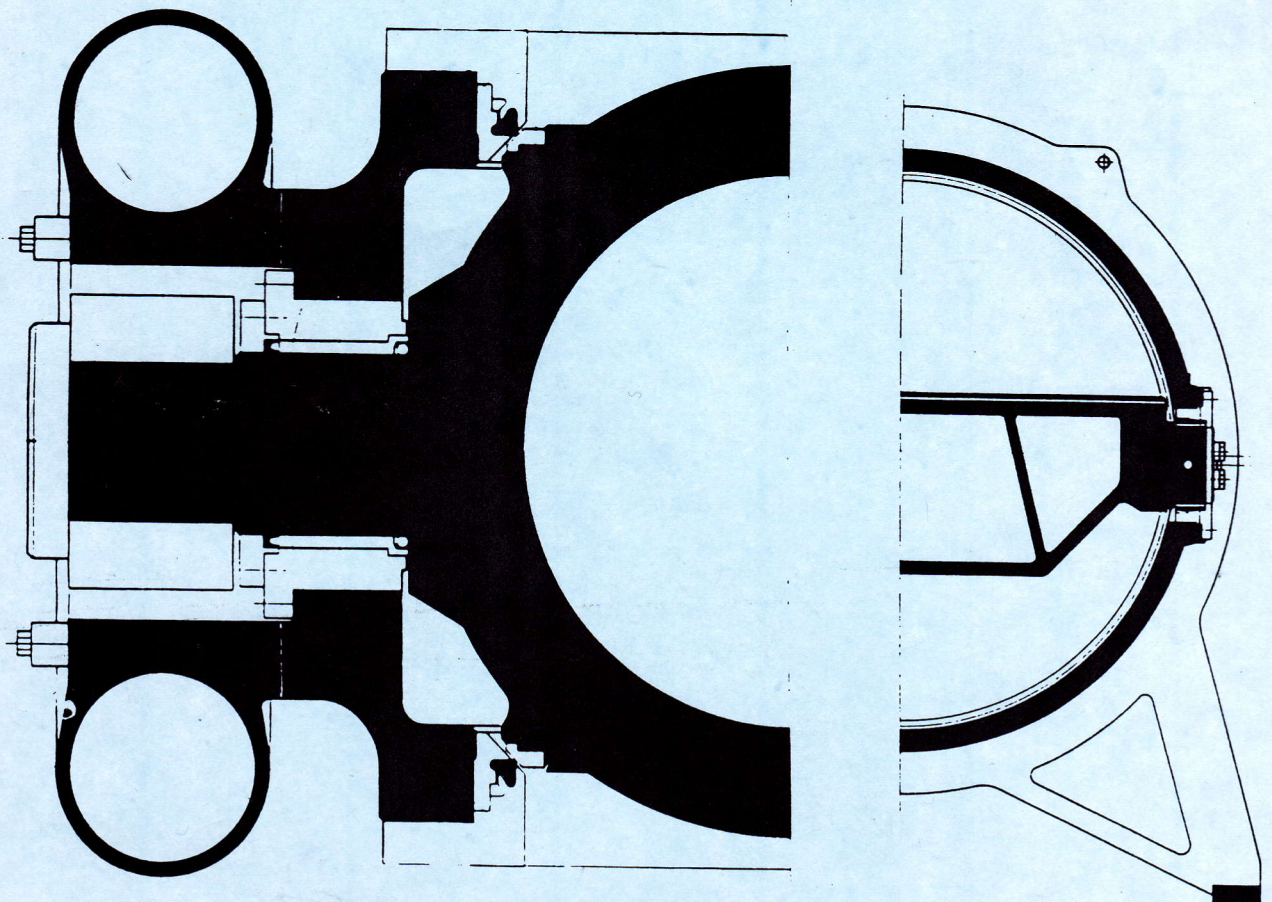


INTERNKURS 4 OG 5/12 - 90

**VÅRE VENTILTYPER :
KARAKTERISTIKA, BRUKSOMRÅDER
OG TETNINGSPROBLEMATIKK**



FORELESNINGSNOTATER

PER ERIK NEVJEN , KEO

2 VENTILER

2.1 Innledning

Generelt sett er enhver ventils oppgave å stenge av eller åpne for en væskestrøm i rør. Alt avhengig av dimensjoner, belastninger, funksjon- og sikkerhetskrav og pris velges den mest hensiktsmessige ventiltype til det gitte formål. Det finnes utallige typer ventiler, men de mest aktuelle i vannkraftsammenheng er kuleventiler, spjeldventiler, sluseventiler og ringventiler.

Fig. 2.1-1 er en prinsippskisse av de fire typer.

Hvis vi stopper opp litt og ser på den utviklingen som har funnet sted, laget Kværner Brug opprinnelig bare spjeldventiler og sluseventiler. Spjeldventiler var for moderate trykk opptil ca. 100 m.V.S. Sluseventilene dekket trykkområdet over 100 m.V.S. Sluseventilene hadde imidlertid noen mangler. Det var et visst tap over ventilen som begrenset vannhastigheten gjennom den. Byggelengden var forholdsvis stor, ca. 2,5 x diameteren, og høyden enda større, ca. 4-5 x diameteren.

Konstruksjonen ga en viss slitasje av tetningsflaten, da slusen gled mot denne det siste stykket før stengning og idet den åpnet. Selve ventilhuset måtte støpes på grunn av den kompliserte formen. Av denne grunn ble kuleventilen utviklet, og Kværners første kuleventiler ble levert til A/S Kvænangen kraftverk i 1964.

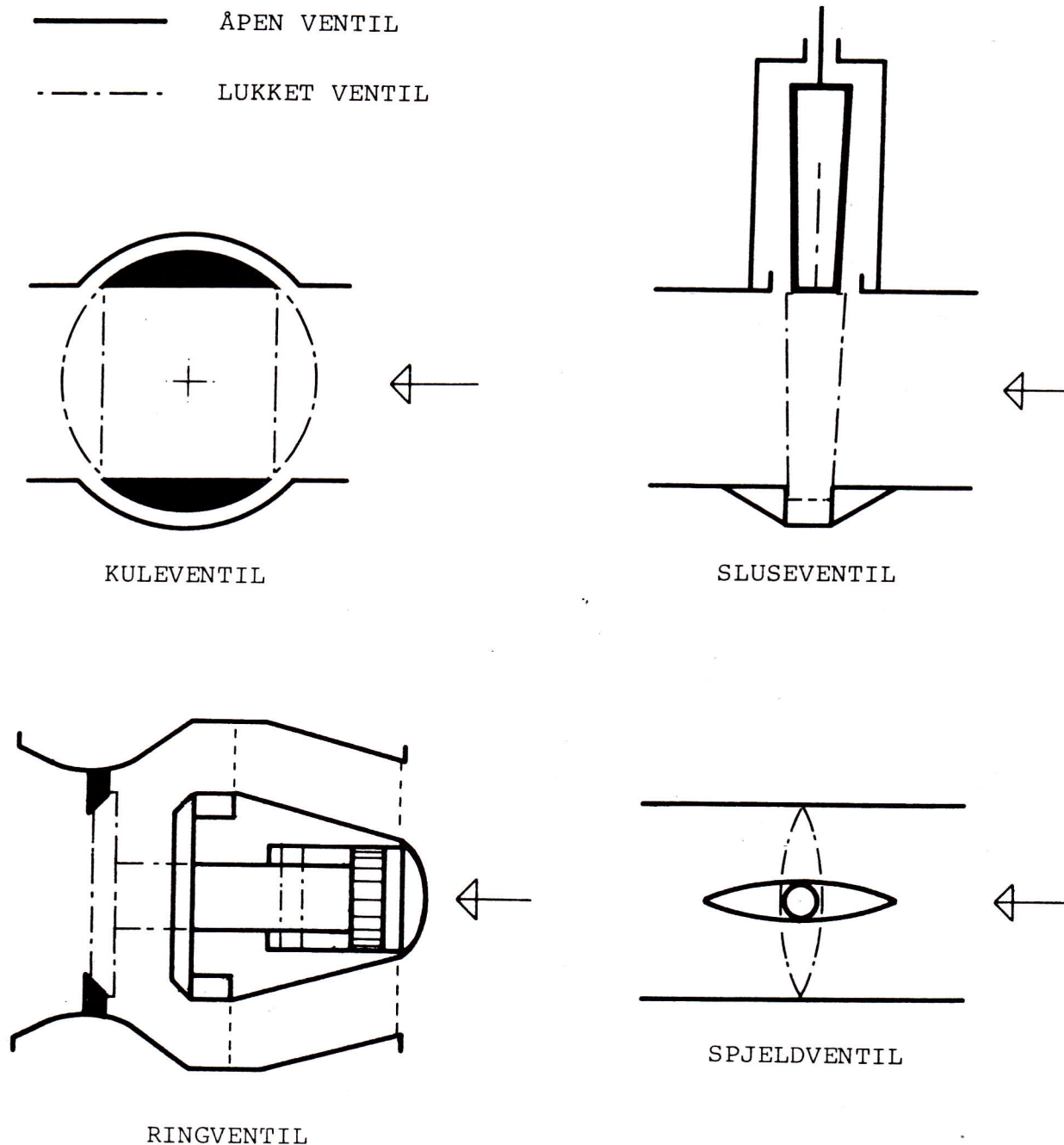


Fig. 2.1-1 Prinsippskisse av ventiler

Idag har kuleventiler helt overtatt for sluseventiler som avstengningsventiler foran turbinen. Kuleventilen er dyrere, men den har mindre tap.

For mindre dimensjoner ($\varnothing$ 100 mm - $\varnothing$ 300 mm) brukes fremdeles sluseventiler. Dette er standard-ventiler som også brukes som revisjonsventiler for omløp og samtappeventiler.

I forbindelse med nedtapping av dammer og som omløp for kraftstasjoner har det meldt seg et behov for tappearrangementer egnet for dette. Spjeldventiler ble tidligere levert som tappeventiler for lave trykk. Under åpning og stengning og under tapping i mellomstilling har en spjeldventil et ugunstig strømningsforløp med avbøyning av vannstrømmen. For større trykk er det heller ikke praktisk å lage spjeldventiler. Ringventiler er en utførelse egnet for såvel store som små trykk, de gir et strømningsforløp symmetrisk om røraksen for enhver åpning, og i 1968 ble Kværners første ringventil beregnet for kontinuerlig tapping, levert. Det var en 1 500 mm diameter ventil for 85 mVS trykk.

Nedenfor følger en kort beskrivelse av hver ventiltipe.

2.2 De forskjellige ventiltyper

2.2.1 Spjeldventil

En spjeldventil (se fig. 2.2-1, 2.2-2) består i hovedtrekk av et rundt spjeld med aksel som roterer om en akse vinkelrett på røraksen, en ventilring og en manøvreringsmekanisme som vi heretter skal kalle pådrag.

Felles for de fleste spjeldventiler er at de er utstyrt med et lodd med loddarm. For mindre ventiler er loddmomentet tilstrekkelig til å stenge ventilen under alle forhold. Disse ventiler er egnet for vanntrykk fra begge sider. For større ventiler vil loddmomentet bare kunne stenge ventilen når det ikke går vann gjennom den.

