKT I DIAGRAMMET BESKRIVES.



KONSEKVENNSBESKRIVELSE

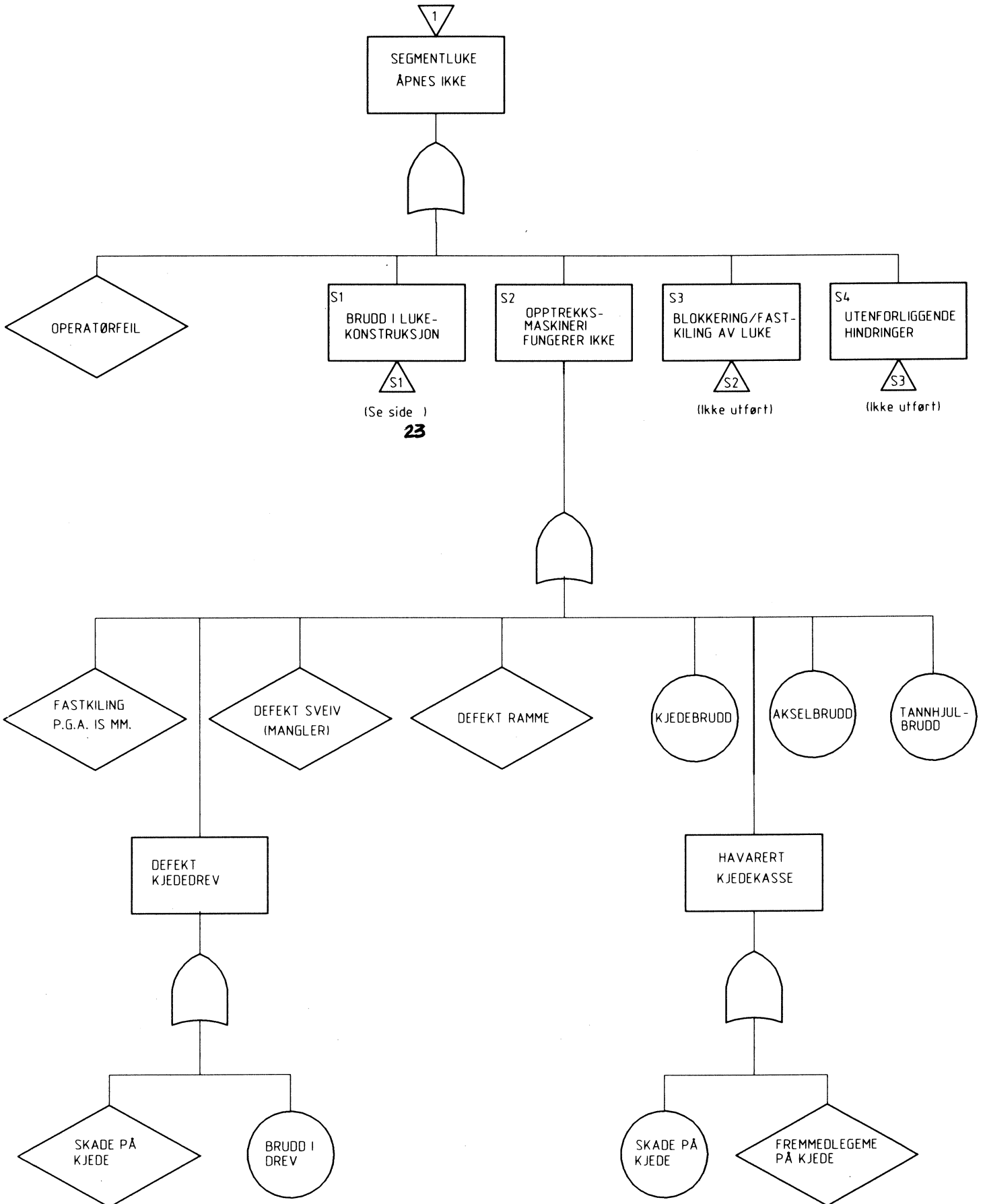
BESKRIVELSE AV EN KONSEKVENNS. ENDEPUNKT I DIAGRAMMET.



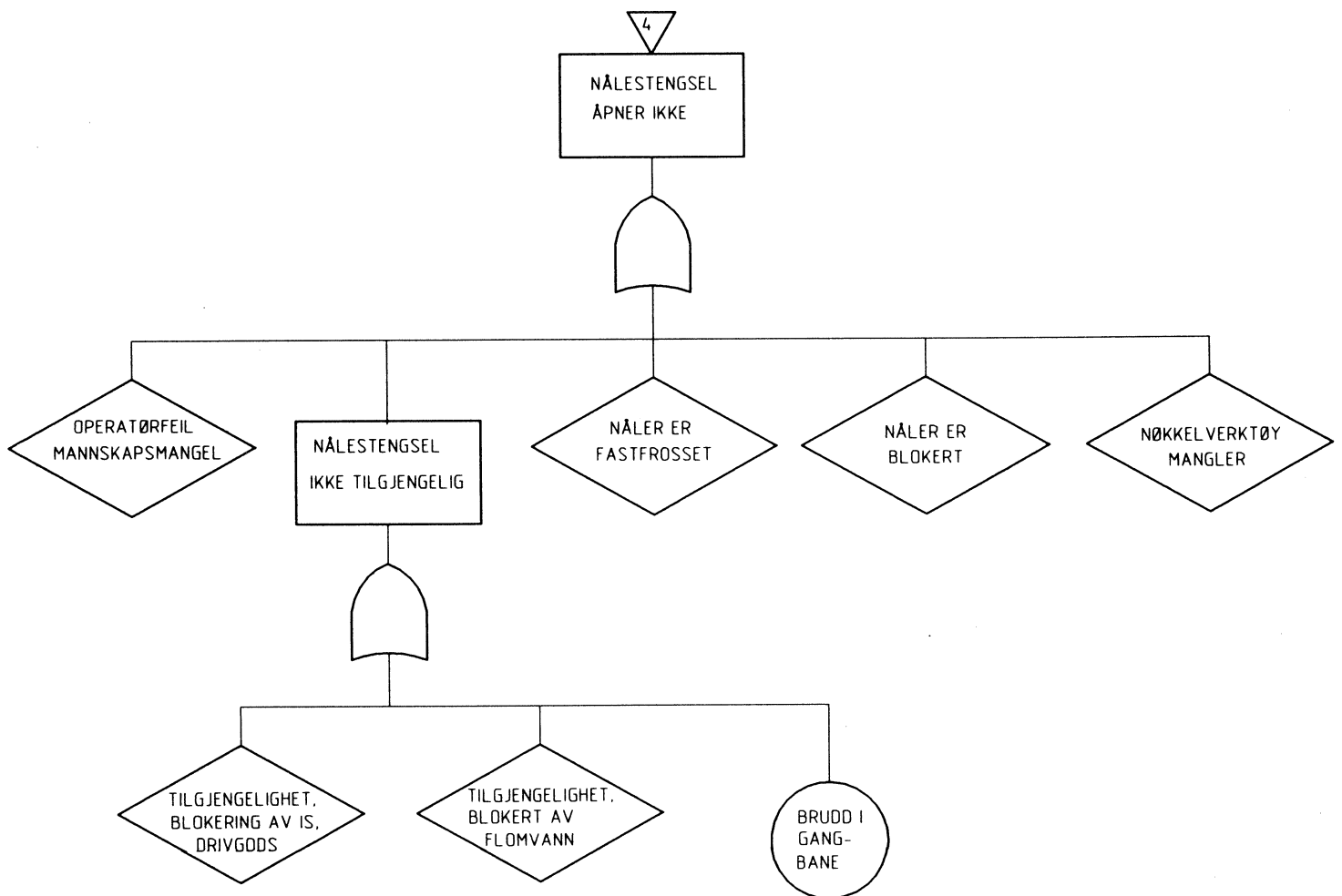
(Se side 2)

(Se side 2)

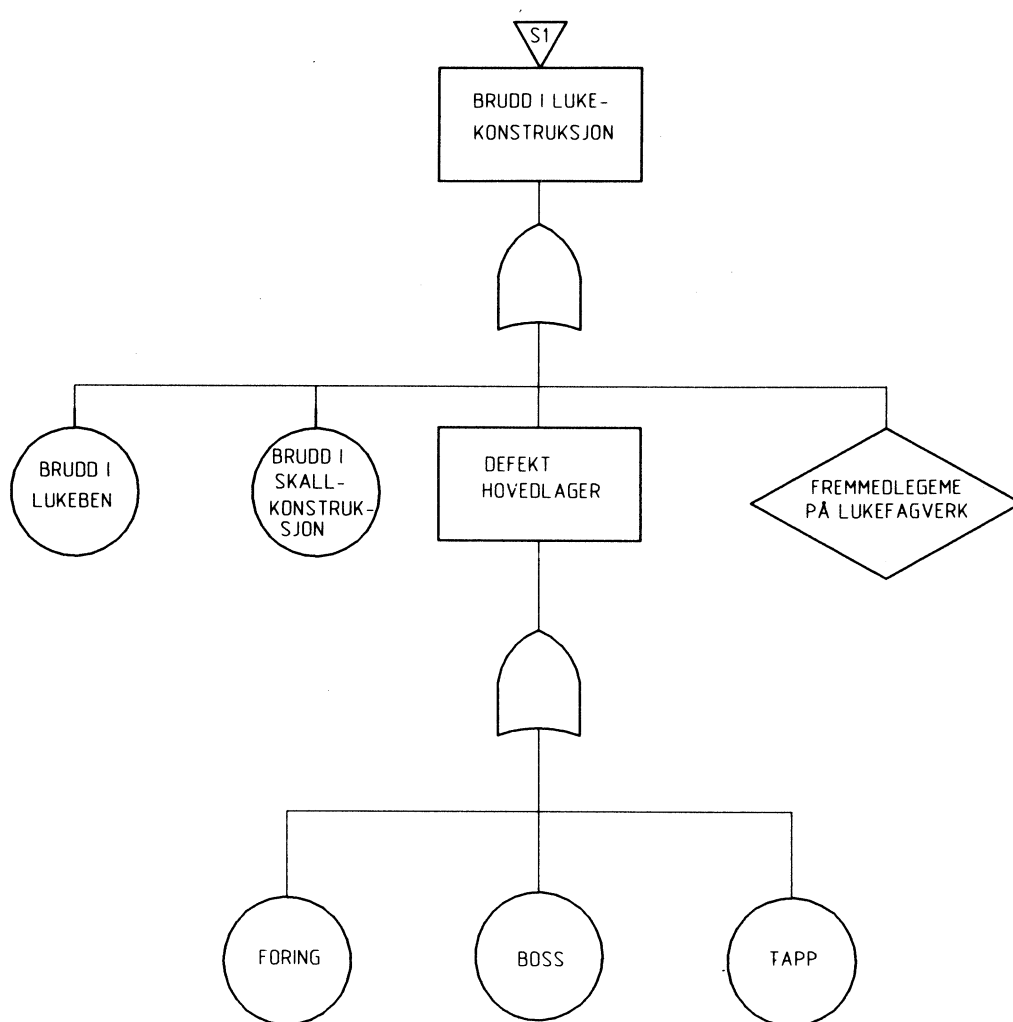
DAM VINSTEREN
Segmentluke
Opptrekkmaskineri



DAM VINSTEREN
Nålestengsel



DAM VINSTEREN
 Segmentluke
 Lukekonstruksjon



9. FEILSANNSYNLIGHETER, ENKELTHENDELSER OG SAMMENSATTE HENDELSER

Dam Vinsteren er utrustet med to like, enkle segmentluker med manuelt opptrekk samt et relativt lavt nåleløp. (Det ses bort fra bunntappeluken.)

Dammen ligger imidlertid i et fjellområde som kan være vanskelig tilgjengelig i uvær. Vi velger imidlertid å begrense vurderingen til selve manøvreringen. De utenforliggende hindringene kan være vel så stor utfordring som selve opereringen av luker/nåledam. For vurdering av feilsannsynligheter finnes det ingen statistikk å forholde seg til. Generelt vil sannsynligheten for feil stige med økende flom. Dette gjelder såvel for mekaniske, utenforliggende som for menneskelige feil. Ved ekstreme flommer kan panikk lett oppstå.

9.1 Nåleløp

Nåleløpet skal først åpnes ved vannstand kote 1032. Det skal være damvokter tilstede i damvokterboligen ved en slik situasjon.

Rangering av feil:

1. Damvokter vet ikke hvordan nåledammen skal åpnes.
2. Eget verktøy for åpning mangler.
3. Nåler fastfrosset.
4. Blokkering av vannvei etter at nålene er fjernet. (Det er lite vegetasjon i området. Is kan blokkere vannveien.)
5. Manglende instruks.

9.2 Segmentlukeløp

Segmentlukene åpnes før nåledammen. Her vil tilgjengelighet/tid før damvokter er tilstede være av større betydning for vurdering av sannsynligheter.

9.2.1 Brudd i lukekonstruksjonen

Rangering av feil.

1. Defekte lukelager.
2. Brudd i lukeben. (Her lite sannsynlig)
3. Brudd i frontplate. " " "

9.2.2 Opptrekksmaskineriet fungerer ikke

1. Kjedebrudd
2. Brudd i kjedekasse (Skjer ofte i forbindelse med manøvrering til full åpning i det kjedet som står i vann har rustet slik at det er stivt når det entrer kjededrev.)
3. Akselbrudd
4. Sveiv defekt/mangler
5. Fastkiling pga. fremmedlegemer
6. Tannhjulbrudd
7. Rammibrudd

9.2.3 Blokkering/fastkiling av luke

1. Fremmedlegeme kilt fast mellom luke/lukeben og pilar
2. Blokkering av løpet pga. fremmedlegemer

9.2.4 Operatørfeil

1. Sveiv kan mistes ved operering
2. Manglende instruks

9.2.5 Oppsummering av feil ved segmentlukemanøvrering

Av de feil som er nevnt foran, er feil på opptrekksmaskineriet mest sannsynlig. Sveiven kan lett mistes ned i vannstrømmen. Dersom luken av en eller annen grunn ikke åpnes før den overtoppes, vil fremmedlegemer lett kunne føre til feil.

10. TILTAK

Hvilke tiltak kan iverksettes for å bedre manøvrerings sikkerheten til segment- og sektorluke?

10.1 Tilgjengelighet

Adkomstveier bør vurderes med hensyn til store flommer. Kan veien legges om ?

Såvidt vites er reguleringsforeningen godt utstyrt når det gjelder terrenggående kjøretøyer.

10.2 Kommunikasjon

Det eksisterer idag uavhengige kommunikasjonsmuligheter. Såvidt vites er dagens utstyr godt.

10.3 Dokumentasjon. Manøvreringsreglement

Det bør foreligge en mappe med fullstendig teknisk dokumentasjon over det tekniske utstyret som oppbevares i damvokterboligen.

Det samme gjelder manøvreringsreglementet. Det bør vurderes å senke magasinet noe i situasjoner hvor store flommer lett kan oppstå, f.eks. ved snefall tidlig på høsten.

10.4 Reservedeler og hjelpeutstyr

Tilgjengelighet og kommunikasjon vil i en storflomsituasjon være krevende. En bagatellmessig skade kan være vanskelig å utbedre.

Det bør oppbevares et utvalg av reservedeler og hjelpeutstyr i damvokterboligen.

Slikt utstyr kan være:

- Ekstra sveiv til opptrekkspill
- Jekketalje (som nødopptrekk for segmentluker)
- Wirestroppe
- Utstyr for åpning av nåler
- Batterier, sikringer etc.

Et lite lukehus for opptrekkspillet vil gjøre det enklere å manøvrere luken i uvær.

10.5 Øvelse av mannskaper

Det bør være årlige øvelser spesielt med hensyn til ekstreme situasjoner. Øvelsen bør omfatte åpning av enkelte nåler, kapping av nåler, åpning av segmentluke med nødopptrekk og generell gjennomgåelse av utstyret.

Betjeningsinstruksjonen må hele tiden oppgraderes i henhold til erfaringene fra øvelsene.