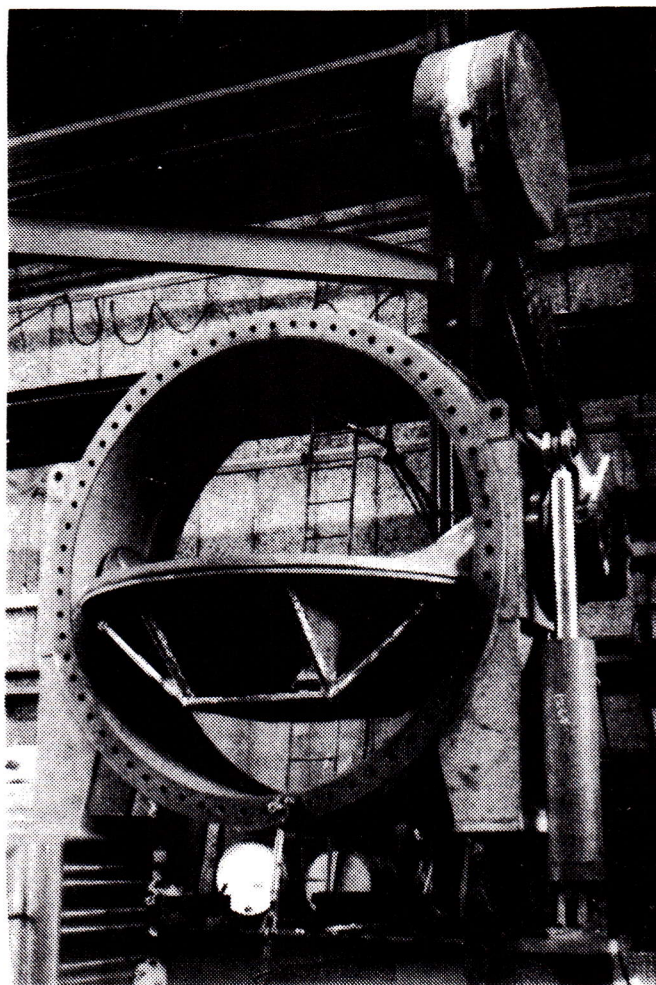


Fig. 2.2-1 Spjeldventil med pådrag på siden.

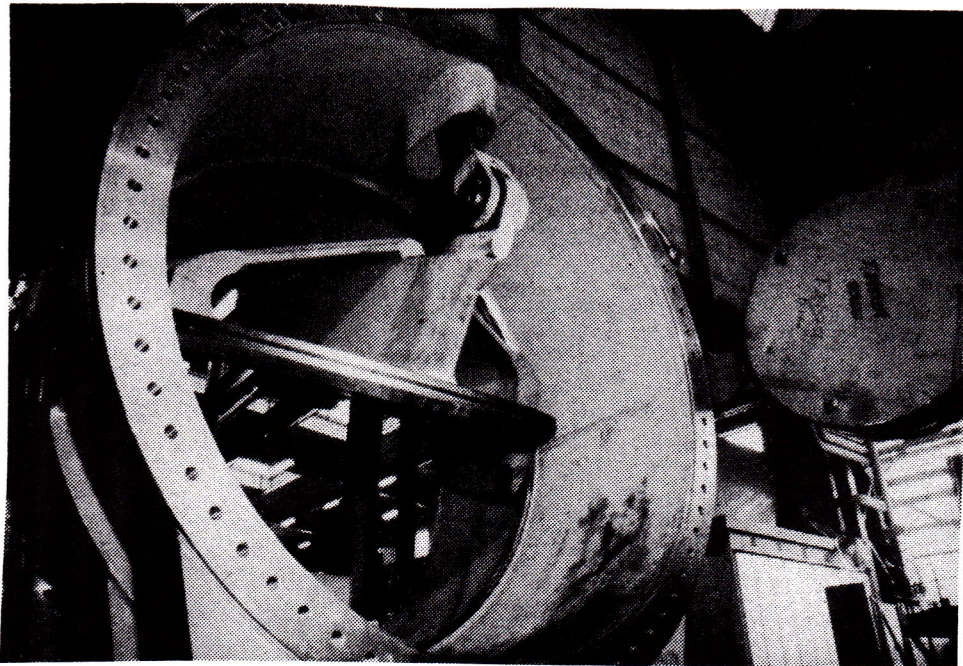


Fig. 2.2-2 Spjeldventil med pådrag på toppen.

Bruksområder

For spjeldventiler har utviklingen gått mot anvendelse for høyere trykk og større dimensjoner. Kværner Brug har levert ventiler for konstruksjonstrykk opp til 250 mVS.

Den største spjeldventil i Norge har en diameter på 5,0 m., men dette er ingen reell dimensjonsbegrensning.

Normalt vil spjeldventilen bli benyttet som avstengningsorganer i rørledninger og foran turbiner ved lave fallhøyder (ca. 200 m vannsøyle og mindre). Ved kraftverk med høye fall, brukes fra

tid til annen spjeldventiler som avstengningsorgan i tilløpstunneler og eventuelt som rørbruddsventiler.

Hovedårsaken til at spjeldventiler ikke blir benyttet ved høye trykk er at et spjeld plassert i vannstrømmen gir store tap. Av samme grunn, blir også strømningshastigheten gjennom spjeldventiler satt lavt ; 6 - 9 m/s, i forbindelse med turbinanlegg.

Ventilen er konstruert for åpning ved tilnærmet samme vanntrykk på begge sider. Foran turbiner oppnås dette ved at turbinens ledeapparat holdes stengt mens et omløpsrør fra oppstrøms til nedstrøms side av ventilen åpnes. Deretter åpnes spjeldventilen. Ved rørbruddsventiler og avstengingsventiler i tilløpstunneler settes nedstrøms rør fram til avstengningsorganet foran turbinen (oftest kuleventil) under trykk ved hjelp av et omløpsrør. Deretter åpnes spjeldventilen.

Lukking av spjeldventilene skjer vanligvis etter at vannstrømmen er avstengt. (Med ledeapparat eventuelt kuleventil). Imidlertid er spjeldventilene også konstruert for stengning ved full turbinvannføring. For rørbruddsventiler skal ventilen også tåle å lukke mot vannføringen ved rørbrudd. Denne vannføring er høyere enn turbinvannføringen. Lukking ved denne økede vannføring skjer automatisk, og ved en vannhastighet som er ca. 25 % høyere enn den ved fullast.

Utførelse

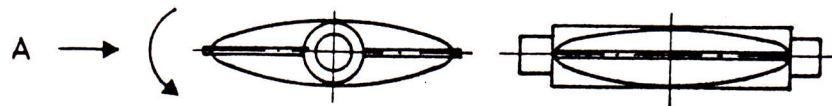
Ventilringen er sylindrisk og enten hel eller delt ilengderetningen. Dersom det er mulig, vil det være en fordel å kone ned til en mindre diameter nedstrøms som kan redusere tapet over ventilen.

Moderne lagerutførelser er selvsmørende og utført som kulebæring for å unngå kantklemming.

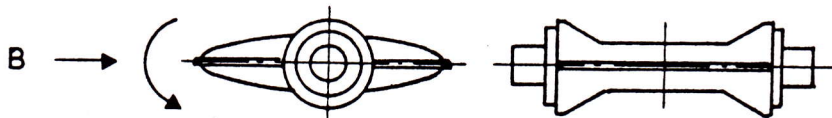
Spjeldet er en plate med 2 akseltapper for opplagring. En plan plate ville imidlertid i de fleste tilfeller være for svak til å oppta kreftene fra vannet i stengt stilling. Den ville bøye seg. Spjeldene har derfor ofte vært utført støpt med linseformet fasong og innvendige ribber. I det senere har man begynt å utforme spjeldet som en plate med en såkalt brokonstruksjon for oppstiving. Spjeldet er da ofte oppsveist av plater med innsveiste boss med akseltapper for opplagring. En slik konstruksjon kan også støpes hel. Akseltappene er forskjøvet på oppstrøms side av spjeldplata når spjeldet står stengt. Dermed kan tetningen som spjeldet danner mot ventilringen, utformes som en hel ring uten avbrudd ved lagrene. Dette gjør ventilen vesentlig lettere å få

tett. Spjeldets akseltapper er også forskjøvet noe under eventuelt over senter i ventilringen. Dette kalles spjeldventilens eksentrisitet.

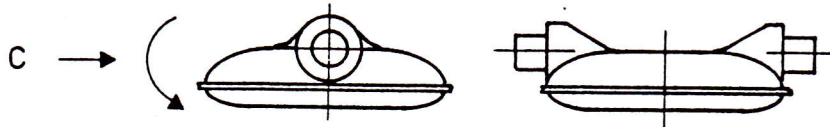
Forskjellige utforminger av spjeld er vist i fig. 2.2-3.



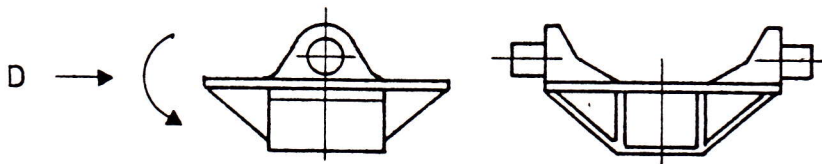
Gjennomgående aksel.
Spjeldet bør ha en viss tykkelse på midten for å gi plass til akselen. Ikke sammenhengende tetning.



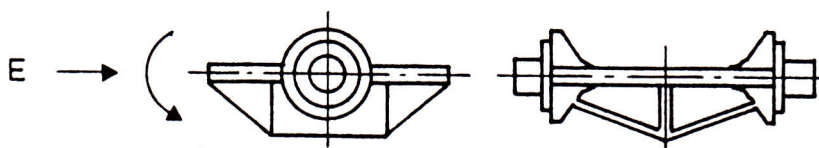
Løse tapper med stort boss og slankere på midten. Ikke sammenhengende tetning, hel ventilring.



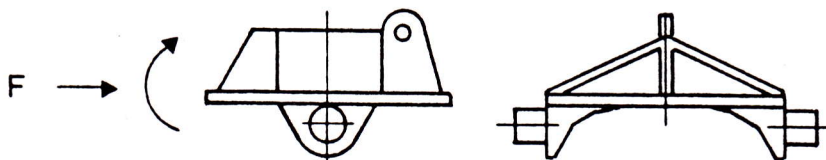
Dråpetette spjeld med hel tetning, men med noe større tap enn 1 og 2. Kløvd ventilring.



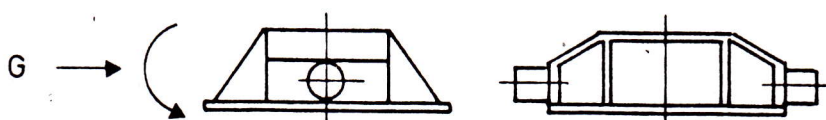
Dråpetette spjeld med forholdsvis små tap. Kløvd ventilring.



Spjeld med løse tapper. Ikke sammenhengende tetning. Hel ventilring.



Spjeld med løse tapper og sammenhengende tetning. Hel ventilring.



Spjeld med faste tapper og hel tetning. Kløvd ventilring. Spjeldet kan bygges for forholdsvis store trykk.

Fig. 2.2-3 De forskjellige spjeldtyper.

Fig. 2.2-3 - D, E, F og G viser spjeld oppsveist i brokonstruksjon, mens de øvrige er støpt.

For utførelsene A, B og E blir tetningsflatene brutt av akseltappene, og her er det vanskelig å unngå en viss lekkasje når ventilen er stengt. Utførelse D, F og G er de som Kværner Brug normalt produserer, og disse har en gummitetning som løper helt rundt og er dråpetette.

2.2.2 Kuleventil

En kuleventil (se fig. 2.1-5 og 2.1-6) har et lukkeorgan (dreielegeme) som blir dreid om en akse vinkelrett på strømreringen. Det som skiller den ut fra andre ventiler er at den har et glatt og sylindrisk gjennomløp som flukter med innløp og avløpstilslutninger.