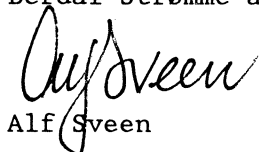
11. DRØFTING AV ANALYSEN

"Analyse av funksjonssikkerhet ved flomluker for dam Vinsteren" er tittelen på denne analysen. Ved dam Vinsteren er det 2 små håndmanøvrerte segmentluker samt en nåledam. Flomluker og nåledam blir satt litt i skyggen av tilgjengelighet, kommunikasjon og uvær. Det er her de største utfordringene vil ligge. Funksjonssikkerheten vil altså i stor grad være en funksjon av utenforliggende elementer.

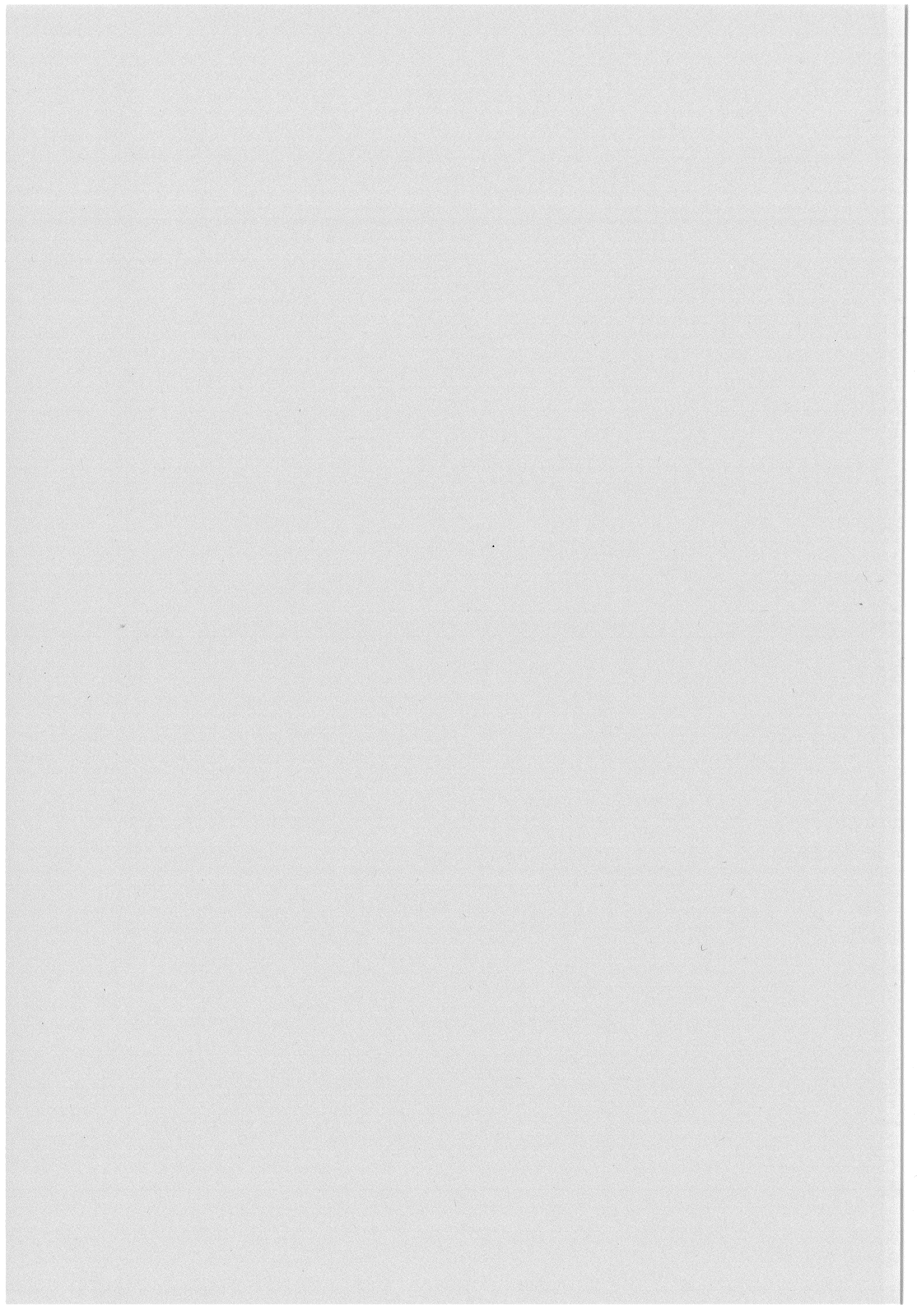
Analysen er gjennomført for dam Vinsteren, men er ment å være generell. Manglende detaljkunnskaper om dam Vinsteren, driftserfaringer og lokalkjennskap har medført at analysen heller ikke er detaljert nok for dam Vinsteren. Analysen vil imidlertid kunne være en mal for utarbeidelse av analyser beregnet for lignende dammer.

Sandvika, 5. mars 1992

Berdal Strømme a.s.



Alf Sveen



**ANALYSE AV
FUNKSJONSSIKKERHET
VED FLOMLUKER
FOR DAM OLSTAPPEN**

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. Analysens hensikt og hovedkonklusjon	1
2. Beskrivelse av anlegget	2
3. Damanlegg og kraftstasjoner som har innflytelse på driften av dam Olstappen	19
4. Enkel konsekvensvurdering av magasin vannstand lik bruddvannstand og dambrudd	19
5. Tekniske data for anlegget	20
6. Klarlegging av situasjoner med hensyn til lukemanøvrering som kan være kritiske/aktuelle for nærmere analyser	23
7. Feiltreanalyser	25
8. Feilsannsynligheter, enkelthendelser og sammensatte hendelser	40
9. Tiltak	43
10. Drøfting av analysen	44

Kap. 3, 4 og 5 er forfattet av prosjektleder Svein Larsen

1. ANALYSENS HENSIKT OG HOVEDKONKLUSJON

Hensikten ved denne analysen er å være et verktøy for økt funksjons-sikkerhet av flomlukene på dam Olstappen og lignende anlegg. Den skal avdekke svakheter og påpeke spesielle situasjoner som vil oppstå ved store flommer. Analysen vil derfor være til hjelp ved gjennomføring av tiltak som kan øke manøvreringssikkerheten.

Analysen vil etter vår mening være et viktig redskap for dameiere. Ved alle større dammer bør en slik analyse gjennomføres. Dameieren må imidlertid selv engasjeres i langt større utstrekning enn ved denne analysen. Lokalkunnskap, driftserfaringer og detaljinformasjon om lukene må innarbeides i analysen. Denne analysen vil imidlertid være en rettesnor for dameiere ved utarbeidelse av deres egen analyse.

2. BESKRIVELSE AV ANLEGGET

2.1 Generelt

Dammen er inntaksdam for Nedre Vinstra kraftverk og ble bygget i årene 1953-55. Nedre Vinstra kraftverk er utstyrt med 4 like aggregater med samlet maksimal vannføring lik $55 \text{ m}^3/\text{s}$. Inntaket i Olstappen er utstyrt med grovvaregrind og glideluker plassert i fjellsjakt med bjelkestengsel foran. Tilløpstunnelen er 23,6 km lang med 30 m^2 tverrsnitt.

Dammen er undervann for Øvre Vinstra kraftverk.

Kraftverket utnytter vannet fra hovedelven Vinstra og dens bielver Hinøgla fra Nedre Heimdalsvatn og Hølsa fra Øyangen. Som det fremgår av vassdragsoversikten, har Glommens og Lågens Brukseierforening regulert tilløpet til Øvre Vinstra kraftverk i sjøene Bygdin, Vinsteren, Heimdalsvatn, Sandvatn, Kaldfjord, Øyvatn og Øyangen, med magasiner på tilsammen 548 mill. m^3 . De av kraftverket utnyttede nedbørfelter utgjør tilsammen 744 km^2 med et antatt midlere årsavløp 765 mill. m^3 . Kraftverket har 330 m brutto fallhøyde, og dets vannveier er dimensjonert for en maksimal vannføring på $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Dets produksjon i et medianår antas å bli 522 GWh hvorav 428 GWh (82%) påregnes levert i de 7 vintermånedene takket være den gode regulering.

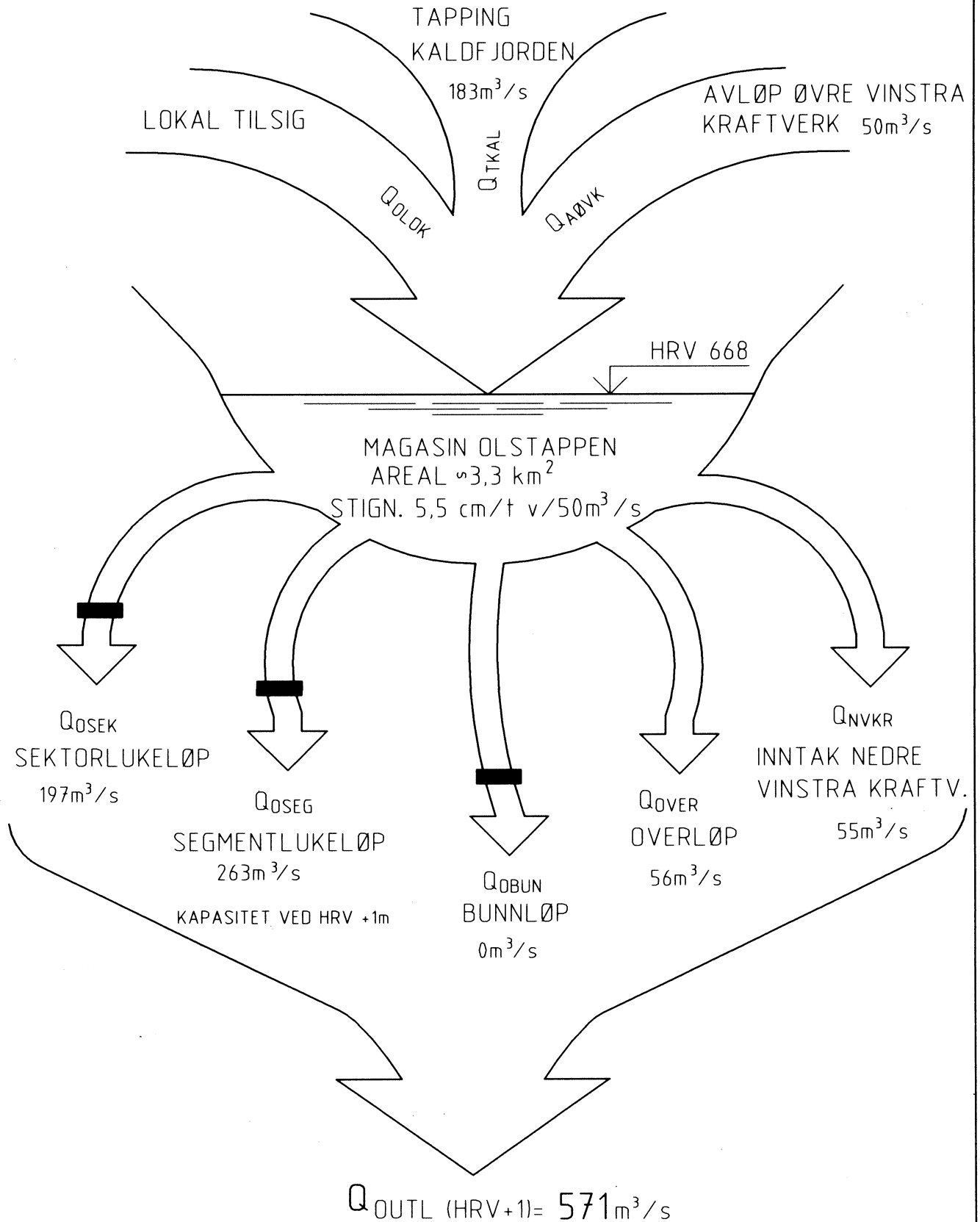
Figur 1 gir en oversikt over de utnyttede vassdrag.

Fra de store reguleringsmagasiner Bygdin og Vinsteren renner Vinstra med små fall ned til Sandvatn, Kaldfjorden og Øyvatn, som etter oppdemning danner en stor sjø. Fra Kaldfjorden føres vannet gjennom en $2,7 \text{ km}$ 22 m^2 tunnel videre til kraftverkets inntaksmagasin i Øyangen. Heimdalsvatn er ved en 6 km 9 m^2 tunnel ført over til Kaldfjorden. Reguleringslukene såvel ved tunnelinntaket i Heimdalsvatn som ved det i Kaldfjorden blir fjernstyrt fra kraftstasjonen.

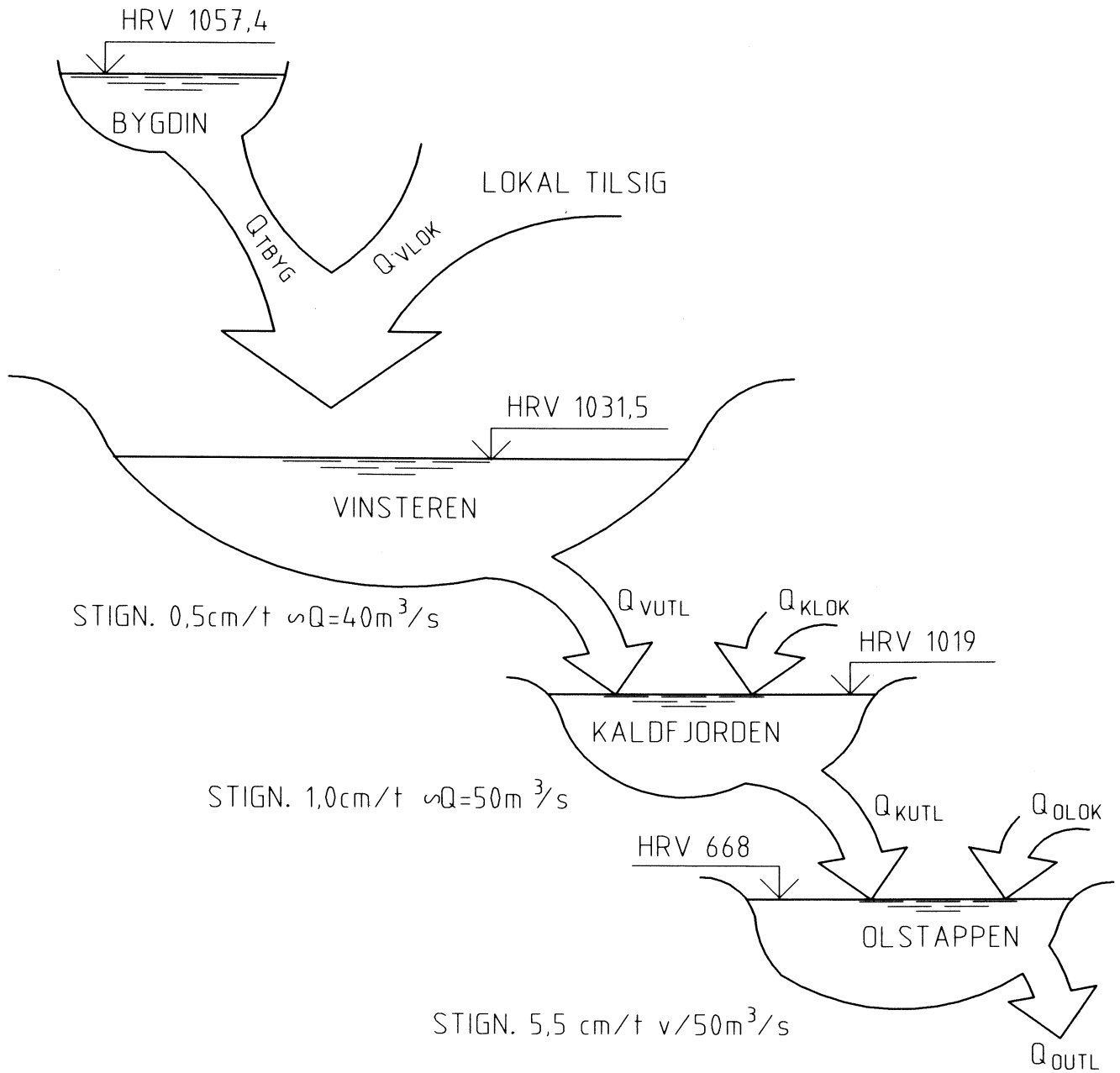
Foran inntaket i Øyangen er det støpt et 110 m langt betongrør med 25 m^2 tverrsnitt. I inntaket er det oppsatt en varegrind og montert føringer for et bjelkestengsel. Driftstunnelen fra Øyangen til utjevningbassenget er $7,7 \text{ km}$ lang og har 32 m^3 tverrsnitt. En del av tunnelen måtte senkes 50 m for å få den nødvendige fjelloverdekning under en myr som tunnelen måtte krysse. Av denne seksjonen måtte 200 m utstøpes av hensyn til det forholdsvis store vanntrykk. Et tverrslag ved den senkede del av tunnelen kan brukes for å fjerne sand og forurensninger.

Utjevningbassenget er et vanlig kammerbasseng, forsynt med en rulleluke med hydraulisk opptrekk for avstengning av trykksjakten. Den kan åpnes og lukkes fra lukehuset og kan også lukke fra kontrollrommet i kraftstasjonen. I bassenget er anbrakt en finvaregrind.

DAM OLSTAPPEN



ØVRE VINSTRA VASSDRAGET



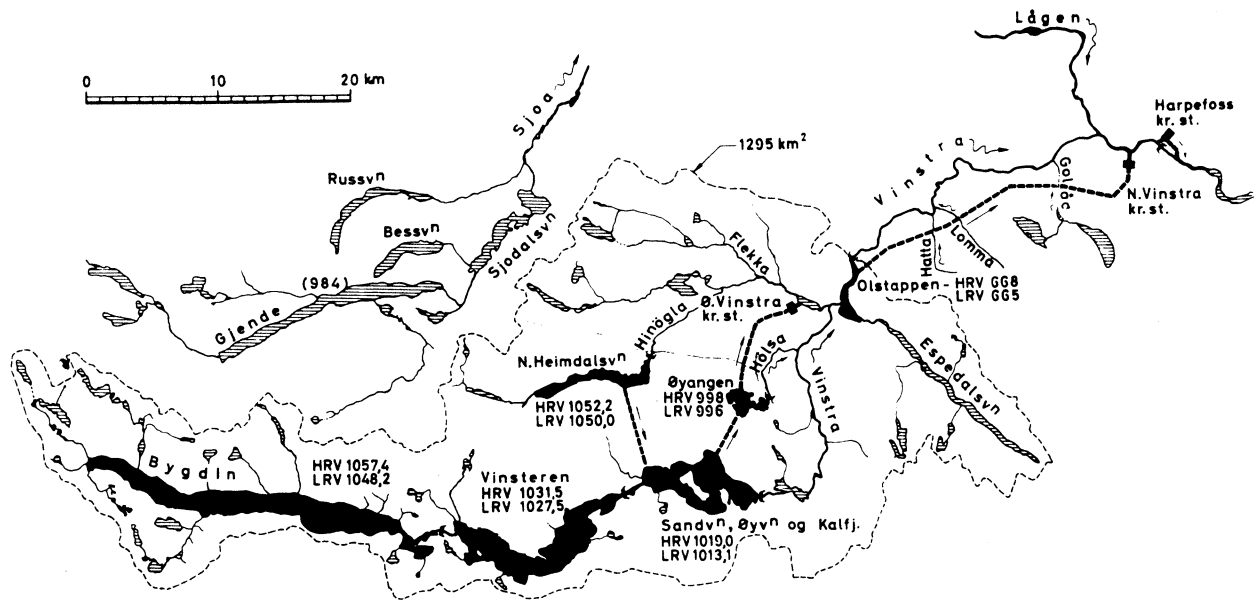


Fig. 1 Kart over Vinstravassdraget

Damanlegget

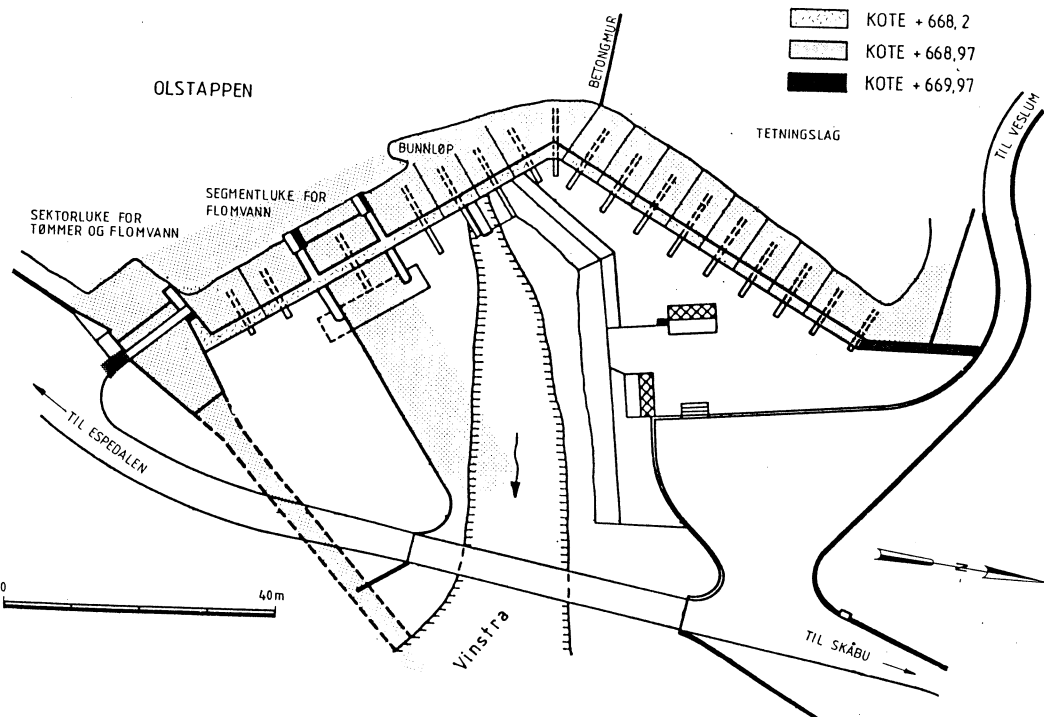


Fig. 2 Situasjon

2.2 Flomavledningssystemet

Reguleringsdammen består av en ca 140 m lang betongdam (lamelledam) på fjell, med jorddamtilslutninger i begge ender. Dammen er utstyrt med fløtingsluke, sektorluke, 9,0 m bred og 5,2 m høy, med terskel på kote 663,0 samt en flomluke, segmentluke 10,0 x 5,5 m, også med terskel på kote 663,0. Det er også et bunnløp med 1,2 m diameter. Damkronen ligger på kote 668,20. Tettingen mot grusbakken på venstre (nordre) bredde er utført som "teppe" av tett masse.

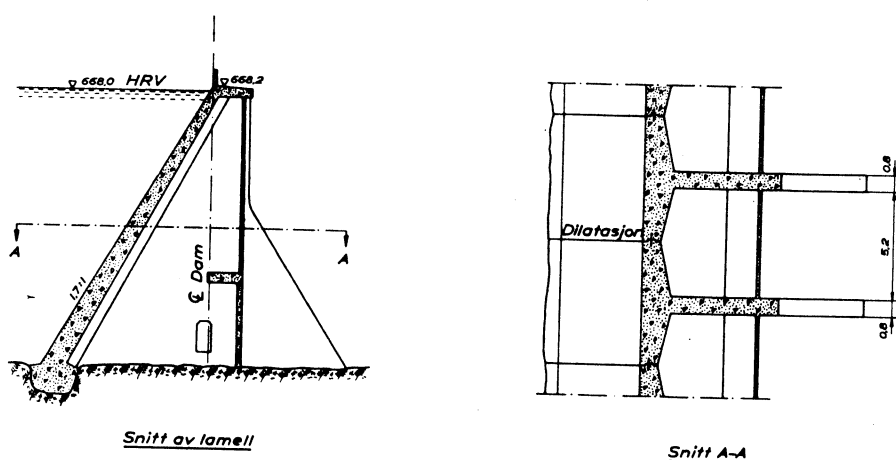


Fig. 3 Typiske snitt i lamelledam

Rekkverk skal demonteres før flom

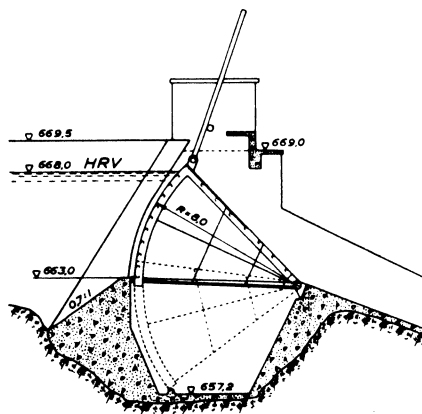


Fig. 4 Tømmerløp med sektorluke

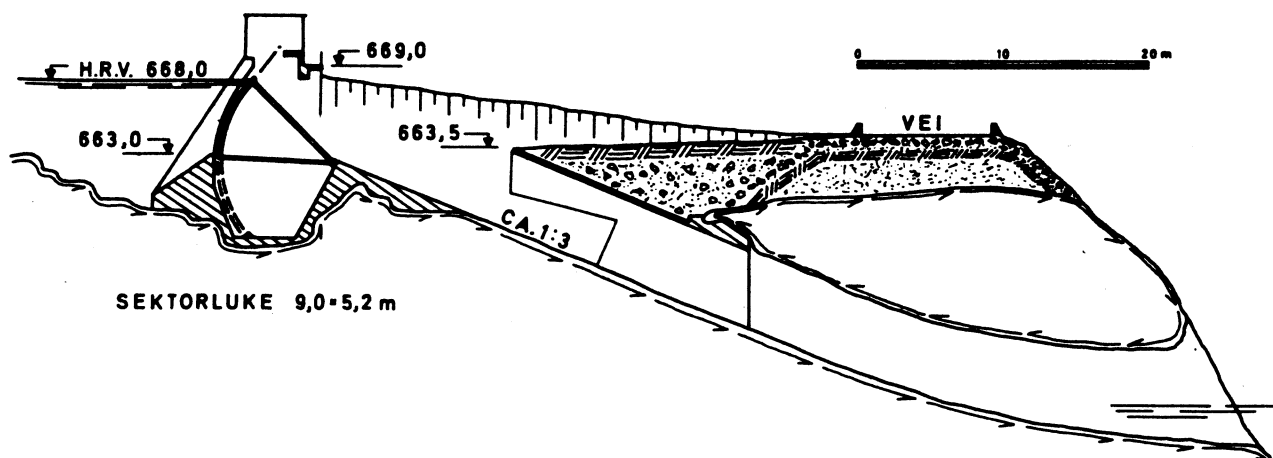


Fig. 5 Lengdesnitt tømmerløp

2.2.1 Sektorluke i flomløp/tømmerløp

Se fig. 4 og 5, side 4

Sektorluken er plassert i dammens søndre del. Luken fungerer både som flom- og tømmerløp. Vannet fra sektorluken renner gjennom en relativt smal og kort tunnel. Tverrsnittet i tunnelen er ca. 3.0 m bredt og 4.9 m høyt.

Data:

Sektorluke	BxH = 9.0 x 5.0 m
Luketerskel	Kote 663
Luketopp	ca. Kote 668.25
HRV	Kote 668.0
LRV	Kote 665.0
Opptrekk	Elektrisk 35 tonns tannstangspill (tosidig med lang aksel) kan manøvreres med sveiv
Lukehusgulv	Kote 669.0
Leverandør	Kværner Brug (1953)

Luken er utstyrt med bobleanlegg. Dersom nettstrømmen skulle falle ut, er det installert nødstrømsaggregat (diesel). Sektorluken har aldri blitt åpnet helt.

Luken kjøres fra lukehuset på dammen.

Lukehuset vil være tilgjengelig ved vannstander helt opp mot bruddvannstanden.

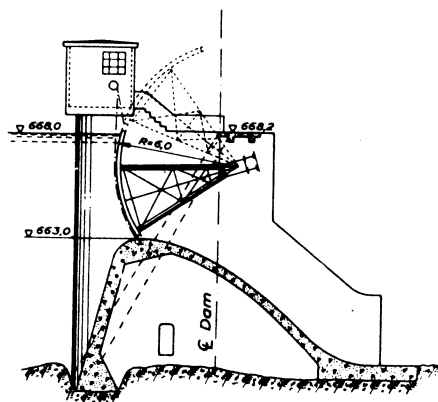


Fig. 6 Flømløp med segmentluke

2.2.2 Segmentluke i flømløp (se vedlegg)

Se fig. 6, side 5

Segmentluken er plassert midt mellom bunnløp og sektorløp.

Data:

Segmentluke	B x H = 10.0 m x 5.5 m
Luketerskel	Kote 663.0
Luketopp	Kote 668.5
HRV	Kote 668.0
LRV	Kote 665.0
Opptrekk	Elektrisk drevet kjedespill (tosidig) med lang aksel kan kjøres med sveiv.
Lukehusgulv	Kote 669.25

Luken er utstyrt med bobleanlegg. Dersom nettstrømmen skulle falle ut, er det installert nødstrømsaggregat (samme som for sektorluken).

Luken kjøres fra lukehuset på dammen.

Bruddvannstanden for dammen er anslått til kote 670.0. Vannstanden ved terskelen vil da være ca. kote 667.7. Adkomstbroen ligger på kote 668 og plassert nedstrøms for terskelen. Lukehuset vil være tilgjengelig helt opp i mot bruddvannstanden.

2.2.3 Bunntappeløp

Det antas at bunntappeløpet ikke vil være operativt i en flomsituasjon.

2.2.4 Vannstandsregistrering

Vannstanden registreres ved hjelp av to uavhengige systemer. (Lehmkuhl og Scanmatic) og kan avleses ved sentralen på Olstappen,

damvokterbolig, Opplandskraft, Øvre Vinstra kraftverk og på Lillehammer. Målerne kan dessuten ringes opp.

2.2.5 Bemanning/beredskap - nåværende situasjon

Det er 6 fast ansatte damvoktere som betjener reguleringsanleggene i Vinstravassdraget. En bor fast på Bygdin, de øvrige inklusive damformann er stasjonert på Olstappen. Bemanning/beredskap/stasjonering på damanleggene styres av vassdragsvakten på GLB's hovedkontor. I kritiske situasjoner er det forutsatt at det skal kunne tilkalles mannskaper fra nærliggende medlemsverk, det vil si øvre og nedre Vinstra kraftverk.

Lukene ved Olstappen kjøres fra lukehus på dammen.

Ved større vannføringer vil det være fast vakt stasjonert ved dam Vinsteren og dam Olstappen.

2.2.6 Instruks vedrørende betjening av flomluker

I reglementet for Olstappen heter det bl.a. følgende:

"I henhold til de spesielle forhold som gjelder for Olstappen har Vinstra Kraftselskap den fulle disposisjonsrett til vannet i dette magasin.

Ved flom i vassdraget skal imidlertid følgende forholdsregler iakttaes:

Når de ovenforliggende sjøer har fulle magasiner, må det påregnes at det forholdsvis ofte i sommer- og høstperioden vil opptre tilløp til Olstappen utover det N. Vinstra Kraftverk kan bruke.

Som regel vil Olstappen ligge med et dempningsmagasin i slike perioder, hvis størrelse er avhengig av tidspunkt og den alminnelige hydrologiske situasjon. Dette dempningsmagasin fastsettes til enhver tid av Brukseierforeningens ansvarshavende under hensyntagen til de stedlige forhold. I tillegg kan magasinet være tappet ned av hensyn til kraftforsyningen.

Blir tilløpet til Olstappen større enn hva N. Vinstra Kraftverk kan bruke, skal tappingen innrettes etter følgende retningslinjer:

1. Ledig magasinivolum utover det dempningsmagasin Brukseierforeningen fastsetter, skal fylles opp før det tappes vann gjennom dammen. Dog kan Brukseierforeningens ansvarshavende forlange at tapping gjennom dammen skjer før hvis omstendighetene tilsier det, dog først etter samråd med vakthavende ved N.Vinstra Kraftverk.
2. Når vannstanden i Olstappen har nådd og vil overstige den vannstand som Brukseierforeningen har fastsatt som flomdempningsgrense, skal det slippes vann over dammen ut i Vinstras naturlige elveleie.

Sjøen skal samtidig tillates å stige, men stigningen gjøres som regel avhengig av hvor meget vann som på samme tid slippes over dammen samt av hvor høy vannstanden i Olstappen er, dog jfr. pkt.3.