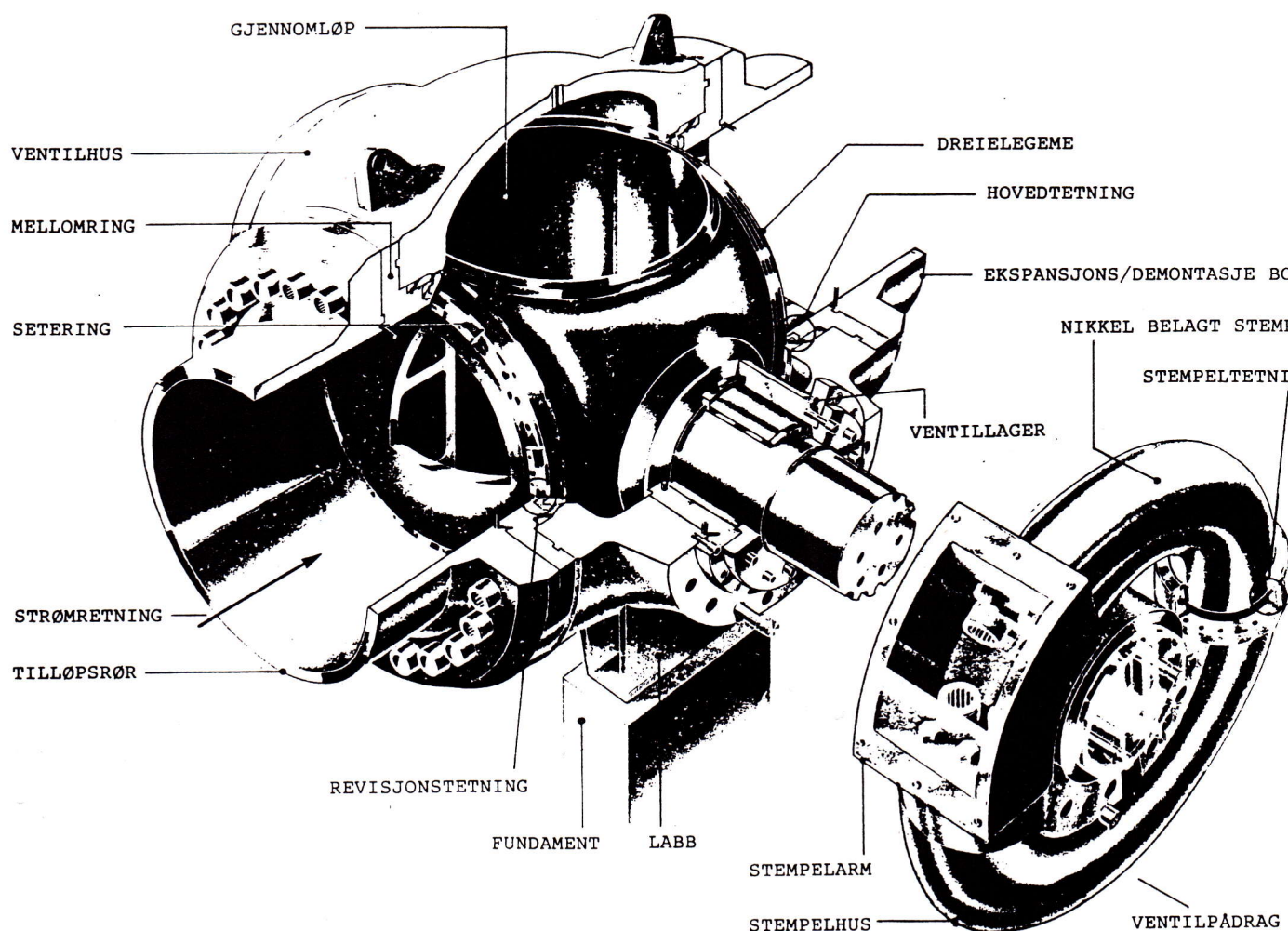


Fig. 2.1-5 Kuleventil med hovedkomponenter

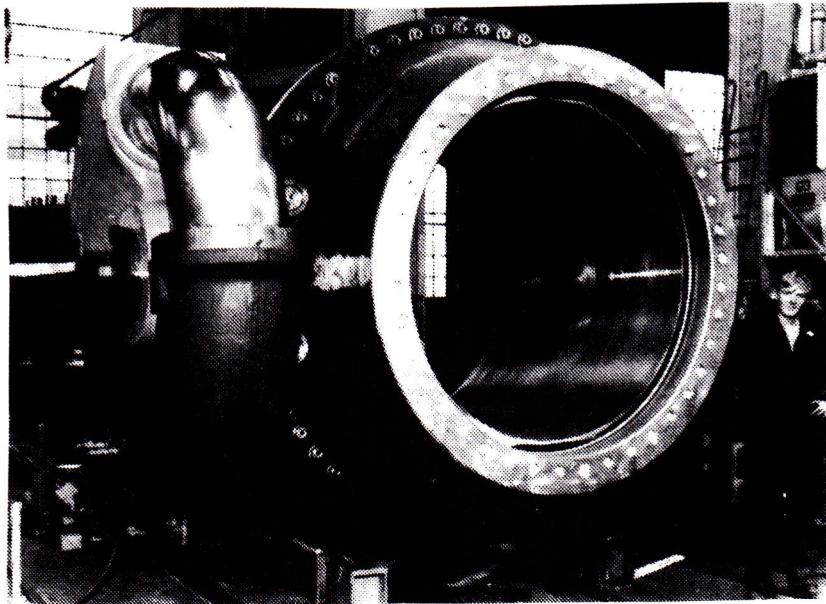


Fig. 2.2-6 Kuleventil i åpen stilling

Bruksområder

Kuleventilen kan brukes til følgende formål:

- i Oppstrøms avstengningsorgan for turbiner.
- ii Nedstrøms avstengningsorgan for turbiner. (Ved dykkede turbiner.)
- iii Rørbruddsventil.
- iv Vannmengderegulering for turbiner med fast ledeapparat (uten regulator).

Imidlertid er det først og fremst som avstengningsorgan foran francis- og pelton-turbiner kuleventilen er brukt, der det er middels høyt og høyt trykk. Ved denne bruk er hovedhensikten til enhver tid å kunne stenge av vannstrømmen slik at turbinen blir trykkløs. Ventilen skal være så tett og sikres på en slik måte at turbinen kan inspiseres og eventuelt vedlikehold og reparasjoner kan utføres uten fare for personell. Den største kuleventil som er levert i Norge har en diameter på 2,7 meter, men dimensjonsgrensen ligger adskillig høyere.

Kuleventilen har små tap sammenlignet med andre ventiler. Tapet er omtrent som tapet i en tilsvarende rørlengde. Av denne grunn vil man kunne benytte høye vannhastigheter gjennom dem. Den praktiske grense for hvilken hastighet man velger blir som regel gitt av spiraltrommens/ringledningens innløpstverrsnitt og er 10-15 m/s. Ventilens begrensning vil ligge på ca. 20 m/s. KB's kuleventiler dekker idag et trykkområde fra 160 mVS til 1 250 mVS.

Utførelse

Dreielegetet består av et kule/rørformet legeme med to diametralt beliggende akseltapper (se fig. 2.2-7). Tappene er horisontalt opplagret i ventilhuset og under åpning og lukking av ventilen dreier dreielegetet om disse. Fra åpen til stengt stilling er dreiningen 90°.

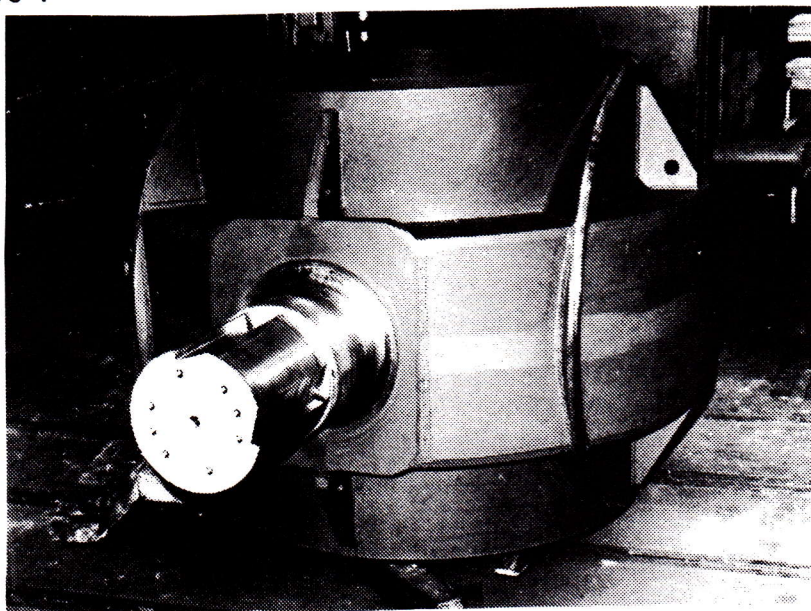


Fig. 2.2-7 Dreielegetet

Gjennomløpet er maskinert i hele sin lengde og er ved tilpasning sikret at det flukter med tilløp og avløp. Dette gir et gunstig gjennomløp og minimale hydrauliske tap gjennom ventilen. Dreielegetet er påskrudd 2 tetningsseter av rustfritt stål, ett nedstrøms for hovedtetningen og ett oppstrøms for revisjonstetningen.

Akseltappene roterer i smurte bronselagre og er utført med glatt overflate.

Ventilhuset består av to halvdeler som er sammensveist rundt ventilets dreielegetet og tjener som innbygging og opplagring for dreielegetet. Huset tjener også som kopling mellom tilløpsrør og ekspansjonsboks/demontasjeboks.

Kuleventilen vil normalt være utstyrt med to sett tetninger : Revisjonstetning, plassert oppstrøms ventilen og hovedtetning plassert nedstrøms.

Opplagerkreftene overføres gjennom oppstrøms flens til oppstrøms rør. Da flensene er innbygning for tetningene, er de foruten å være konstruert med tilstrekkelig styrke for å overføre krefter, gitt høy stivhet for å begrense deformasjoner når ventilen er stengt.

Dreielegemet er opplagret i ventilhuset med radiallyagre med foringer. Disse er innbygget i ventilhuset for å få opplagerkreftene fordelt slik at en unngår brytninger i lageret. Overgangen mellom kuleskall og endeflenser er ømfintlig for deformasjoner fordi de ligger i nærheten av tetningssetene. Av denne grunn er den utformet for å oppnå høy stivhet og styrke. Den jevne overgangen gir gunstig spenningsfordeling og små deformasjoner under belastning.

De forhold som ventilen beregnes for å stenge under, gir opphav til krefter som må overføres gjennom ventilhuset. Ventilhuset er forsynt med labber som overfører vertikalkomponenten av disse kreftene, tyngden av ventil og deler av tyngden til tilløpsrøret og ekspansjonsboks til ventilens fundamenter.

Ventilen er beregnet for å stenge mot den fulle turbinvannføringen. Under en slik stengning vil dreielegemet dels rotere av seg selv og dels måtte tvangsroteres.

På det norske markedet har det stort sett vært ønsket at vann fra trykksjakten skal benyttes som pådrags-medium. I disse tilfellene blir tvangsstyringen av dreielegemet utført av en ringformet servomotor (torus) som er festet til ventilhuset. Endel tidligere utførelser hadde sylinderpådrag (spannpådrag) som nødvendiggjorde forankring av ventilhus og pådrag til fundamenter.