Ved vassføringer gjennom dam	og	Vannstander i Olstappen Større enn	skal	Olstappen tillates å stige mellom	inn- t i l x)
100 m ³ /s		666,50-667,00		5 cm/time	
150 "		667,00-667,25		4 "	
200 "		667,25-667,50		3 "	
200 "		667,50-667,75		2 "	
250 "		667,75-668,00		2 "	

x) Sett over 3 timer

3. Også ved lavere vassføringer enn de som er anført i pkt. 2, skal Olstappen kunne stige, men bare kortvarig for å utjevne vassføringen over dammen. Sjøen skal i slike tilfeller atter senkes til flomdemningsgrensen, men den skal bare unntagelsesvis senkes ved vassføringer over dammen som er større enn de anførte i pkt. 2.
4. I situasjoner med stor flom skal H.R.V., kote 668.00 ikke overstige uten at alle tappeløp i dammen står helt åpne.
5. Når segmentluken anvendes skal man ta tilbørlig hensyn til de ulemper vannforstøvning har for ferdselen langs veien nedenfor dammen. Særlig gjelder dette hvis lufttemperaturen er under 0 °C eller det kan ventes frysing som følge av utstråling i klart vær. Er det fare for frost, bør derfor fortrinnsvis sektorluken (tømmerluken) anvendes.
6. Det henvises til "Instruks for bruk av dempningsmagasiner i Vinsteren og Kaldfjorden", datert den 8. august 1972. Venter man at vassføringen gjennom Olstappen dam vil bli større enn 200 m³/s, skal damvokteren ved Vinsteren og Kaldfjorden samt Brukseierforeningens driftskontor underrettes spesielt om dette.

Oslo, 8. august 1972

Glommen og Laagens brukseierforening

Sign." Sitat slutt.

2.3 Konsekvensvurdering ved vannstander over dimensjonerende flomvannstand med hensyn til lukemanøvrering/lukestyring

2.3.1 Generelt

Adkomst til flomlukenes lukehus er via bro på nedstrøms side av terskelen. Dette gjør at lukehusene vil være tilgjengelig selv ved vannstander helt opp mot bruddvannstanden som er antatt til ca. kote 670. Dette på grunn av kritisk strømming over terskel. Ved slike vannstander kan det imidlertid være vanskelig tilgjengelighet til selve dammen på grunn av havarerte adkomstveier etc.

2.3.1 Viktige milepeler ved vannstandsstigning

670 669.97	Bruddvannstand Brystning venstre side, L = 18 m Tilgjengelighet til segmentlukens lukehus umulig. $Q_{KAP} = 840 \text{ m}^3/\text{s}$
669.65	Brystning høyre side, L = 10 m $Q_{KAP} = 716 \text{ m}^3/\text{s}$
669.25	Lukehusgulv segmentluke $Q_{KAP} = 582 \text{ m}^3/\text{s}$
669.00	Bro ved sektorluke. Lukehusgulv sektorluke
668.97	Topp brystning på venstre side av midt dam, L = 29 m $Q_{KAP} = 503 \text{ m}^3/\text{s}$
668.50	Topp segmentluke, B = 10 m Kritisk vannstand for åpning av segmentluken. $Q_{KAP} = 398 \text{ m}^3/\text{s}$
668.21	Topp sektorluke, B = 10 m
668.20	Overløp midt dam, L = 71 m Fjening av rekkverk umulig. $Q_{KAP} = 350 \text{ m}^3/\text{s}$
K 668.00	HRV $Q_{KAP} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$

QKAP : Kapasitet ved åpne luker og fungerende overløp.

Som tabellen viser er følgende vannstander viktige å merke seg:




- K668.2: Overløpsterskel
Rekkverk på dammen må være fjernet ved stigende flom.
- K668.50: Topp segmentluke.
Dersom segmentluken er lukket, vil det være vanskeligere å åpne luken ved overtopping.
- K760: Brudd?
Denne vannstanden vil også være grensevannstanden for tilgjengelighet til segmentlukenes lukehus.

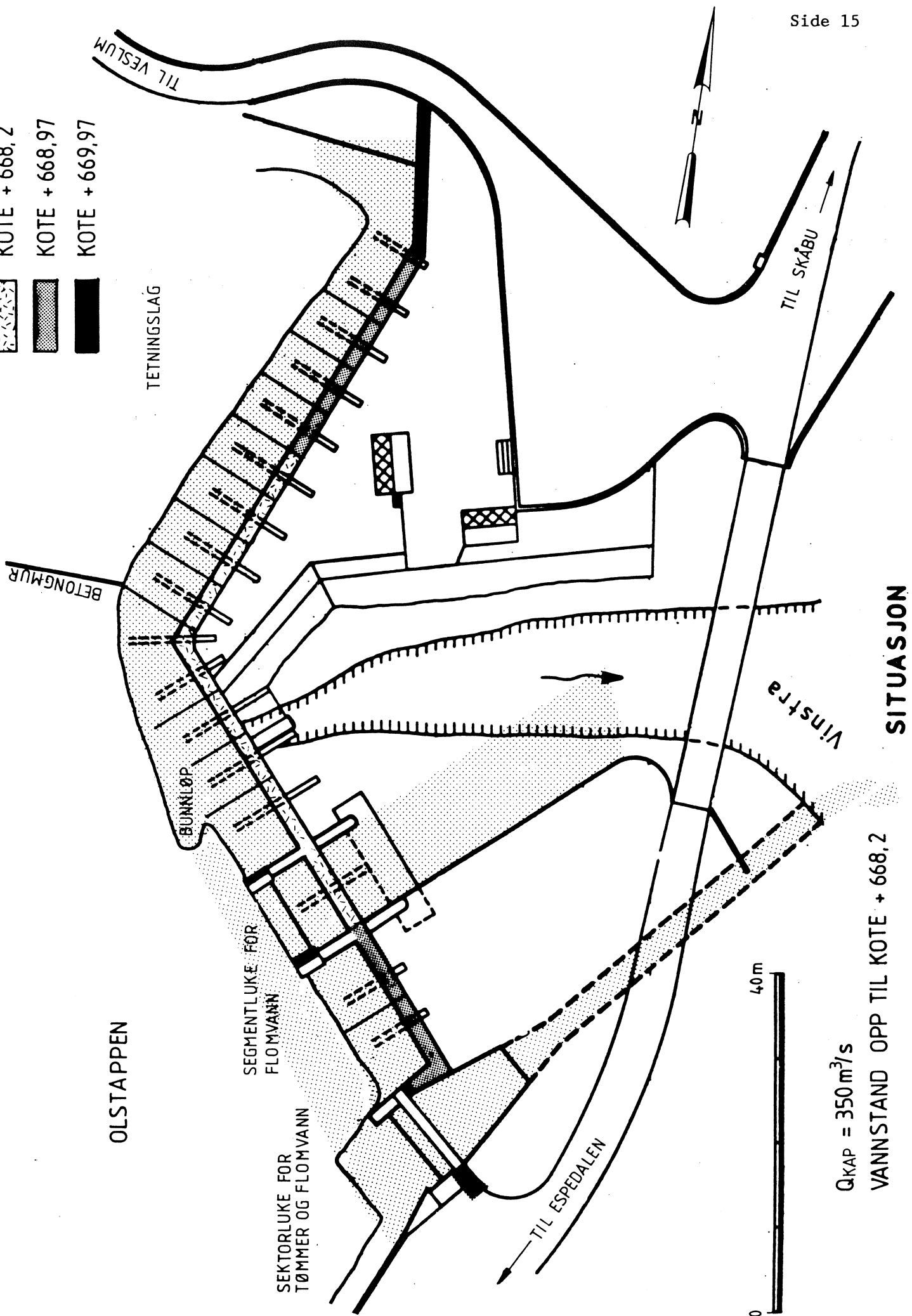
2.3.3 Forhold nedstrøms for dammen ved økende vannstander

På de neste sidene er det på situasjonskartet tegnet inn hvordan vannet vil passere dammen ved økende vannstand. Allerede ved vannstand på kote 669.0 vil sentralen på Olstappen ligge utsatt til.

Det bør undersøkes hvilken betydning utfall av denne sentralen har i en flomsituasjon.

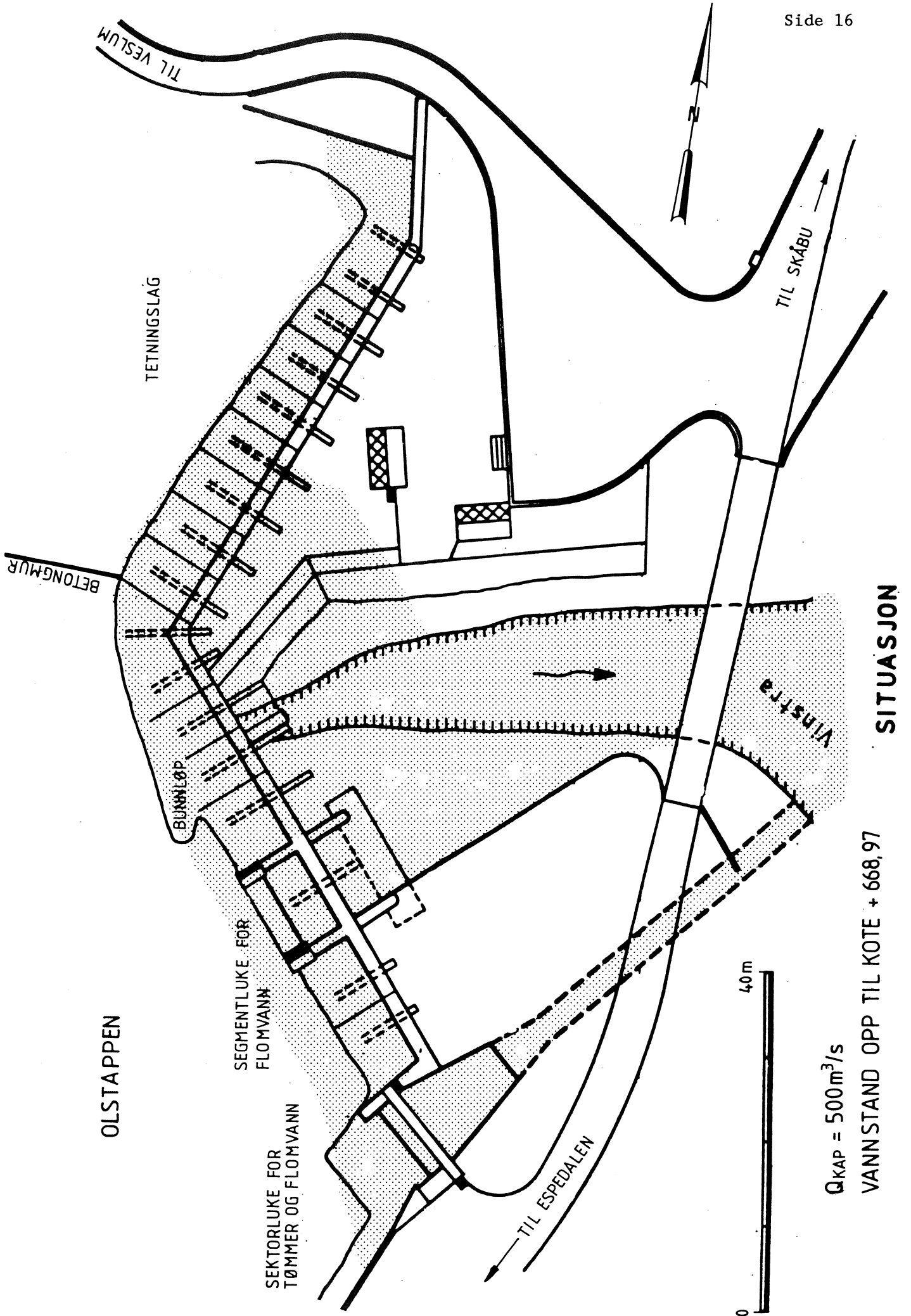
Tunnel nedstrøms sektorluke vil kunne være utsatt for gjentetting. Dette vil kunne føre til bortvasking av løsmasser og eventuell ødeleggelse av hovedvei. Dette vil vanskeliggjøre adkomsten til lukehusene.

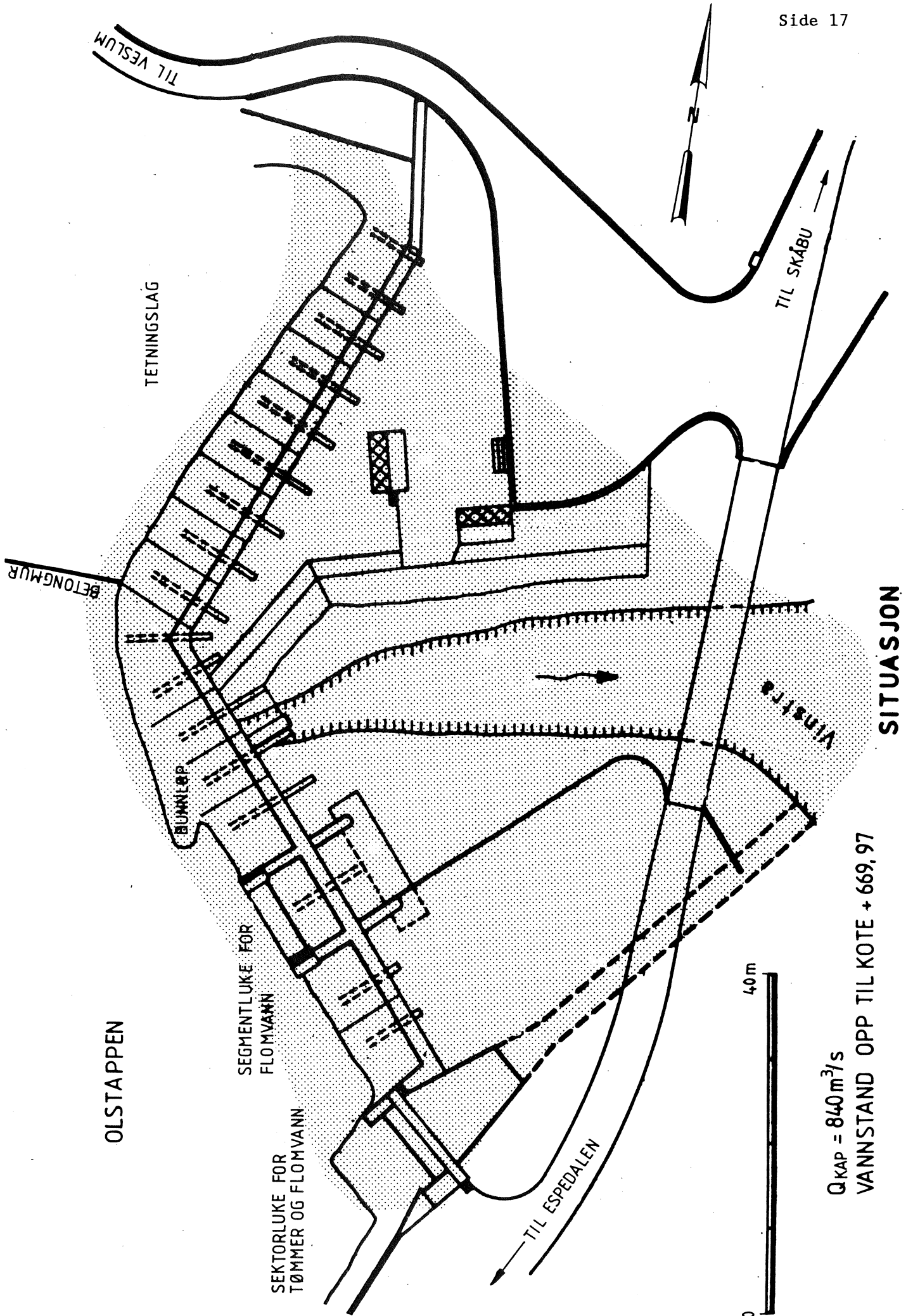
-  KOTE + 668,2
-  KOTE + 668,97
-  KOTE + 669,97