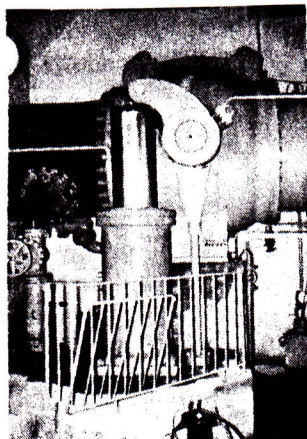


Fig. 2.2-8 Kuleventil med spannpådrag

I de tilfellene olje benyttes i styresystemet vil det ikke lenger være økonomisk forsvarlig å produsere ventilen med toruspådrag; en standard lineær sylinder vil falle langt rimeligere. Ønsket om å overføre kreftene direkte tilbake til ventilhuset vil fortsatt være tilstede, og en ny løsning for sylindermontasje er derfor lansert. Se figur 2.1-9. Manøvreringssystemet vil her bli svært likt det som ble beskrevet under spjeldventiler, men revisjonstetningen på oppstrøms side vanskeliggjør en eksentrisk opplagring slik som spjeldventilen har.

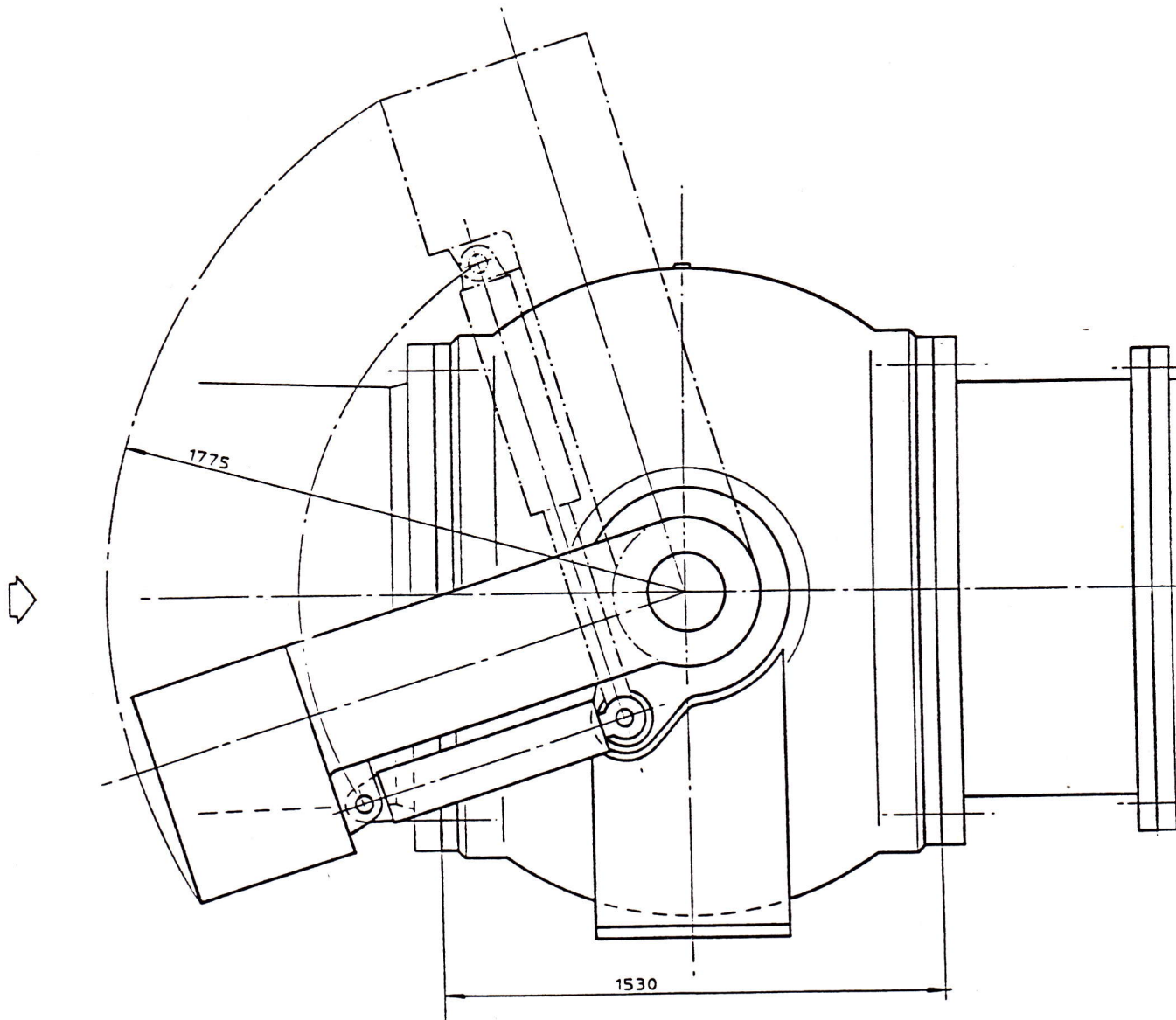


Fig. 2.2-9

Kuleventil m. oljehydraulikk og loddvekt

2.2.3 Sluseventiler

Sluseventiler (se fig. 2.2-10) for store dimensjoner produseres ikke lenger i Norge, men er fremdeles i bruk ved mange kraftanlegg.

Felles for sluseventiler er at avstengingsorganet eller slusen manøvreres rettlinjert og vinkelrett på lengdeaksen. Når ventilen skal åpnes så dras slusen unna vannveien.

Slusen manøvreres av et pådrag. Pådraget kan være for hydraulisk drift, elektrisk drift eller håndmanøvrering. For større ventiler vil det være naturlig å bruke hydraulisk drift på grunn av de store kreftene som skal overføres.

Normal hastighet for en standard sluseventil under kontinuerlig drift er ca. 10 m/sek. Ved kortvarig drift kan man tillate en betydelig større hastighet. En sluseventil bør ikke stå i mellomstilling. Den har sylindrisk tilløp og avløp, brutt av den åpningen som selve slusen trenger. På standard sluseventiler består tetningen mot ventilhuset ofte av separate seteringer skrudd inn i ventilhuset.

Selve slusen styres av sluseføringer. Når ventilen er stengt ligger slusen mot nedstrømsside som er utstyrt med en rustfri tetningsflate. Tetningsflaten på slusen er også belagt med rustfritt materiale. Når ventilen er stengt, virker vanntrykket på slusen og gir en kraft som overføres direkte til ventilsetet slik at økende vanntrykk gir økende tetningstrykk. Ventilen kan sies å være selvtettende.

Tetningsflaten ligger litt på skrå i forhold til slusens lukkeretning. Under stengning styres slusen av sluseføringer. Rett før den er stengt legger imidlertid slusen seg an mot tetningsflaten og glir det siste stykket på denne. Fordi tetningsflaten ligger noe på skrå vil slusen presses ca. 0,5 - 1 mm oppstrøms på det siste stykket.

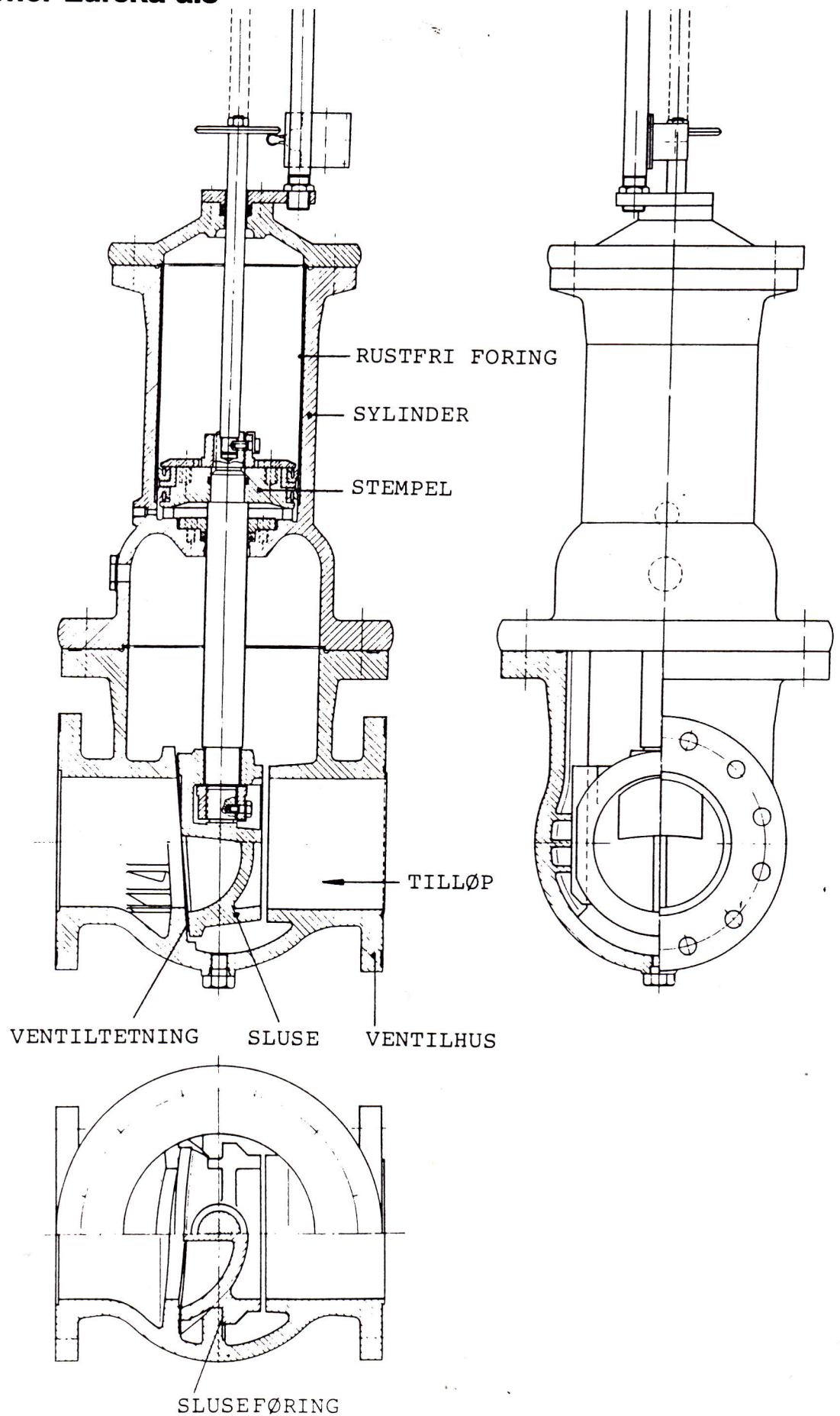


Fig. 2.2-10 Sluseventil m. dobbeltvirkende hydraulisk sylinder

2.2.4 Ringventiler

Ringventilene (se fig. 2.2-11) har et stempelformet lukkeorgan som forskyves i aksiell retning ved åpning eller lukking. Ventilhuset er formet som en utvidelse omkring lukkeorganet og danner sammen med dette et ringformet gjennomstrømnings-tverrsnitt, derav navnet ringventil. Gjennomstrømnings-tverrsnittet er ofte utformet slik at vannet akselereres noe mot avløpet.

Figuren viser en aksielt gjennomskåret ringventil. Det indre huset tjener som innbygning for lukkeorganet og er fast forbundet med det ytre ventilhus ved ribber.

Selve lukkeorganet består av et stempel med stempelstang forbundet med en sylinderdell ved hjelp av et kryss. Sylinderdelen er påbygget en rustfri tetningsring på en slik måte at den tilpasser seg seteflensen i stengt stilling, og dette gir normalt en dråpetett tetning. I tillegg er tetningskonstruksjonen utført slik at ventilen har en lukkekraft når den er stengt. Dette er av betydning dersom lukkekraften fra stemplet med stempelstang av en eller annen grunn skulle bli borte.

Mange ringventiler bruker olje for sin manøvrering, men dette fordrer et separat olje/pumpe aggregat. Skal man ha med mulighet for nødlukking vil en oljestyring fort bli mer komplisert enn en vannstyring. På den annen side er en vannstyring mer utsatt dersom vannet inneholder mye sand og slam.