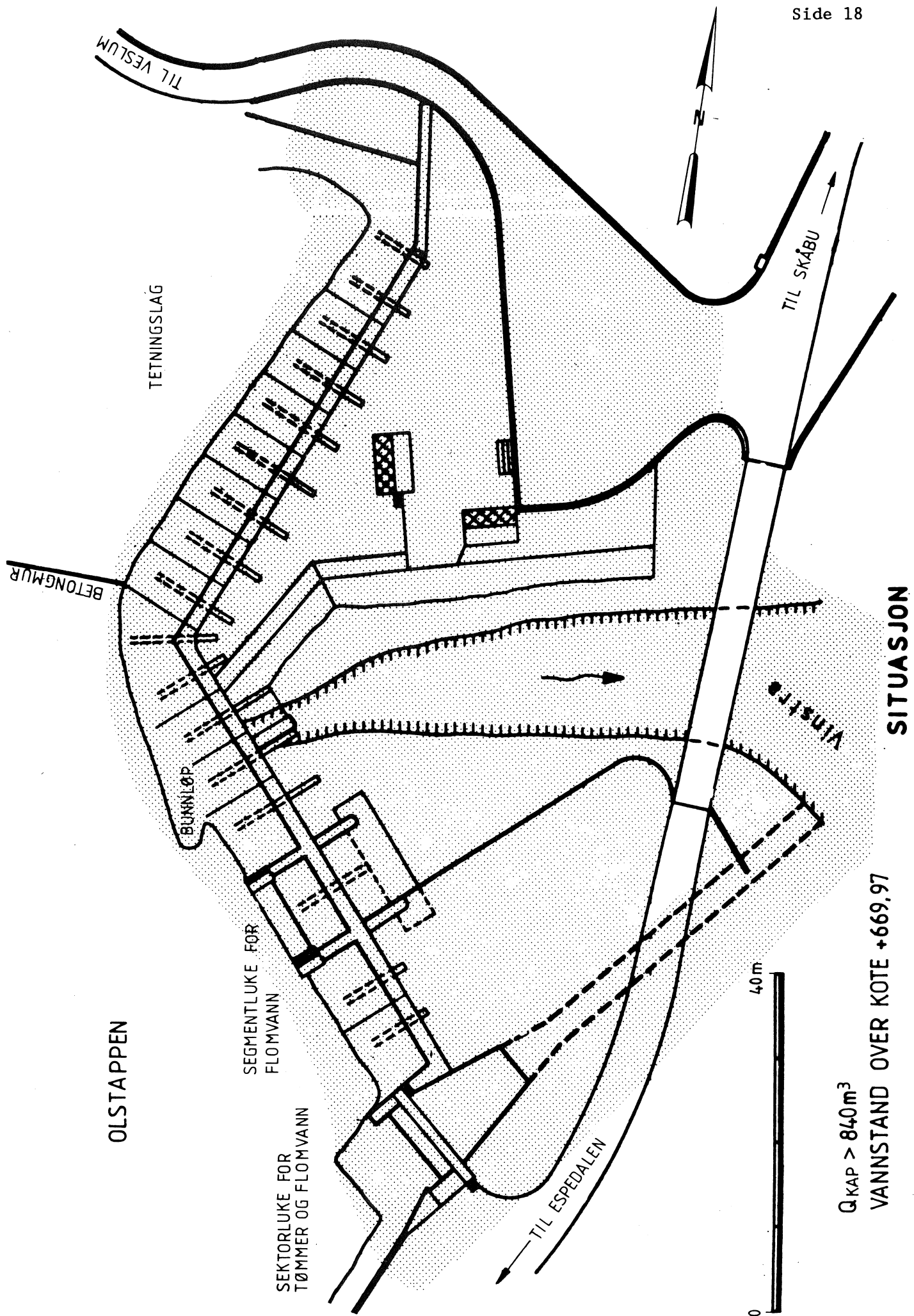
$Q_{KAP} = 350 \text{ m}^3/\text{s}$
 VANNSTAND OPP TIL KOTE + 668,2

SITUASJON





$Q_{KAP} = 840 \text{ m}^3/\text{s}$
VANNSTAND OPP TIL KOTE + 669,97



$Q_{KAP} > 840 m^3$
VANNSTAND OVER KOTE +669,97

3. Damanlegg og kraftstasjoner som har innflytelse på driften av dam Olstappen.

Oppstrøms for Olstappen ligger i hovedvassdraget magasinet Kaldfjorden og deretter Vinsteren og Bygdin.

Avledningen fra Kaldfjorden skjer ved 2 segmentluker og 2 dypluker med samlet kapasitet lik $185 \text{ m}^3/\text{s}$ ved HRV.

Segmentlukene åpnes manuelt på stedet. Dyplukene er elektrisk drevne, åpnes på stedet.

I tillegg har dammen et fast overløp lik $15 \times 4,5\text{m}$. Magasinarealet er 19km^2 .

Kraftstasjon Øvre Vinstra ligger ovenfor Olstappen, og har max driftsvannføring $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kraftstasjon nedre Vinstra har inntak i Olstappen, og har max driftsvannføring $55 \text{ m}^3/\text{s}$.

Følgende feilmanøvreringer er aktuelle for en analyse

1. Full tapping fra Kaldfjorden uten tiltak på Olstappen ($+185 \text{ m}^3/\text{s}$).
2. Fullt pådrag i Øvre Vinstra Kraftstasjon samtidig med avslag i nedre Vinstra Kraftstasjon. Ingen tiltak på Olstappen ($+105 \text{ m}^3/\text{s}$).
3. Avslag i nedre Vinstra Kraftstasjon. Ingen tiltak på Olstappen ($+ 55 \text{ m}^3/\text{s}$).

4. Enkel konsekvensvurdering av magasin vannstand lik bruddvannstand og dambrudd.

Konsekvensene er beskrevet på grunnlag av en meget grov vurdering.

1. Skader langs magasin

Den høye vannstand kombinert med mye nedbør vil kunne utløse ras i de forholdsvis bratte skogkledde skråningene ned mot magasinet.

2. Skader langs vassdrag

Skadeomfanget vil i stor grad være avhengig av i hvilken grad et evt. brudd får utvikle seg. Fjellet faller av mot dammens nordre vederlag og løsmasse-utgravningen, og dermed bruddforløpet, kan bli meget omfattende. Terrenget langs vassdraget er meget rasutsatt. Det er bebygget langs vassdraget ved samløpet med Lågen.

Konklusjon: Skadeomfanget ved et evt. dambrudd er uoversiktelige, men en må anta at skadene kan bli meget betydelige.

5 Teknisk data for anlegget

5.1 Bruddvannstand

Bruddvannstanden for dam Olstappen er fastlagt på grunnlag av en meget grov vurdering. Inn mot nordre vederlag er dammen fundamentert på løsmasse. Dette anses å være det punkt hvor en evt. bruddutvikling vil starte. Damtopp og tetning består her av en støpt betongmur til K669,97.

Bruddvannstand er anslått til K670,0.

5.2 Avledningskapasitet

Det er forutsatt følgende avledningskapasiteter (H=0 ved v.st lik HRV).

1 stk flomluke, segmentluke

$$Q_1 = 1,79 \cdot 10 (H+5)^{1,5} = 17,9 (H+5)^{1,5}$$

1 stk flomluke, sektorluke

$$Q_2 = 1,49 \cdot 9 (H+5)^{1,5} = 13,41 (H+5)^{1,5}$$

Over gangbane (HRV+0,2m), L = 52m

$$Q_3 = 1,5 \cdot 52 (H-0,2)^{1,5} = 78 (H-0,2)^{1,5}$$

Over brystning (HRV+1,0m), L = 45m

$$Q_4 = 1,5 \cdot 45 (H-1,0)^{1,5} = 67 (H-1,0)^{1,5}$$

Over lukket segmentluke

$$Q_5 = 1,8 \cdot 10 (H-0,2)^{1,5} = 18 (H-0,2)^{1,5}$$

Over lukket sektorluke

$$Q_6 = 1,8 \cdot 9 (H-0,2)^{1,5} = 16,2 (H-0,2)^{1,5}$$

Tabell 1 Avledningskapasitet (m ³ /s)					
vannstand				stengt	
	segment	sektor	overløp	segment	sektor
	Q ₁	Q ₂	Q ₃ + Q ₄	Q ₅	Q ₆
K 667	143	107	0	0	0
K 668 (HRV)	200	150	0	0	0
K 668,2	212	159	0	0	0
K 668,8	250	187	36	8	7
K 669,0	263	197	56	13	12
K 670,0 (brudd)	331	248	255	43	39

Tabell 2 Samlet avledningskapasitet (m ³ /s)			
vannstand	begge luker ute av funksjon	segmentluke ute av funksjon	alt åpent
	Q ₃ +Q ₄ +Q ₅ +Q ₆	Q ₂ +Q ₃ +Q ₄ +Q ₅	Q ₁ +Q ₂ +Q ₃ +Q ₄
K 667	0	107	250
K 668 (HRV)	0	150	350
K 668,2	0	159	371
K 668,8	51	231	473
K 669,0	81	266	516
K 670,0 (brudd)	337	546	834

5.3 Areal og magasinvolum

Tabell 3 Magasinets areal og volum		
Nivå	magasin	
	volum	areal
	[mill.m ³]	[mill.m ²]
655 (LRV)	0	1,5
668 (HRV)	31	3,1
670	37	3,2

Magasinets flomdempende effekt ved vannstander K 668 - K 670: 100 m³/s i tilsig uten avledning vil føre til 46cm heving av magasinet i løpet av 4t.

Magsinets flomdempende effekt er meget liten.

5.5 Tilløpsflommer

Beregning av nye flomstørrelser (Q-1000 og PMF) er i gang for hele vassdraget, og i denne analyse har vi basert oss på noen foreløpige resultater for Vinstravassdraget.

Vi har ut fra de oppgitte maksimalverdier for Q-1000 anslått maksimalverdiene for flommer med andre gjentakintervall.

Flomhydrogrammene er basert på data for Q-1000 og PMF som vi har mottatt. Vi har gitt de ulike flomhydrogram felles forløp i den periode da flommen er stigende.

Vi har videre redusert den basisvannføring som er tilstede før flomutviklingen starter. Dette fører til at flomutviklingen skjer noe bråere og mer overraskende.

Vi har basert analysen på følgende gjentakintervall for maksimalverdi på tilløpsflom. (Fig. 1 viser hydrogrammene.)

Tabell 4 Gjentakintervall for maksimalverdi tilløpsflom		
gjentakintervall	vannføring	maksimal vannføringsendring
	Q	$\Delta Q/\Delta T$
år	m ³ /s	m ³ /s pr time
10	400	22
10 ²	560	33
10 ³	724	40
10 ⁴	900	50
10 ⁵	1090	50
10 ⁶	1270	50
PMF	1388	50

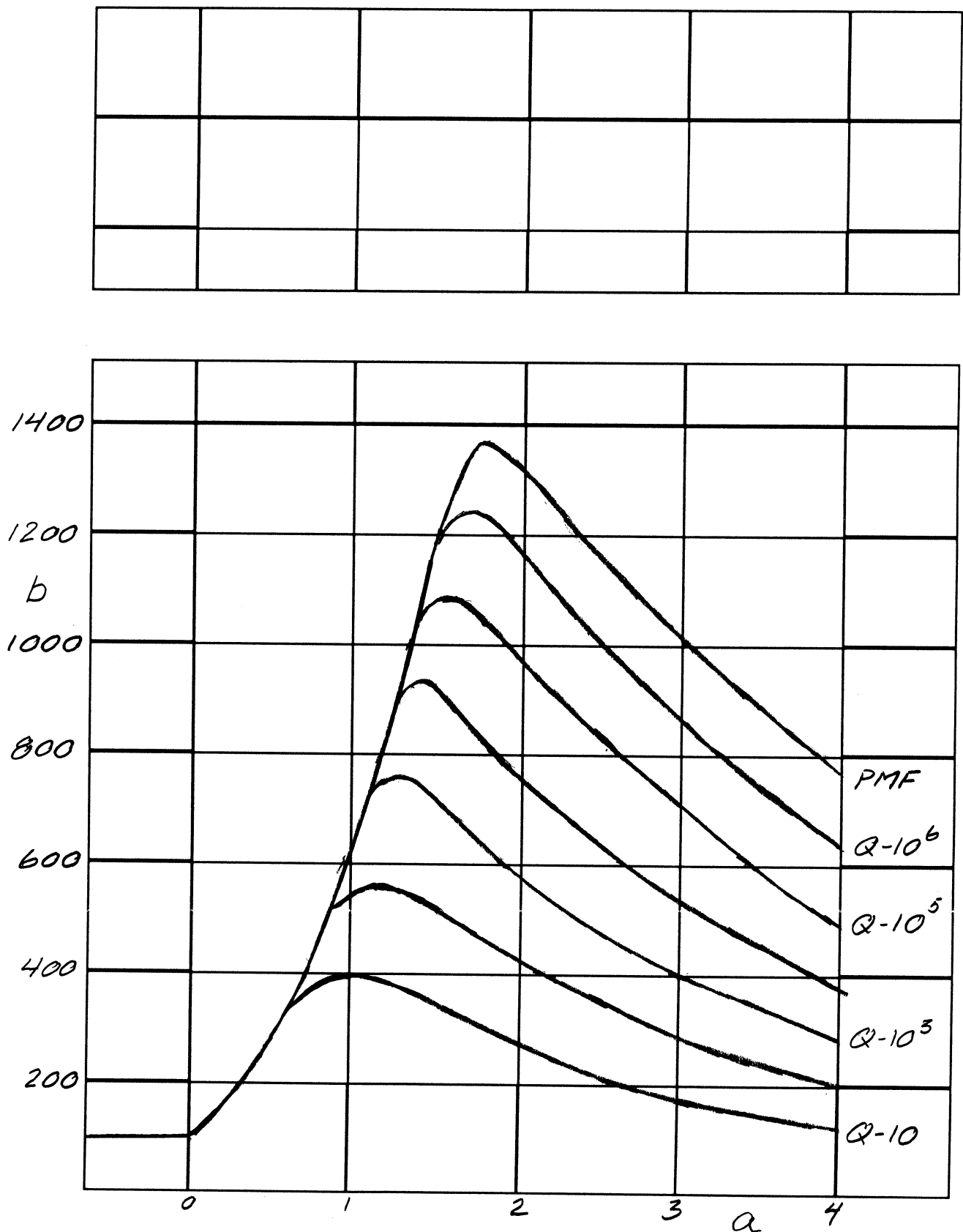


Fig 1 Tilløpsflom-hydrogram

a: Tid (døgn), b: Vannføring (m^3/s),

6. **KLARLEGGING AV SITUASJONER MED HENSYN TIL LUKEMANØVRERING SOM KAN VÆRE KRITISKE/AKTUELLE FOR NÆRMERE ANALYSER**

Begge flomlukene kjøres fra dammen. Man er derfor avhengig av tilgjengelighet til lukehusene for å kunne kjøre disse. Det foreligger imidlertid planer for fjernstyring av lukene.

6.1 **Store flommer, såvel sektor- som segmentluke åpner ikke**

Situasjonen kan oppstå som følge av bemanningssvikt eller strømfor-
syningssvikt. Avledningskapasitet ved bruddvannstand vil være 337
m³/s.

- **Manøvrering av sektorluke**

Sektorluken vil normalt være enklere å åpne i en flomsituasjon enn segmentluken. Ved feil i opptrekksmekanismene kan f.eks. brenning av drev, opptrekksstenger være tilstrekkelig til at luken åpner seg i det luken er selvåpnende. Økende vannstand gir større åpnende krefter.

Magasinets areal ved HRV er 3.1 km². Uten avledning vil magasinet stige ca. 11 cm/time, ved et tilsig på 100 m³s.

- **Manøvrering av segmentluke**

Segmentluken må åpnes ved ytre kraft. Luken vil overtoppes ved vannstander over kote 668.5. I det overtopping vil medføre større vanskeligheter med hensyn til åpning, bør åpning skje før overtopping inntreffer. Dersom alt er intakt, antas det at luken kan åpnes med ca. 0.4 m overtopping, dvs. ved vannstand kote 669.0. På grunn av det lille magasinet er det spesielt viktig at segmentluken kan åpnes relativt raskt ved stigende flom.

6.2 **Store flommer, segmentluken åpner ikke**

Situasjonen kan oppstå ved teknisk svikt på segmentluken. Sektorluke og overløp vil kunne ta unna en flom på 546 m³/s ved bruddvannstanden.