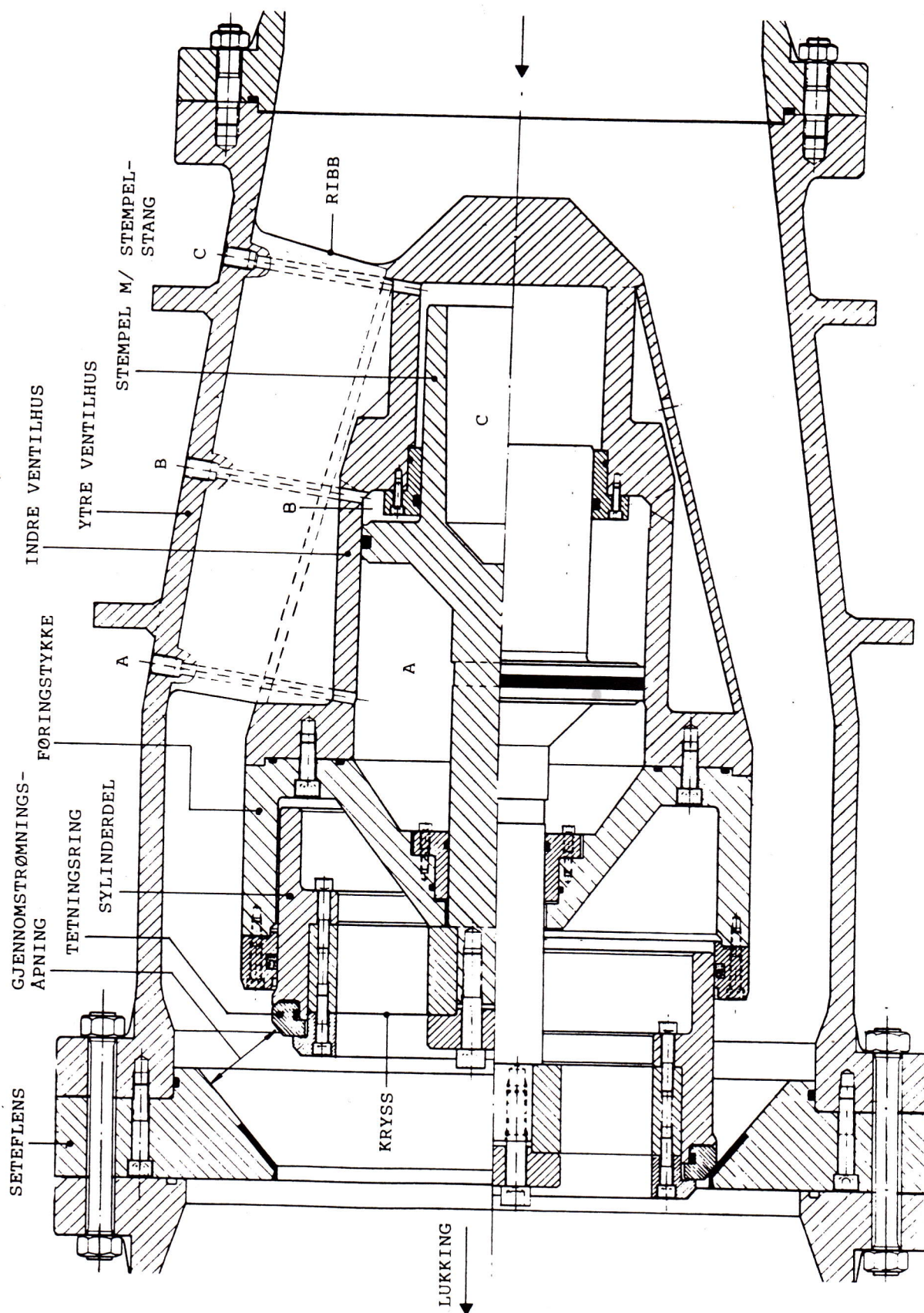


Fig. 2.2-11 Snitt av ringventil.

Til tappeventilinstallasjoner har det i en årrekke vært levert ringventiler. Et slikt tappeventilinstallasjon kan bestå av en ringventil, med en revisjonsventil oppstrøms og en trykkreduksjonssats (energidreper) nedstrøms (se fig. 2.1-12).

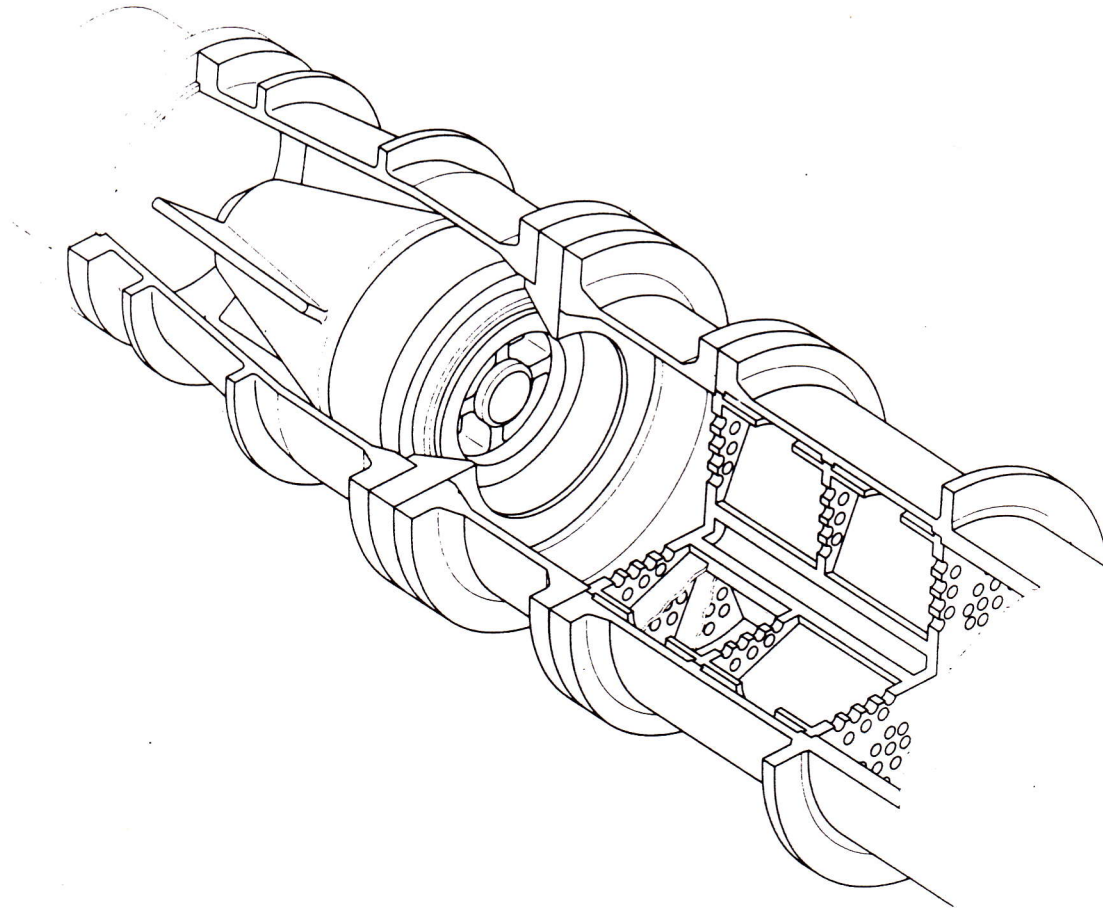


Fig. 2.2-12 Ringventil med energidreper.

Trykkreduksjonssatsen reduserer trykket i trinn og består av plater med en masse mindre hull i, koblet i serie. Hensikten med dette arrangementet er å forhindre at trykket noe sted synker så lavt at det oppstår kavitasjon. Antall trinn er bestemmende for dette. Ventil med trykkreduksjonssats er beregnet for å fungere med helt åpen ventil. Under åpning og lukking vil det derfor forekomme endel kavitasjon da en større del av trykkfallet blir over selve ventilen.

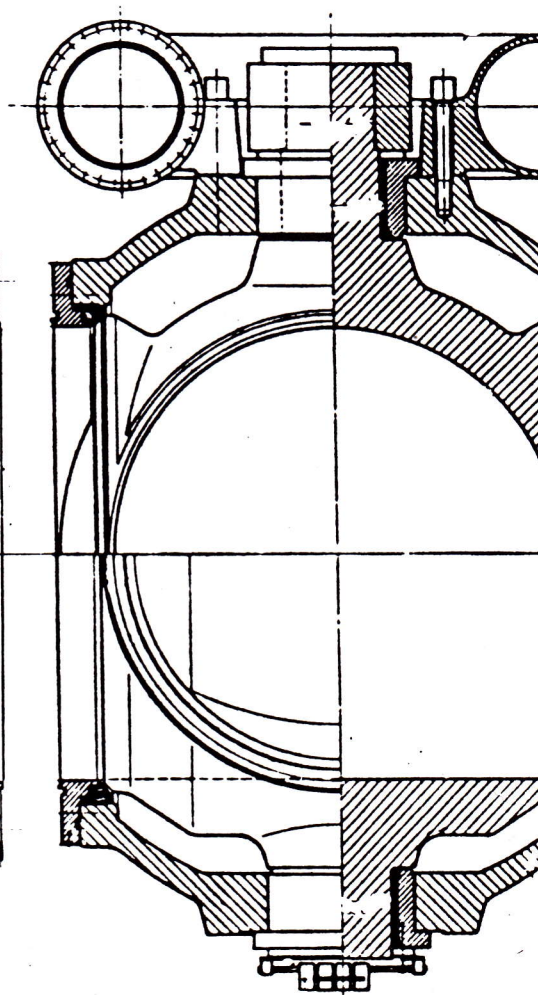
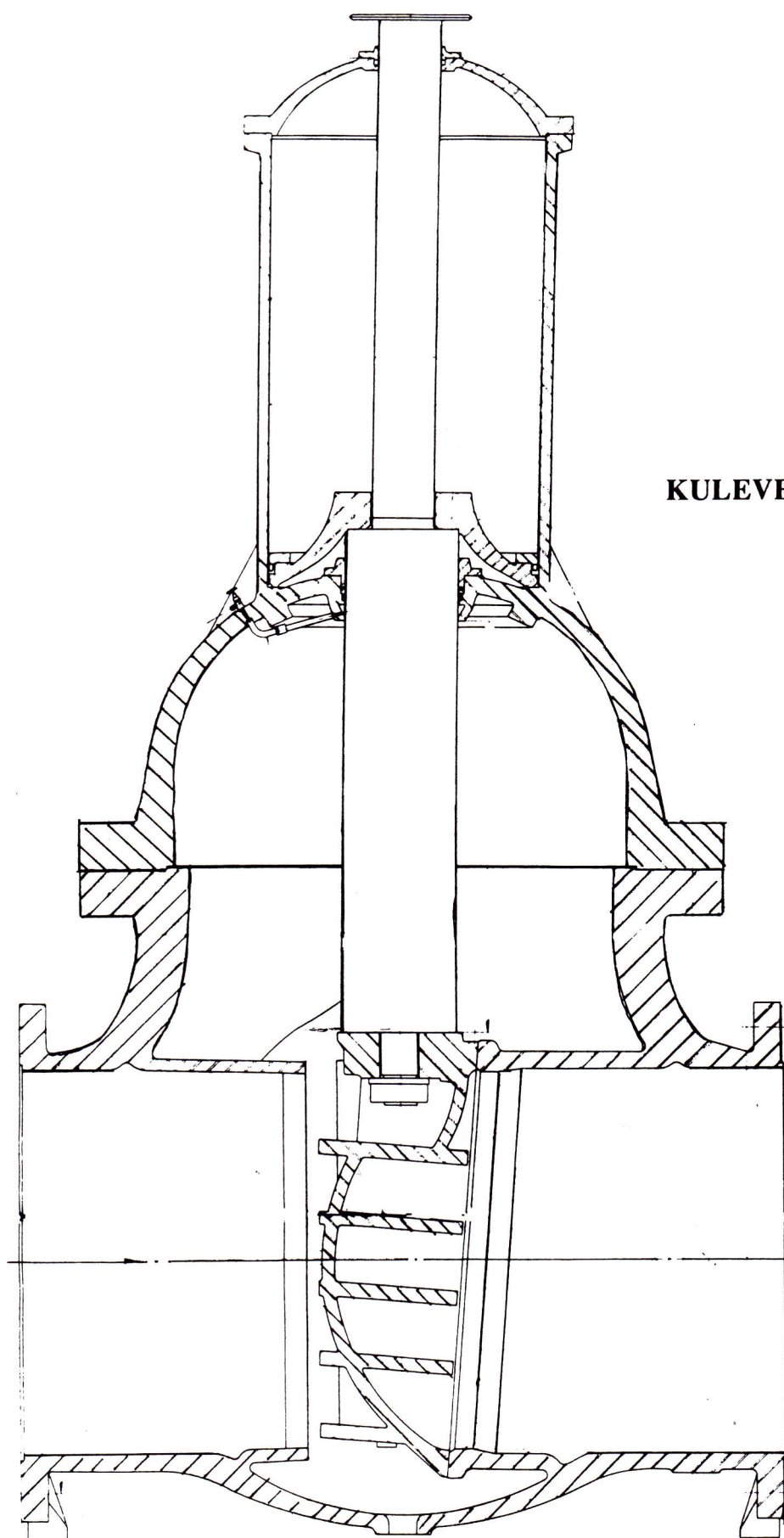
For lavere trykk mindre enn 75 meter, er det levert ringventiler uten trykkreduksjonssats. Disse er imidlertid utstyrt med mulighet for luftinnslipning i avløpet for å forhindre eller redusere kavitasjonen. Problemet med dette er å få luften inn der trykket er lavest. I praksis kan dette være vanskelig.