Som nevnt under pkt. 6.1 er segmentluken vanskelig å åpne ved overtopping. Dette gjelder for de fleste årsaker til at luken ikke kan åpnes. Det er imidlertid rimelig grunn til å anta at dersom sektorluken fungerer som den skal, har man god tid til å utbedre feil ved segmentluken. Normalt bør nemlig segmentluken åpnes først ved stigende flom. Når dette ikke lykkes, bør man umiddelbart iverksette tiltak for å utbedre feilen.

6.3 **Store flommer, normal funksjonering**

I dette tilfellet er det antatt at lukene fungerer etter hensikten og manøvreres til full åpning, alt etter flomstørrelse.

Ved flommer utover 371 m³/s vil overløpet tre i funksjon. Luker og overløp vil kunne ta unna en flom på 834 m³/s før brudd.

6.4 Store flommer, segmentluken lukkes utilsiktet

En kritisk situasjon ved store flommer vil være om segmentluken lukkes utilsiktet. Dette kan skyldes brudd, falsk styreimpuls ved tordenvær etc. Det bør derfor vurderes å forrigle luken mekanisk i åpen stilling ved store flommer.

Dersom vannstanden er over kote 668,50 i en slik situasjon, vil det kunne være vanskelig å åpne luken.

6.5 Store flommer, sektor åpnes ikke

Analyseres ikke.

6.6 Vinterforhold, utfall av kraftstasjon Qmaks, stasjon = 50 m³/s

Ved utfall av kraftstasjonen på vinterstid og HRV ved Olstappen vil vannstanden øke til ca. kote 668.75 (forusatt lukkede luker). Dette betyr overløp over luker og midtre del av dam. Dette vil gi en del isproblemer.

Såvel sektor- som segmentluker er utstyrt med bobleanlegg.

Situasjonen kan oppstå som følge av bemanningssvikt eller strømfor-
syningssvikt. Avledningskapasitet ved bruddvannstand vil være 337
m³/s.

Spesielt segmentluken vil kunne være utsatt for isansamlinger nedstrøms for lukefronten, som fastfrysing av lukeben til pilar, store isvekter på lukekroppen osv. Sektorluken vil ikke være så sårbar.

6.7 Utilsiktet drift av ovenforliggende verk

På grunn av det lille magasinet vil dette lett kunne føre til overløp av dammen. Dette alene vil imidlertid normalt ikke være noe stort problem med hensyn til lukemanøvrering.

I en situasjon med naturlig tilsig på 55 m³/s og full drift av Nedre Vinstra kraftverk (55 m³/s), vil lukene normalt være lukket. Øvre Vinstra Kraftverk kobles så inn for fullt (50m³/s) samtidig med avslag på Nedre Vinstra kraftverk. Magasinet vil da få et tilsig på 55 m³/s + 50 m³/s = 105 m³/s. Det vil da hurtig gå i overløp på dammen. Segmentluken bør i et slikt tilfelle åpnes i løpet av 2-3 timer.

6.8 Store flommer, tilstopping av fast overløp

Dette vil ikke ha noen spesiell innvirkning på manøvrering av lukene. Ved feil vil man imidlertid ha kortere tid til rådighet.

6.9 Store flommer, sektor åpnes ikke

Analyseres ikke

7. FEILTREANALYSER

For å se nærmere på hvilke feil som kan inntreffe med hensyn til lukemanøvrering, har vi forsøkt å liste opp enkeltfeilene og vise de skjematisk.

Til slutt har vi satt opp en feiltreanalyse.

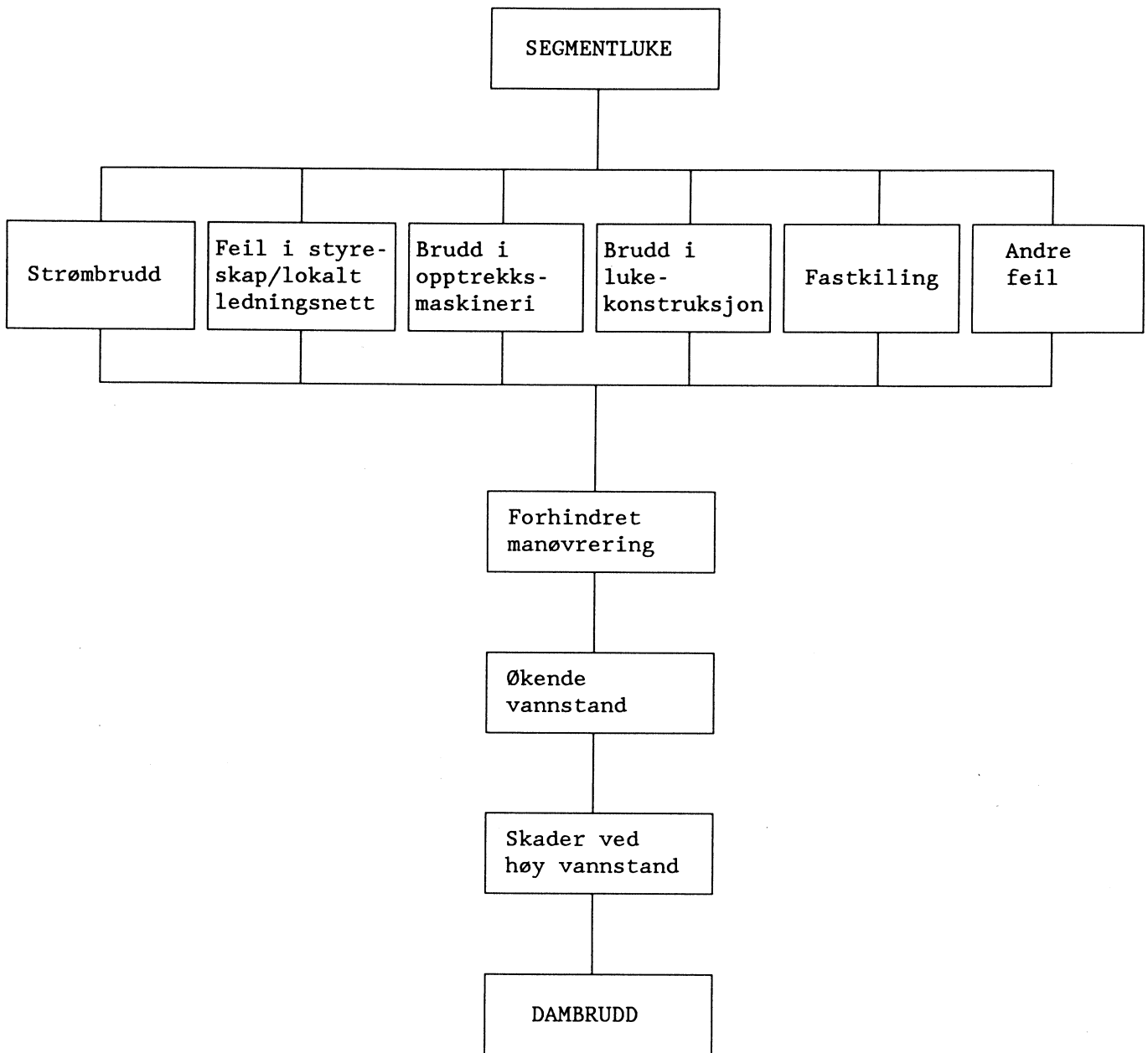
7.1 Hendelser som fører til at en luke ikke lar seg manøvrere

7.1.1 Segmentluke

Aktuelle hendelser:

- a) Bortfall av normal strømforsyning
- b) Nødaggregat starter ikke automatisk
- c) Eksisterende nødaggregat defekt
- d) Feil i styreskap/lokalt ledningsopplegg
- e) Brudd i optrekkmaskineri
 - Motor
 - Snekkeveksel
 - Tannhjuloverføringer
 - Lang aksel/drivaksel
 - Kjede
 - Kjedefeste
 - Brems
- f) Brudd i lukekonstruksjon
 - Bæresystem
 - Lukeben
 - Lukelager
- g) Fastkiling
- h) Manglende kommunikasjon/tilgjengelighet

Hendelsene er skjematisk fremstilt på fig. side 21



7.1.2 **Sektorluke**

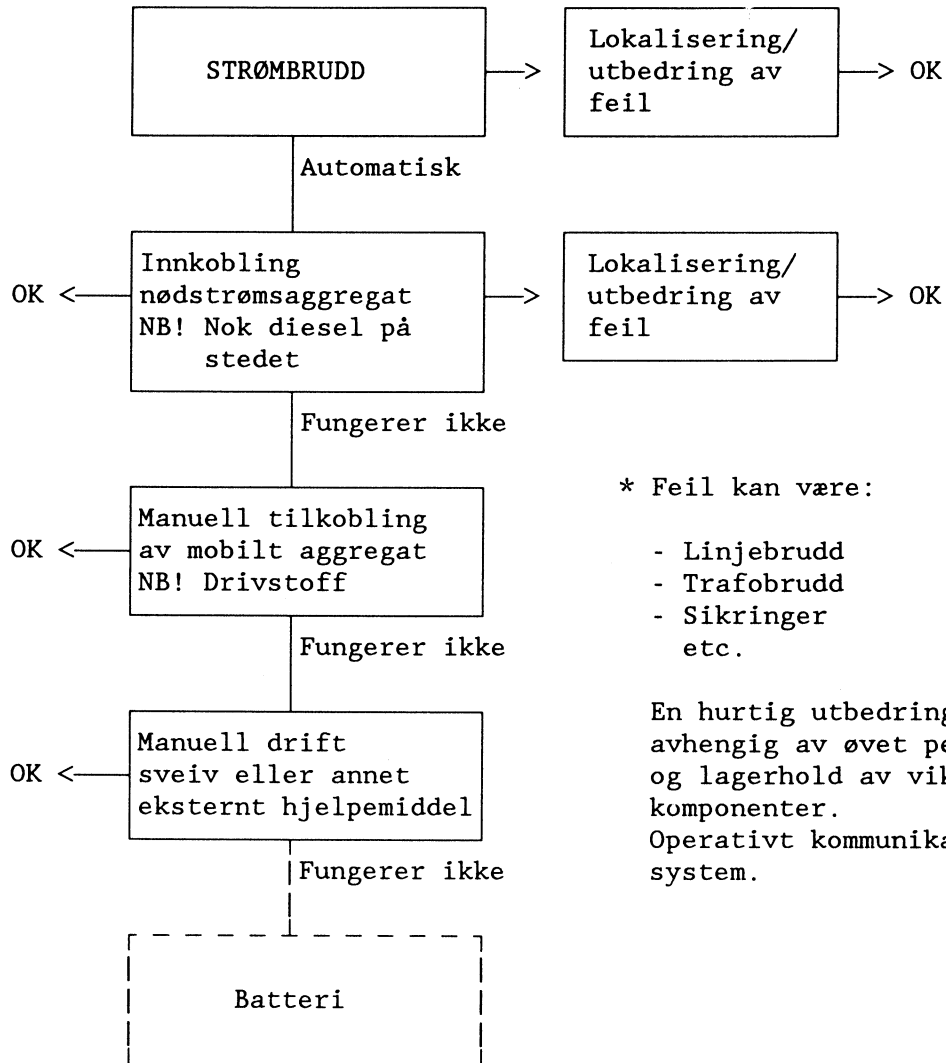
Aktuelle hendelser:

- a) Bortfall av normal stømforsyning
- b) Nødaggregat starter ikke automatisk
- c) Eksisterende nødaggregat defekt
- d) Feil i styreskap/lokalt ledningsopplegg
- e) Brudd i opptrekksmaskineri
 - Snekkeveksel
 - Brems
 - Drivaksel/lang aksel
 - Tannhjulsoverføringer
- f) Brudd i lukekonstruksjon
 - Bæresystem
 - Lukelager
 - Opptrekkstang, opptrekkøre
- g) Fastkiling
 - Ved brunnstokk
 - Sideføringer
 - Fremmedlegeme i sump
- h) Manglende kommunikasjon/tilgjengelighet

7.2 Analyse av enkeltfeil

7.2.1 Strømbrudd

Med strømbrudd forstås at strømmen ikke kommer frem til motorene.

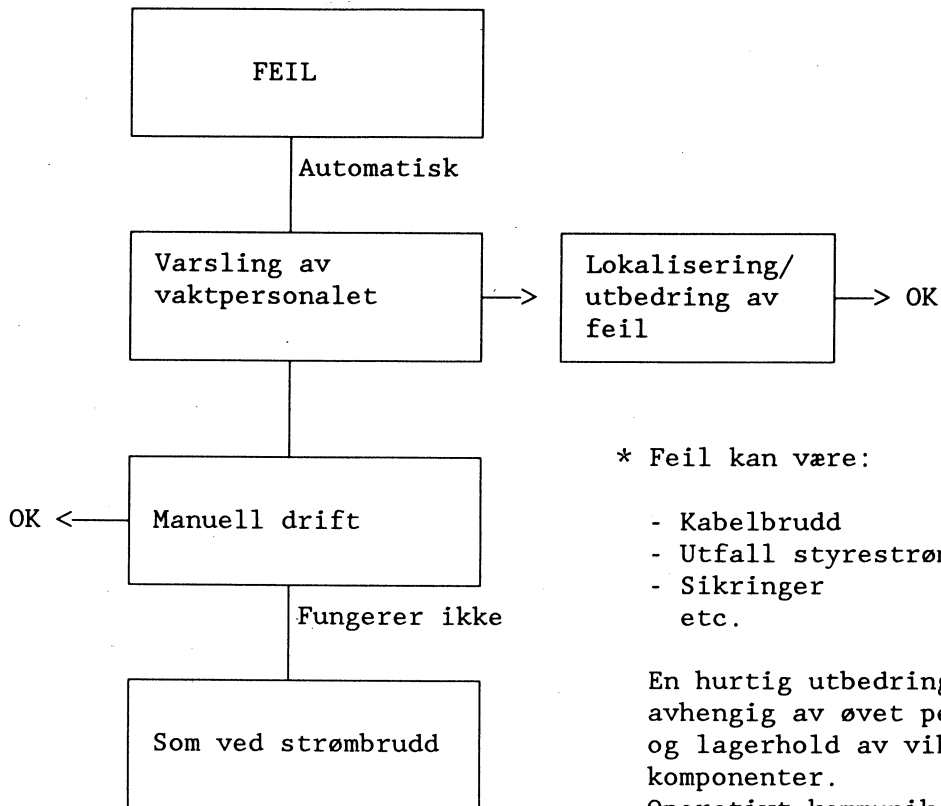


* Feil kan være:

- Linjebrudd
- Trafobrudd
- Sikringer
- etc.

En hurtig utbedring er avhengig av øvet personale og lagerhold av viktige komponenter. Operativt kommunikasjonssystem.

7.2.2 Feil i styreskap/styrestrøm/lokalt ledningsnett

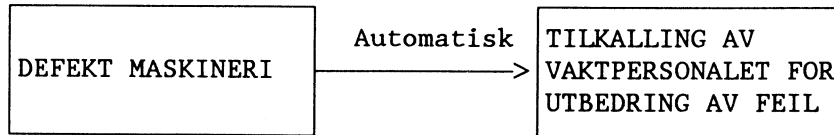


* Feil kan være:

- Kabelbrudd
- Utfall styrestrøm
- Sikringer
- etc.

En hurtig utbedring er avhengig av øvet personale og lagerhold av viktige komponenter. Operativt kommunikasjons-system.

7.2.3 Brudd i opptrekksmaskineri



Mulige feil:

- Defekt motor : Reservemotor monteres/tilkobles.
 - Defekt snekkeveksel : Reserve monteres.
 - Akselbrudd : Hvilket firma har reservedeler/kan lage ny på kort tid?
 - Kjedefrudd :
 - Vanlige feil er at kjede som står i vann korroderer/ruster fast. Når det stive kjedet entrer kjedekassen, havarerer denne.
 - Kjedefeste ryker
- ==> Kontroller/vedlikehold utføres regelmessig.
- NB! Det er normalt ved stor lukeåpning disse problemene oppstår.
- Brems : Justeres

==>

- Personalet trenes til å finne de svakest ledd i maskineriet
- God kontakt med spesialister

7.2.4 Brudd lukekonstruksjon

Mulige feil:

- Bæresystem havarerer grunnet:
 - * Fremmedlegemer, is
 - * Korrosjonsskader
- Lukeben/lukelager havarerer:
 - * Fremmedlegemer kan medføre store tvangskrefter

Disse feil kan være meget vanskelig å håndtere. Spesialister tilkalles snarest.

7.2.5 Fastkiling

Såvel segmentluke som sektorluke kan være utsatt for fastkiling. Sektorluken vil være mest utsatt. Sektorlukens opptreksstang svært utsatt!

Utsatte steder:

- Bunnstokk/frontplate
- Nisje i side/luceskall/opptreksstang
- Ryggplate/pilarside
- Bakplate/lager
- Avleiringer i sektorgrop

Tiltak utover godt vedlikehold: Observer at det ikke er fremmedlegemer som kan forårsake tvangskrefter som kan forårsake tvangskrefter på sektorlukens opptreksstang.

NB! Ved store flommer bør lukene kjøres lokalt.

7.2.6 Andre feil

Andre feil som kan forhindre lukemanøvrering kan være:

- Manglende kommunikasjon
- Manglende tilgjengelighet
- Eventuelle andre hendelser

Hvilke veier eksisterer ved en storflom?

Hvilke kjøretøyer er best egnet?

Hvor bør kjøretøy/utstyr stasjoneres?

Dette er spørsmål som driften bør prøve å finne svar på.

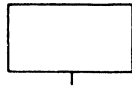
7.3 Feiltreanalyse

Det er utført en grafisk feilutviklingsanalyse for hele dammen med hensyn til manøvrering av segmentluke og nåledam.

Metodene er et eksempel på hvordan man kan identifisere enkeltfeil og kombinasjoner av feil som kan føre til uønsket systemtilstand og kritiske situasjoner. Hendelseskjeder er utarbeidet for initierende ønsket/uønsket konsekvens på toppen av treet.

Eksemplet med dam Olstappen er ikke analysert på alle tenkelige måter. Deler av feiltreet især med hensyn på sekundære utenforliggende hendelser er ikke utført.

Tegnforklaring er vist på side 19, mens de påfølgende sider viser delfeiltrær som kan føre til at flomavledningsorganer ikke manøvreres med mulig dambrudd som følge.



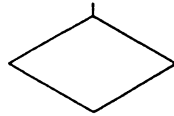
REKTANGEL

TILSTANDSBLOKK SOM BESKRIVER EN TILSTAND SOM ER FORÅRSAKET AV EN KOMBINASJON AV FEILÅRSAKER.



SIRKEL

PRIMER FEIL (BASISHENDELSE) SOM ER OPPSTÅTT UNDER NORMAL DRIFT OG SOM IKKE SKYLDES EKSTREME BELASTNINGER ELLER FEIL I ANDRE KOMPONENTER.



ROMBE

SEKUNDÆR FEIL (BASISHENDELSE) SOM SKYLDES EKSTREME MILJØBELASTNINGER MANGELFULLT VEDLIKEHOLD O.L. ÅRSAKENE TIL HENDELSEN ER IKKE UNDERSOKT NERMERE.



TRIANGEL

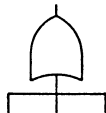


OVERFØRINGSSYMBOLER FOR VIDEREUTVIKLING AV EN ÅRSAKSKJEDE.



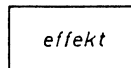
OG-port

UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS SAMTLIGE INNGANGSHENDELSER HAR INNTRUFFET.

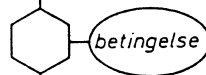


ELLER-port

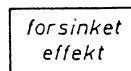
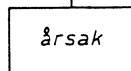
UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS MINST EN AV INNGANGSHENDELSENE INNTREFFER.



BETINGELSES-PORT

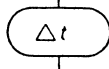


UTGANGSHENDELSEN INNTREFFER HVIS INNGANGSHENDELSEN INNTREFFER OG BETINGELSEN ER OPPFYLT.

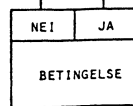


FORSINKELSES-port

UTGANGSHENDELSEN VIL INNTREFFE ETTER EN SPESIFISERT TIDSFORSINKELSE.

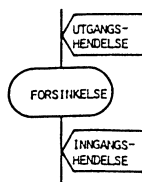


GJENSIDIG UTELUKKENDE
UTGANGSHENDELSER



FORGRENINGSDOPERATOR

UTGANGEN ER "JA" HVIS BETINGELSEN ER OPPFYLT, "NEI" ELLERS.



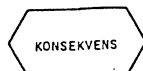
FORSINKELSESOPERATOR

INDIKERER HVILKEN TIDSFORSINKELSE SOM ER NØDVENDIG FOR AT INNGANGSHENDELSEN SKAL RESULTERE I UTGANGSHENDELSEN.



HENDELSESBESKRIVELSE

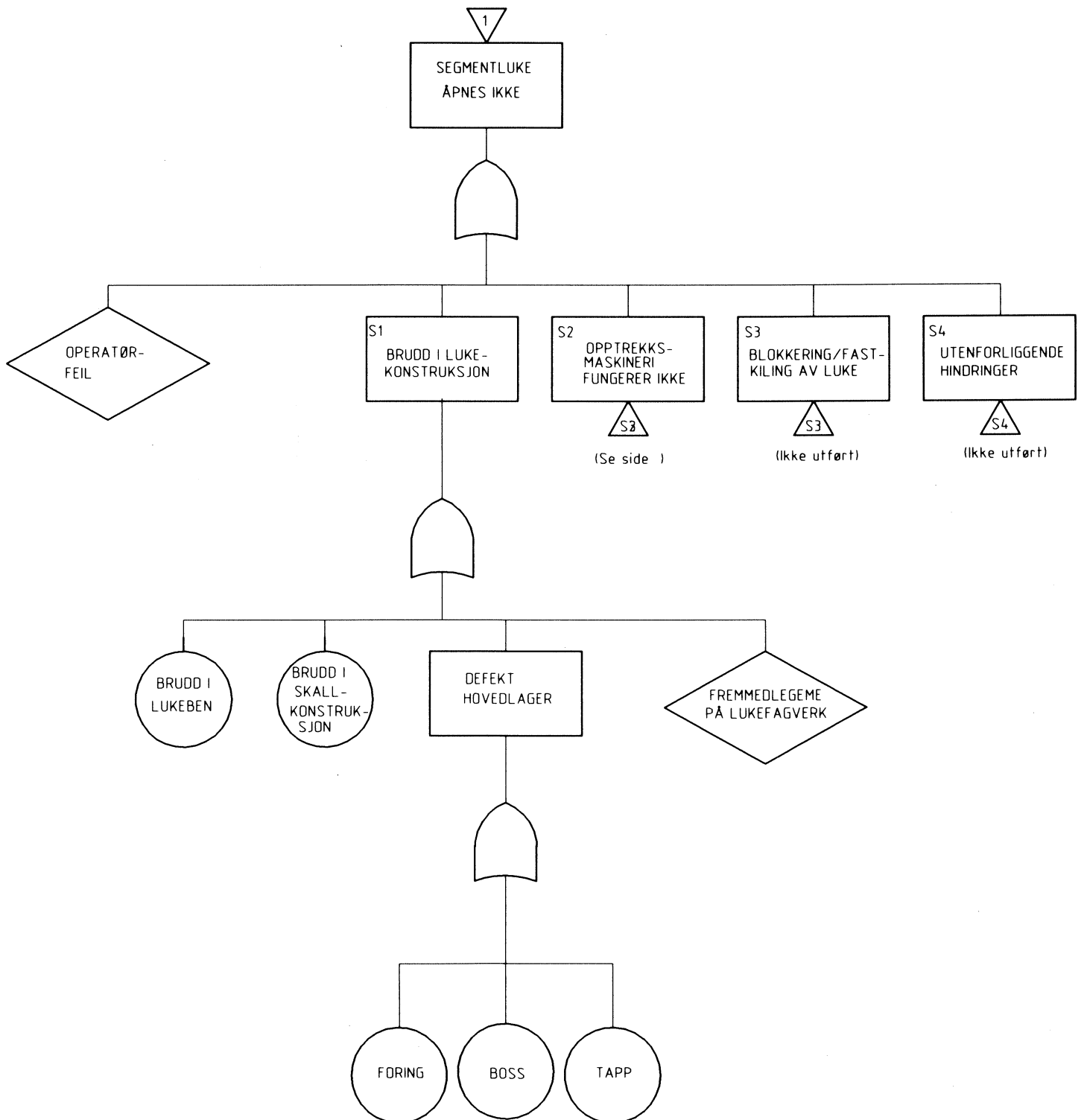
HENDELSEN/TILSTANDEN SOM EKSISTERER PÅ ET BESTEMT PUNKT I DIAGRAMMET BESKRIVES.

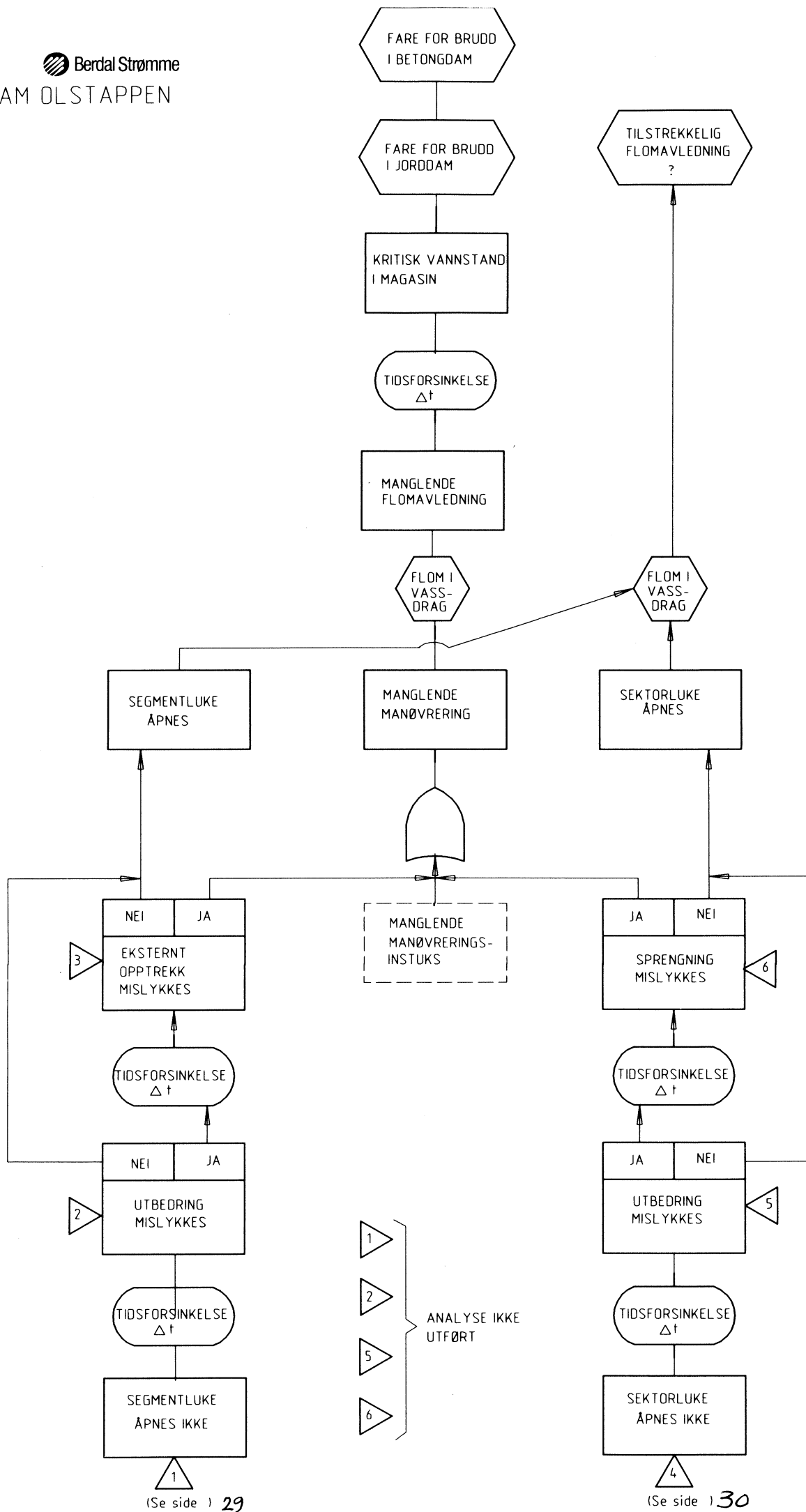


KONSEKVENSBESKRIVELSE

BESKRIVELSE AV EN KONSEKVENNS. ENDE-PUNKT I DIAGRAMMET.