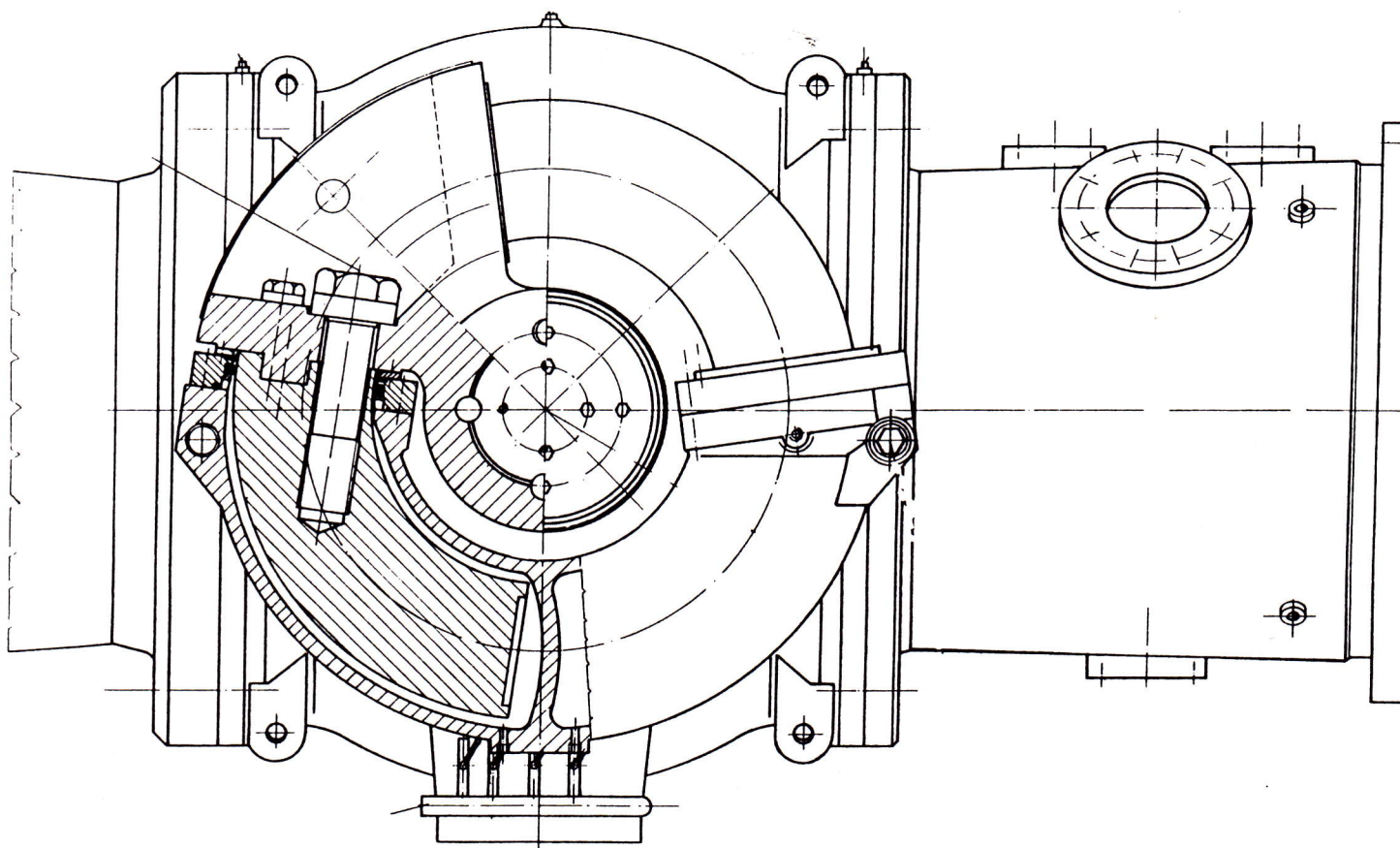
VEDLEGG

KOPI AV OVERHEADER

VENTILTYPE	FALLHØYDE (M)	DIMENSJONS- OMRÅDE (MM)	FUNKSJON(ER)
KULEVENTIL	160 - 2000	400 - 4500	- TURBIN INNLØP - REGULERING - TURBINUTLØP
SLUSEVENTIL	0 - 1500	20 - 2000	- TURBIN INNLØP - MINDRE STANDARDVENT.
RING- OG NÅLVENTILER	50 - 1500	250 - 3000	- TAPPING - FORBISLIPPING - ENERGIDREPING
SPJELDVENTIL	0 - 200	300 - 7000	- TURBIN INNLØP - RØRBRUDDSVENTIL - TAPPING

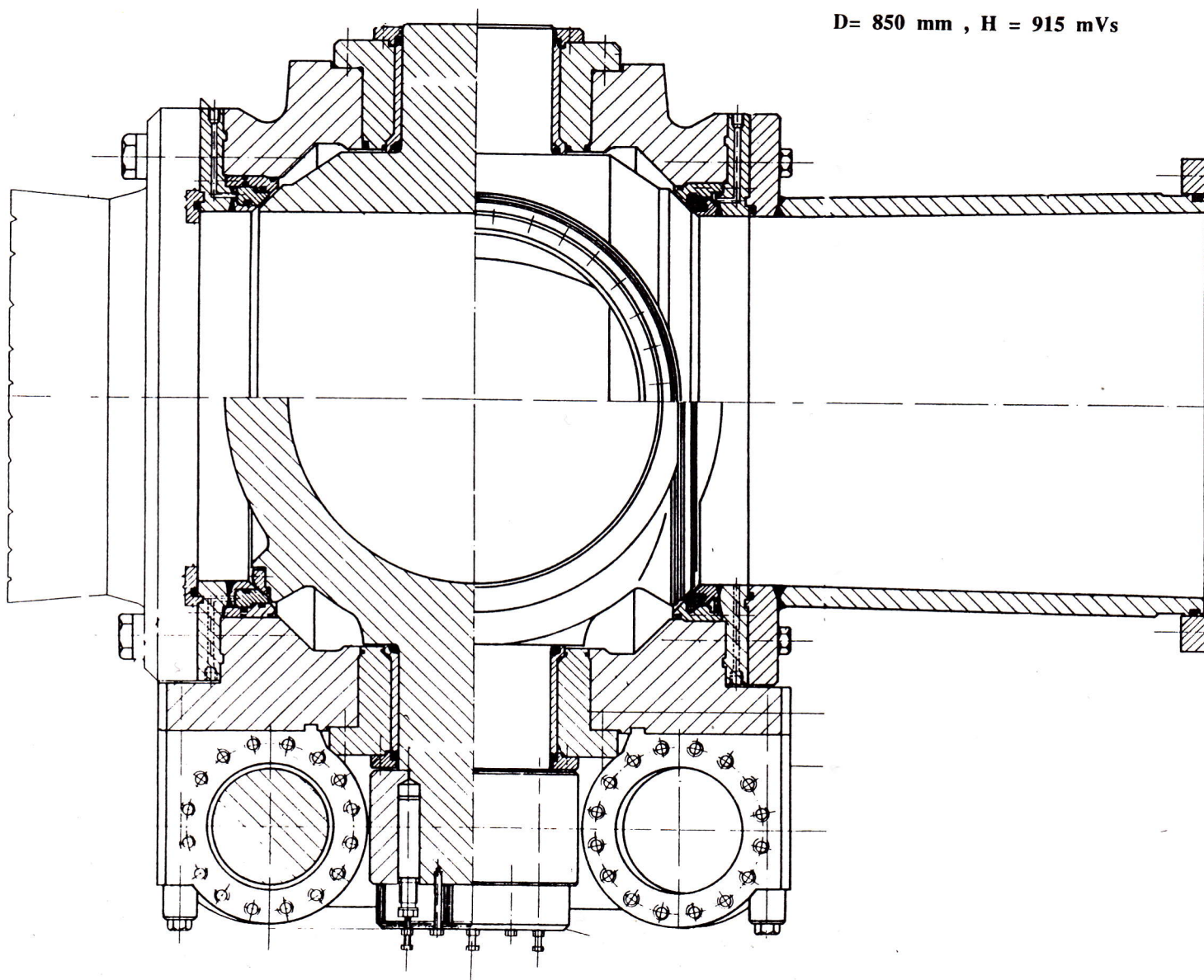
KULEVENTIL & SLUSEVENTIL Ø1700

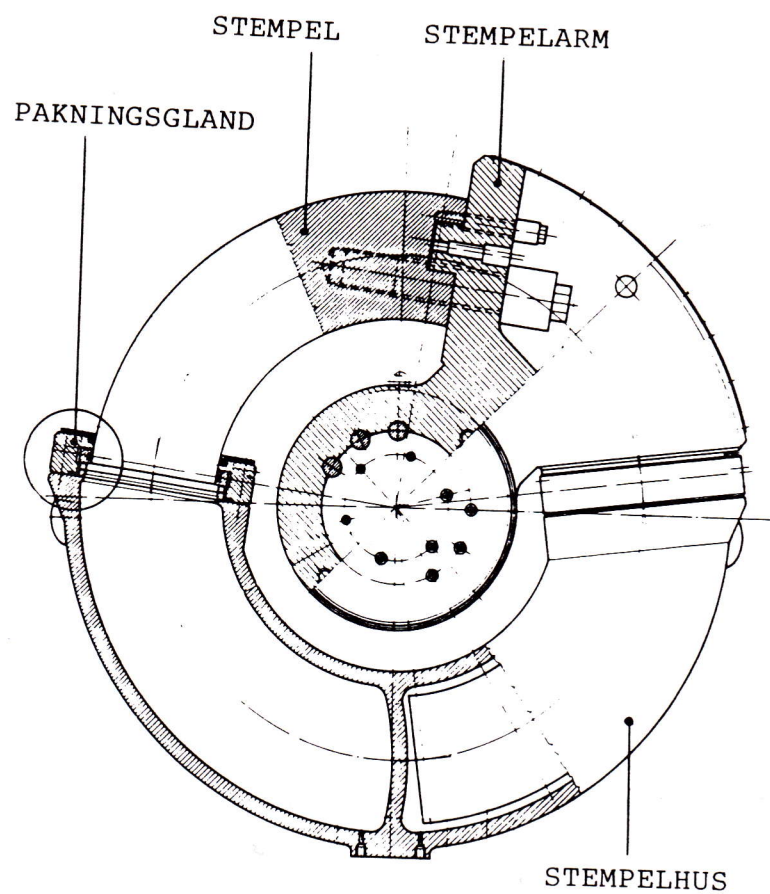




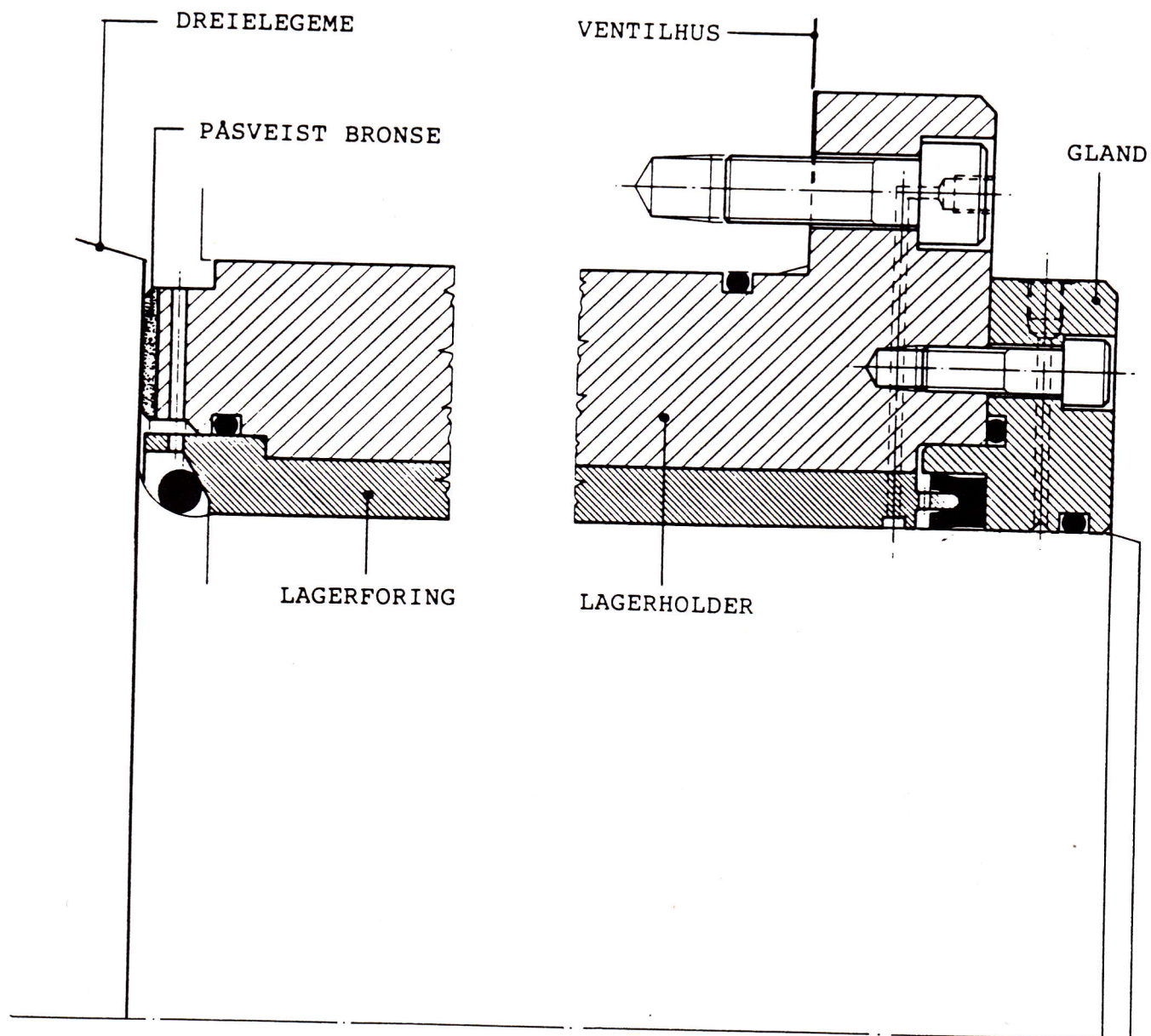
TRADISJONELL KULEVENTIL

D= 850 mm , H = 915 mVs

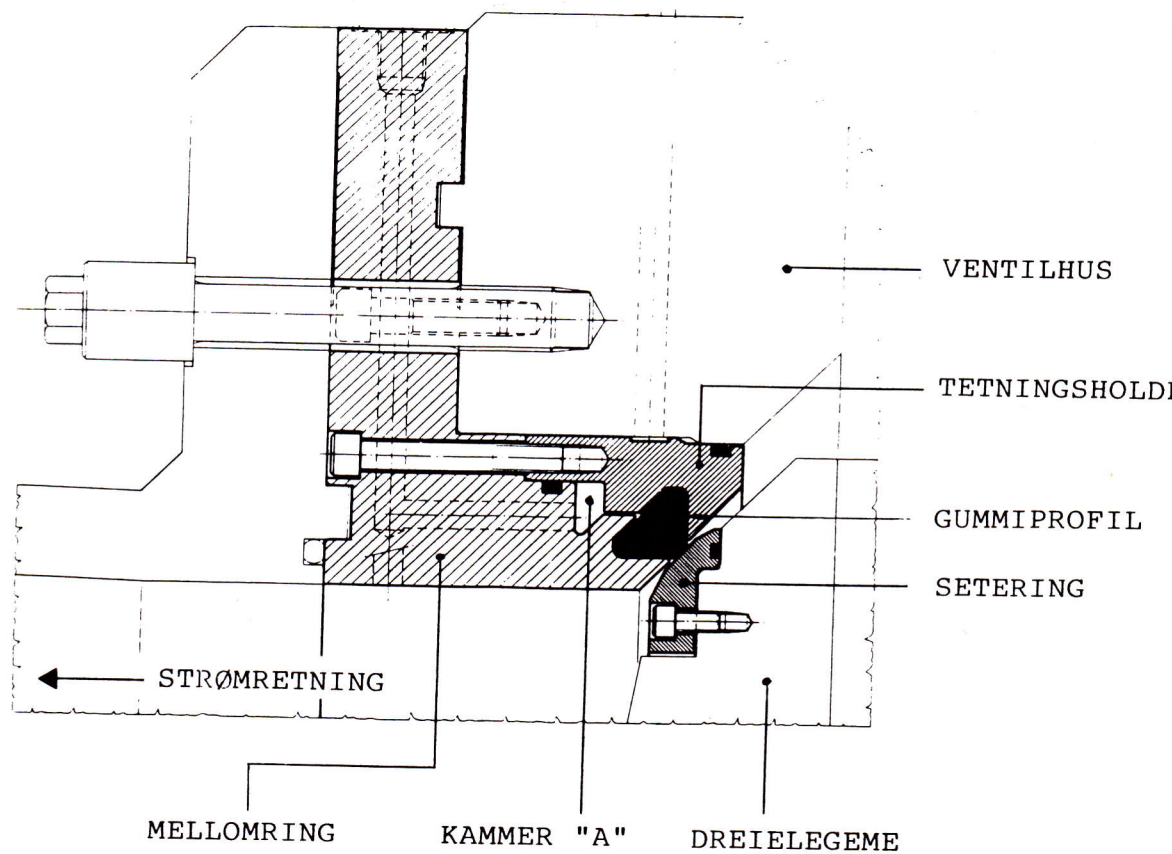




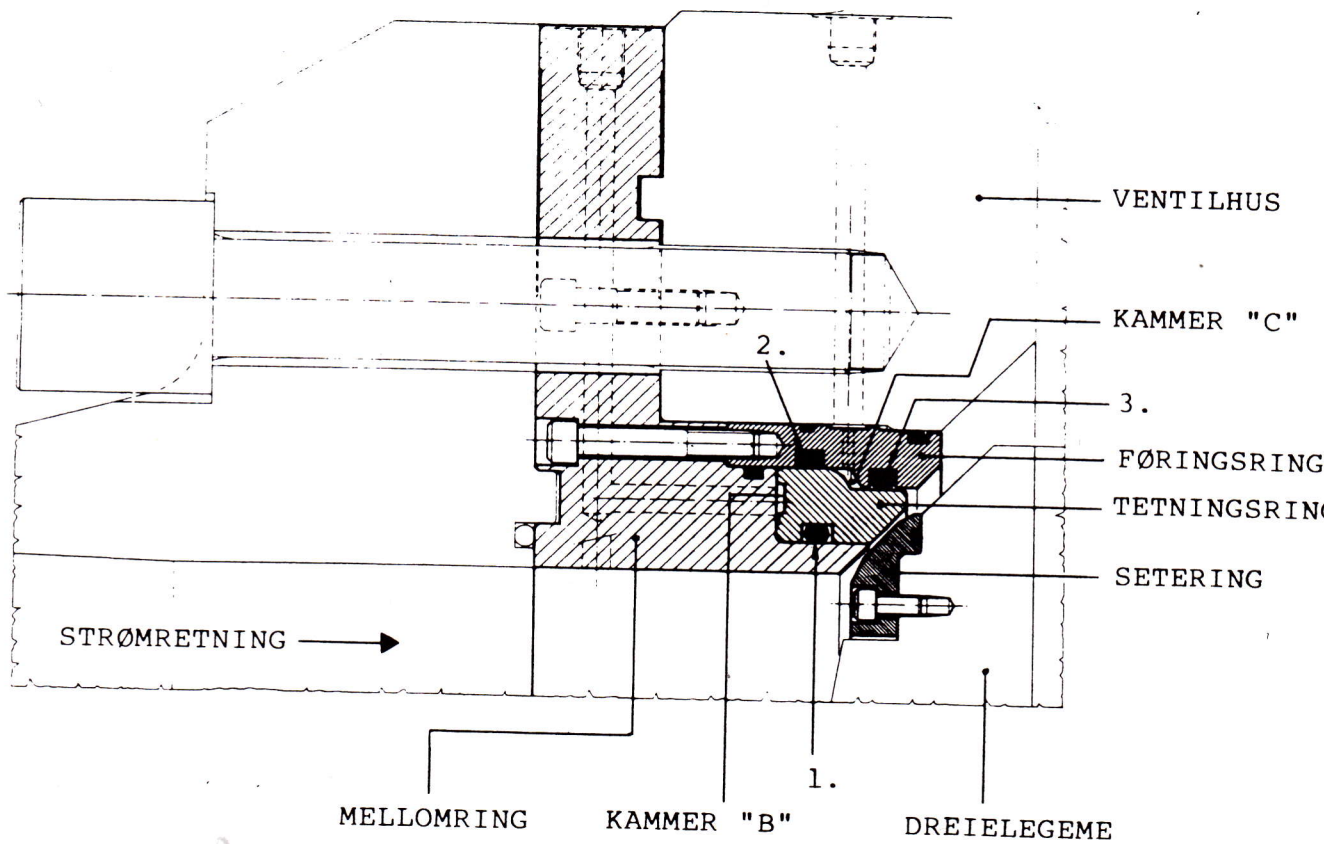
KULEVENTIL, TORUSPÅDRAG