DAM OLSTAPPEN
Segmentluke
Lukekonstruksjon

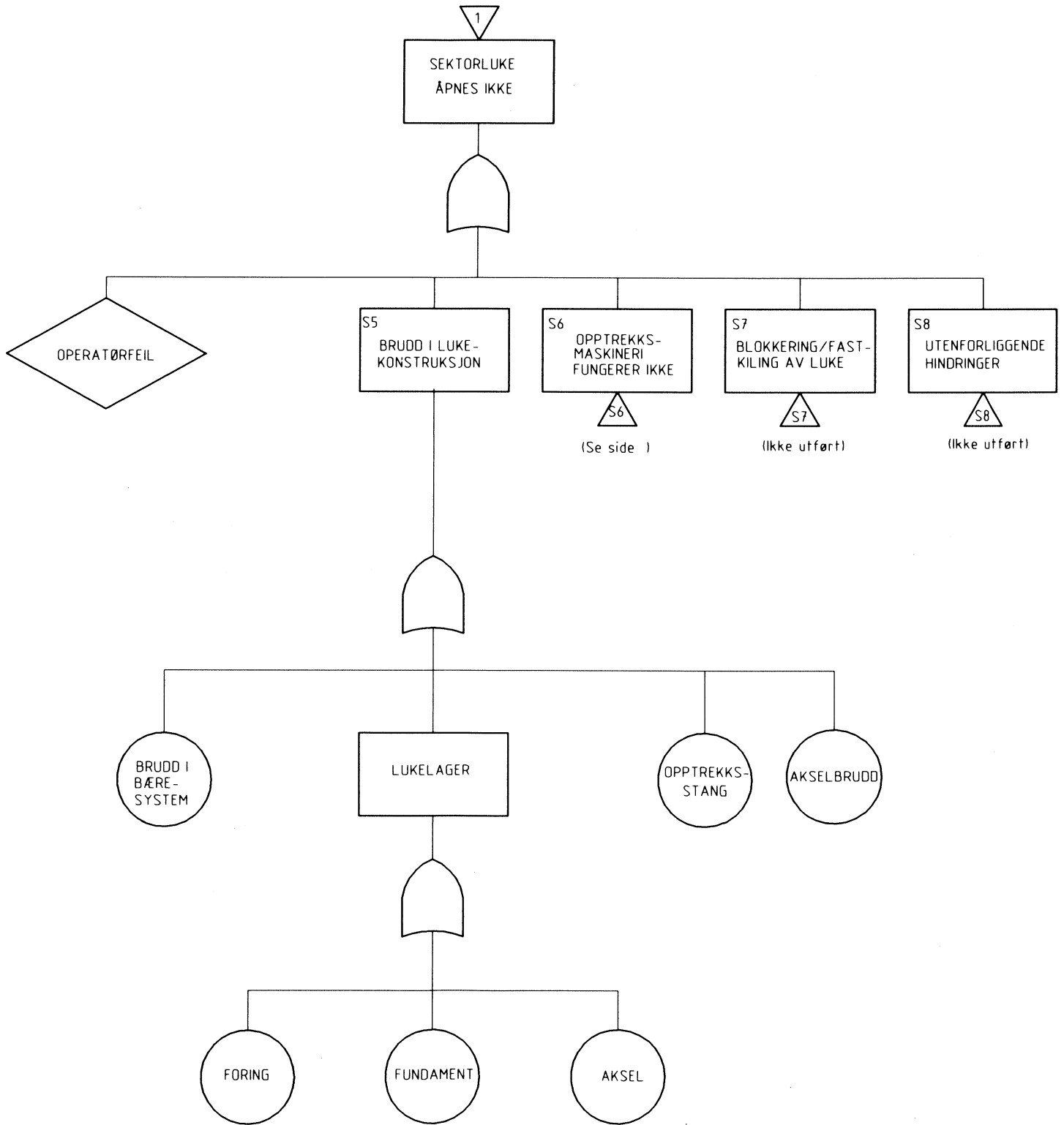




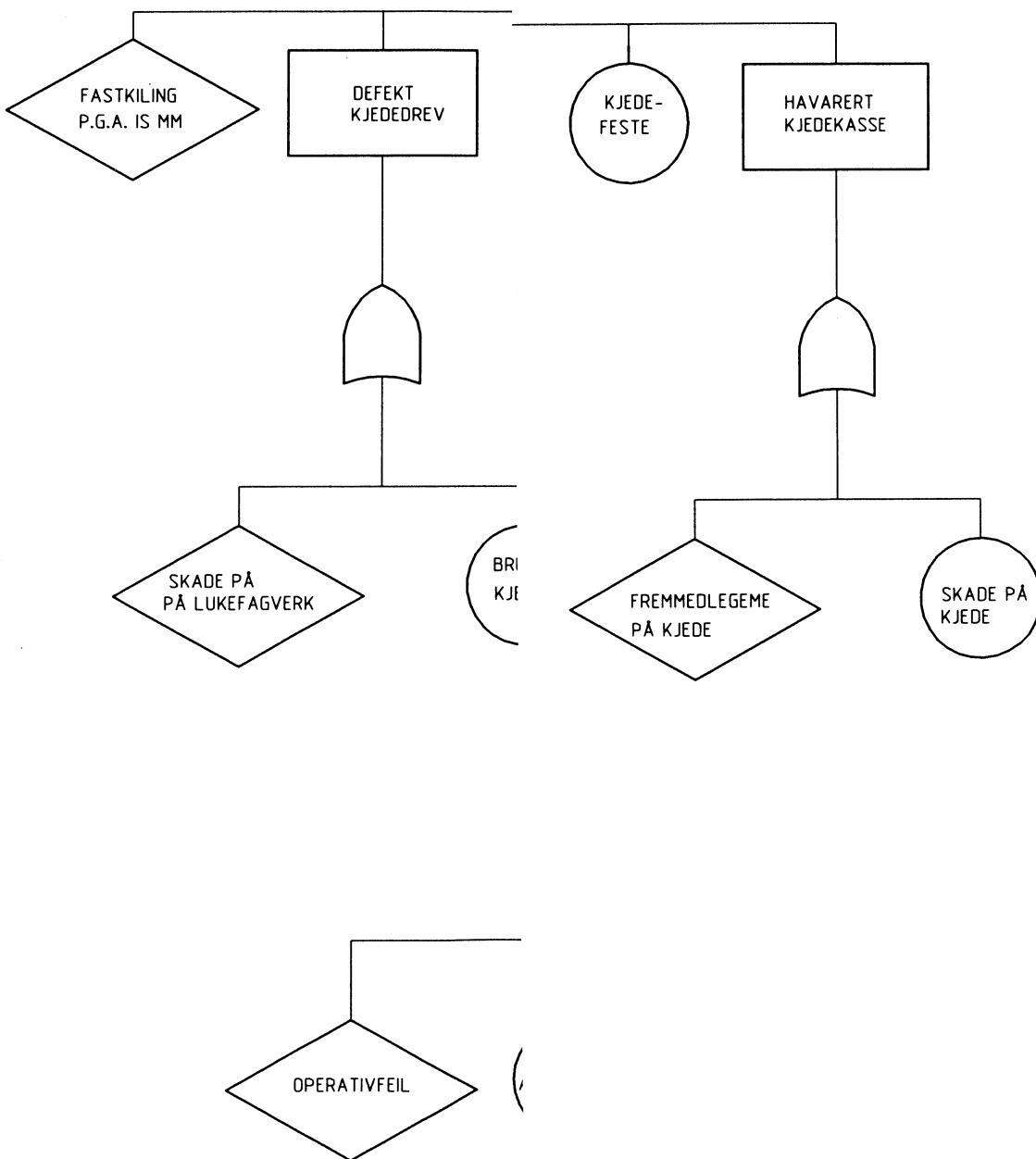
(Se side) 29

(Se side) 30

DAM OLSTAPPEN

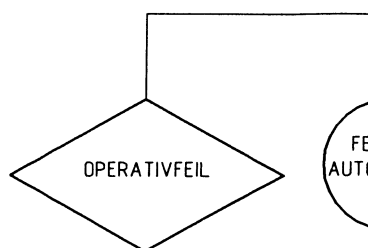
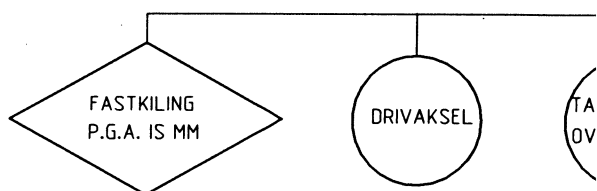


DAM
Segn
Oppt

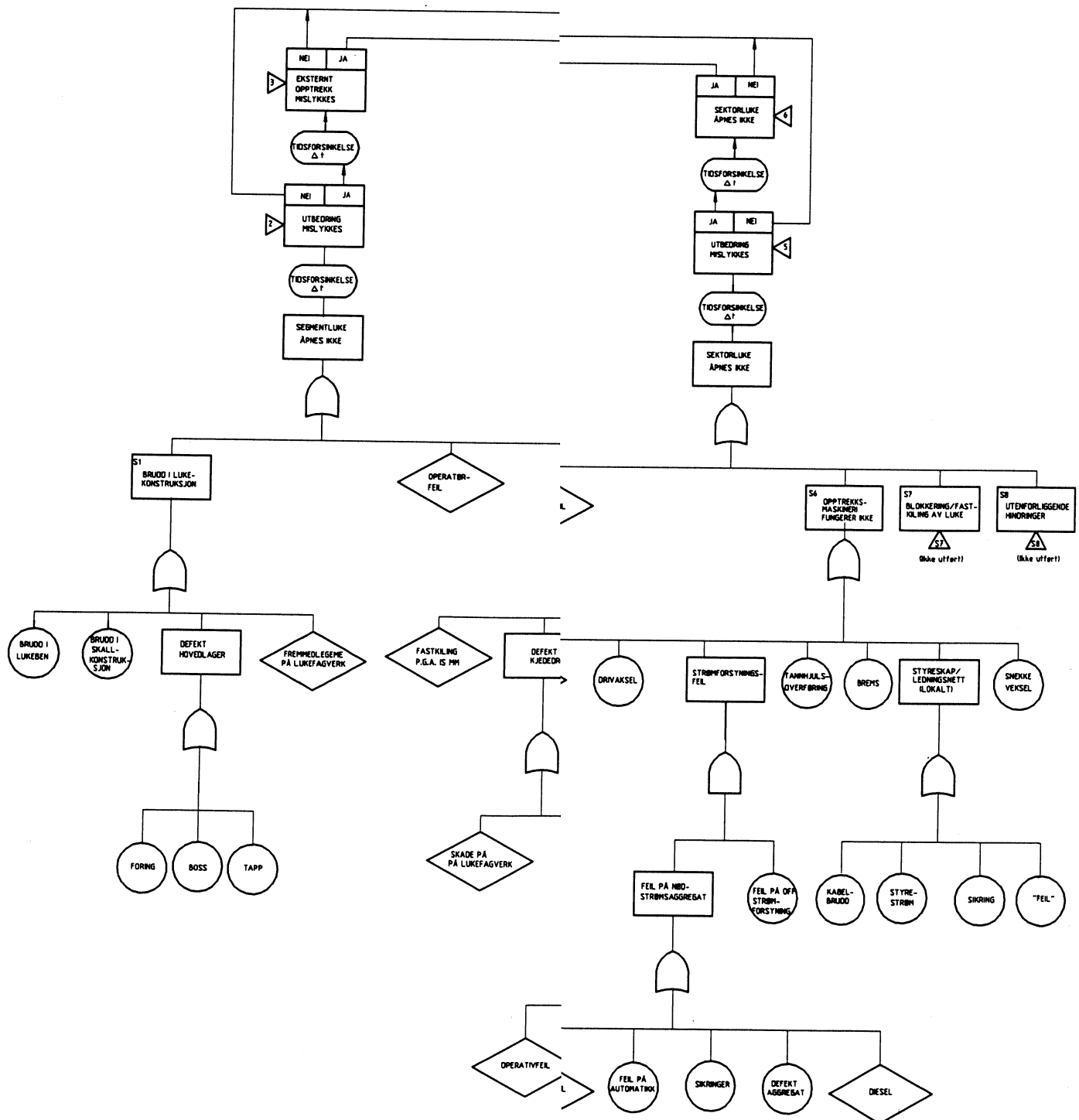
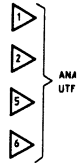


DAM 0

Sektorl
Opptre



DAM OLSTAPPEN



8 FEILSANNSYNLIGHETER, ENKELTHENDELSER OG SAMMENSATTE HENDELSER

Dam Olstappen er utrustet med en sektorluke, en segmentluke samt fast overløp. Begge lukene har elektrisk drevet maskineri og kjøres fra lukehusene.

Det finnes ingen registrering av feil eller feilstatistikk som underlag for vurdering av feilsannsynlighet. Vi har forsøkt å sette opp en rangering basert på vår erfaring. Generelt vil vi bemerke at det er stor forskjell blant de forskjellige leverandører når det gjelder utførelsen av de forskjellige komponenter som inngår i en lukekonstruksjon. Vår vurdering er generell for den angitte luketype og ikke spesielt for lukene på dam Olstappen.

8.1 Sektorluke

Lukehuset anses tilgjengelig helt til dammens bruddvannstand nåes.

8.1.1 Brudd i lukekonstruksjonen

Rangering av feil.

1. Defekte lukelager
2. Brudd i nedre fagverk
3. Brudd i lang aksel

8.1.2 Opptrekksmaskineri fungerer ikke

1. Kjedebrudd/stangbrudd
 - a) Kjede/stang
 - b) Reguleringsluke i sump
2. Brudd i snekkeveksel
3. Brudd i drivaksel
4. Tannhjulsoverføring
5. Strømforsyningsfeil
 - a) Fasefeil
 - b) Nettfeil
 - c) Sikringer
 - d) Aggregat defekt
 - I) Manglende drivstoff
 - II) Startvansker

8.1.3 Blokkering/fastkiling

1. Fastkiling
 - a) Trangere lukeløp pga. utpressede sideføringer
 - b) Fremmedlegemer
2. Blokkering grunnet ansamling i lukesump

8.1.4 Oppsummering av feil ved manøvrering av sektorluke

På sektorluken ved Olstappen vil opptreksstengene være spesielt utsatt så lenge vann renner over luken (flomsituasjon). Vi tror opptreksstengene er det svakeste punktet. Dernest følger feil med snekkeveksel/drivaksel og strømforsyning.

8.2 Segmentluke

Segmentlukehuset på dam Olstappen anses å være tilgjengelig selv ved vannstander opp mot bruddvannstand. Luken har elektrisk drevet opptrekksmaskineri.

8.2.1 Brudd i lukekonstruksjonen

Rangering av feil.

1. Defekte lukelager
 - a) Foringer rives pga. manglende smøring
 - b) Deformasjoner i tapp/boss
2. Brudd i lukeben
Mest utsatt er innfesting til lagerboss.
3. Brudd i frontplate/hovedbærer
 - a) Korrosjonsskade
 - b) Fremmedlegeme

8.2.2 Opptrekksmaskineri fungerer ikke

1. Kjedebrudd
 - a) Spesielt utsatt er kjede under vann samt feste til lukefront.
 - b) Kjedet kjøres ut (gal fase)
2. Brudd i kjedekasse
 - a) Skjer ofte i forbindelse med manøvrering til full åpning. Den delen av kjedet som har stått i vann er blitt stivt (fastkorrodert), entrer da kjedekasse og sprenger denne i stykker.
 - b) Fremmedlegemer trekkes inn i kjedekassen. F.eks. is fastfrosset på kjede.
3. Brudd i snekkeveksel
4. Strømforsyningsfeil
 - a) Fasefeil
 - b) Nettfeil
 - c) Sikringer
 - d) Aggregat
 - I) Manglende drivstoff
 - II) Startvansker
5. Akselbrudd
6. Defekt brems
7. Drev/tannhjul

8.2.3 **Blokkering - fastkiling av luke**

1. Fastfrysing i is
2. Fremmedlegemer

8.2.4 **Fjernstyring av luken**

I dag kjøres segmentluken fra lukehuset, men det kan være aktuelt å fjernstyre luken. Hvilke feil kan da oppstå?

For å kunne fjernstyre luken må en ha utstyr for registrering av vannstands nivå, lukestyring samt overføring av signaler. Det finnes et ganske stort utvalg av givere og systemer. Det forskjellige utstyret har sine sterke og svake sider. Her er en del årsaker til feilmanøvrering ved fjernstyring.

1. Vannstandsgiver viser gal vannstand
2. Lukestillingsviser viser feil lukestilling
3. Overspenning ved tordenvær gir styreimpulser
4. Brann gir styreimpulser

8.2.5 **Oppsummering av feil ved manøvrering av segmentluke**

Det har vært registrert en del feil ved segmentluker. De fleste feilene er knyttet til kjede, kjedefeste i luke og kjedekasse, defekt snikkeveksel og ødelagte hovedlager. Is fastfrosset til kjede/luke har også medført problemer.

Feilene på kjedet skyldes ofte korrosjon. (Det er vanskelig å beskytte et svart kjede som ligger i vann). Kjedet kan bli så stivt at når det entrer drev/kjedekasse fører det til havari. Det kan være vanskelig å registrere at kjedet er stivt fordi i mange tilfeller åpnes luken sjelden opp mot full åpning. Nettopp i flom/store flommer skal luken åpnes helt. Det er ekstra kjedelig om luken skulle falle ned i en flomsituasjon.

En feil som har skjedd alt for ofte er fasefeil. Ved fjernstyring av luken kjøres kjedet ut og rett i vannet. Feilen oppstår som regel i forbindelse med et inngrep av elektriker.

Det viser seg også at påfallende mange spill er uheldige konstruert. Snikkeveksel/drivaksel har hatt havarier.

9. TILTAK

Hvilke tiltak kan iverksettes for å bedre manøvreringsikkerheten til segment- og sektorluke?

9.1 Tilgjengelighet

Adkomstmulighet til dammens søndre side i ekstreme situasjoner bør analyseres. (F.eks. dersom broen nedstrøms for dammen havarerer.) Det synes som om adkomsten på selve dammen er relativt sikker for vannstander opp mot bruddvannstand.

9.2 Kommunikasjon

Dagens kommunikasjonssystem synes å være godt utbygget. Hva om sentralen på Olstappen blir revet ned av vannmassene?

9.3 Dokumentasjon. Manøvreringsreglement

Det bør foreligge en mappe med fullstendig teknisk dokumentasjon i sektorlukehuset.

Det bør utarbeides en egen instruks for damvokter ved store flommer.

9.4 Reservedeler og hjelpeutstyr

Det bør oppbevares et utvalg av reservedeler og hjelpeutstyr i lukehusene eller på et sikkert sted ved søndre damavslutning.

Slikt utstyr kan være:

- Batteri, sikringer etc.
- Nødopptrekk for segmentluke
- Utstyr for å kappe opptreksstenger til sektorluke
- Reservedeler for kommunikasjon

9.5 Øvelse av mannskaper

Det bør være årlige øvelser spesielt med hensyn til ekstreme situasjoner. Øvelsen bør omfatte generell gjennomgang av mulige feilkilder, rutine for kapping/ødeleggelse av sertorlukens opptreksstang, nødopptrekk for segmentluke.

Erfaring fra øvelsene bør ivaretas i egen instruks.

10. DRØFTING AV ANALYSEN

Funksjonssikkerheten for segment- og sektorluke ved dam Olstappen er analysert. Feil/problemer som kan oppstå ved lukemanøvrering er relativt grundig analysert. Selv om analysen er gjennomført for dam Olstappen, er den ment å være generell.

Dersom analysen skal benyttes som grunnlag for tiltak for øket funksjonssikkerhet ved dam Olstappen, må dameieren involveres i større grad med sine detaljkunnskaper vedrørende driftserfaringer og lokalkjennskap.

Sandvika 25. mai 1992

Berdal Strømme a.s.


Alf Sveen

23506/R11104.ASV/BR