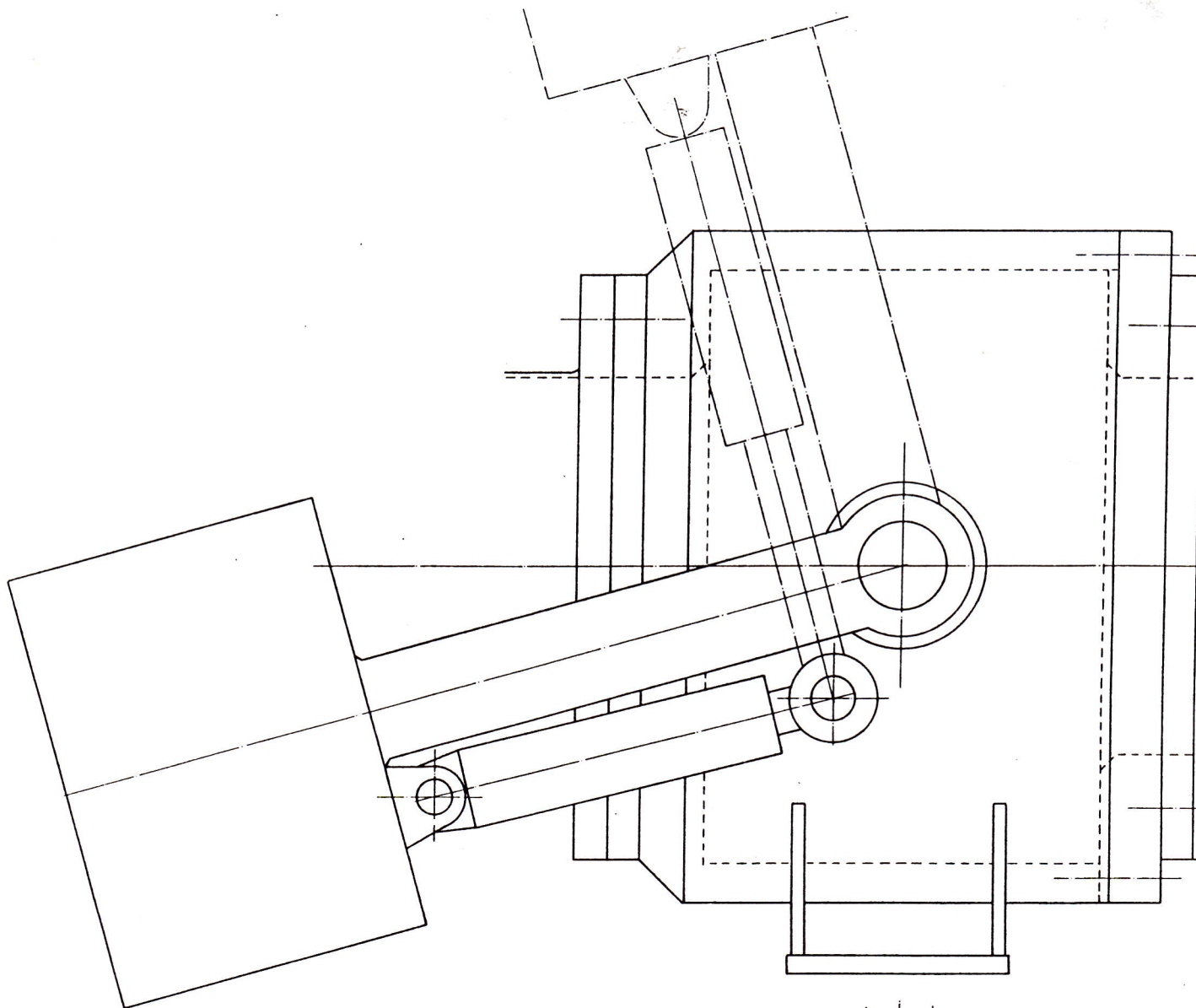
KULEVENTIL, LAGER



KULEVENTIL, HOVEDTETNING

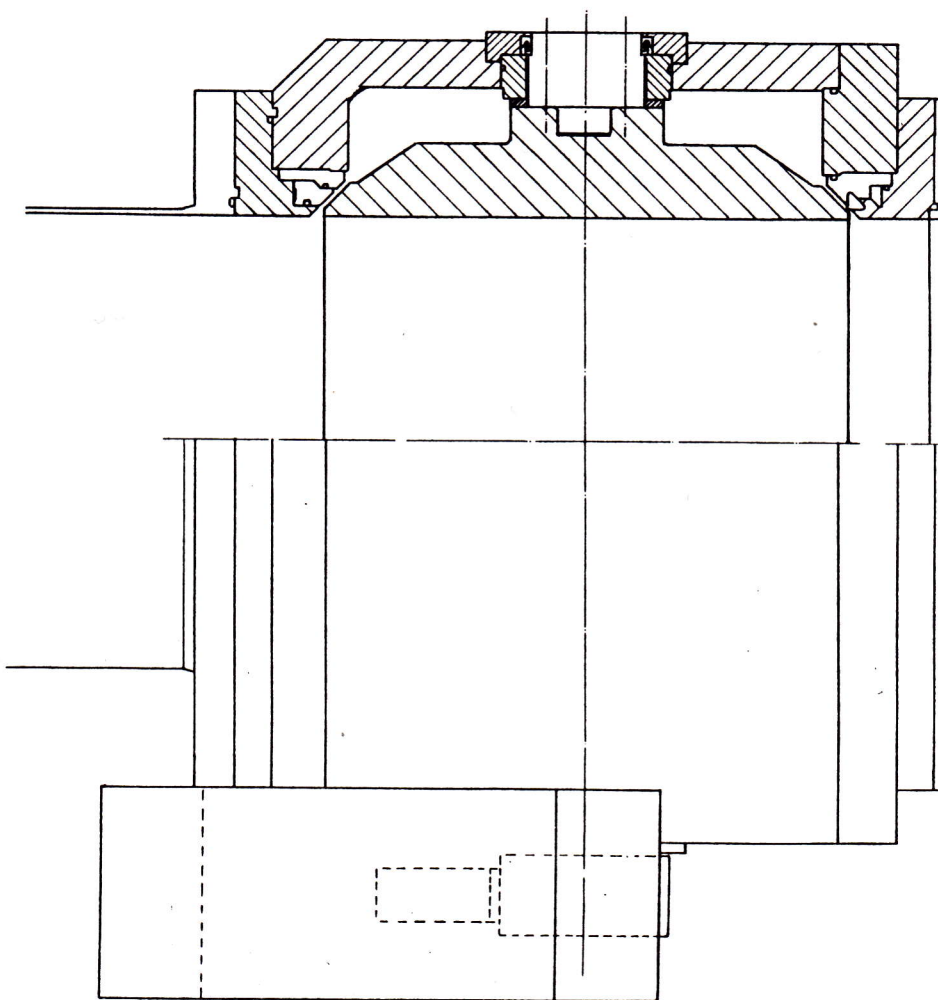


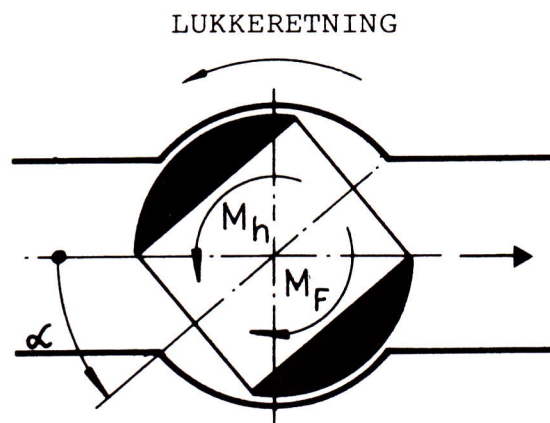
KULEVENTIL, REVISJONSTETNING



KULEVENTIL LAVTRYKK

D= 850 mm , H = 305 mVs



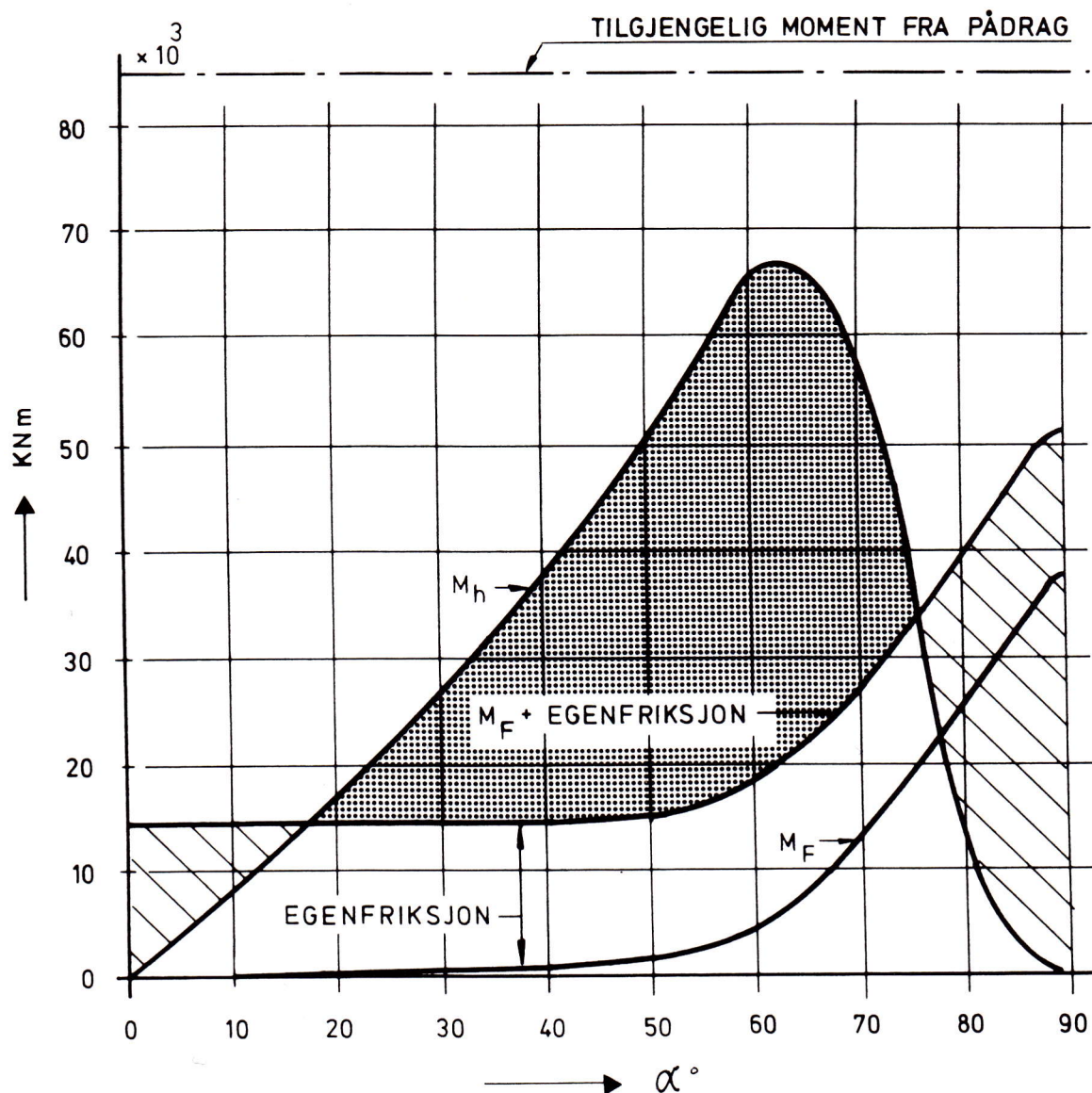


M_h =HYDRAULISK MOMENT

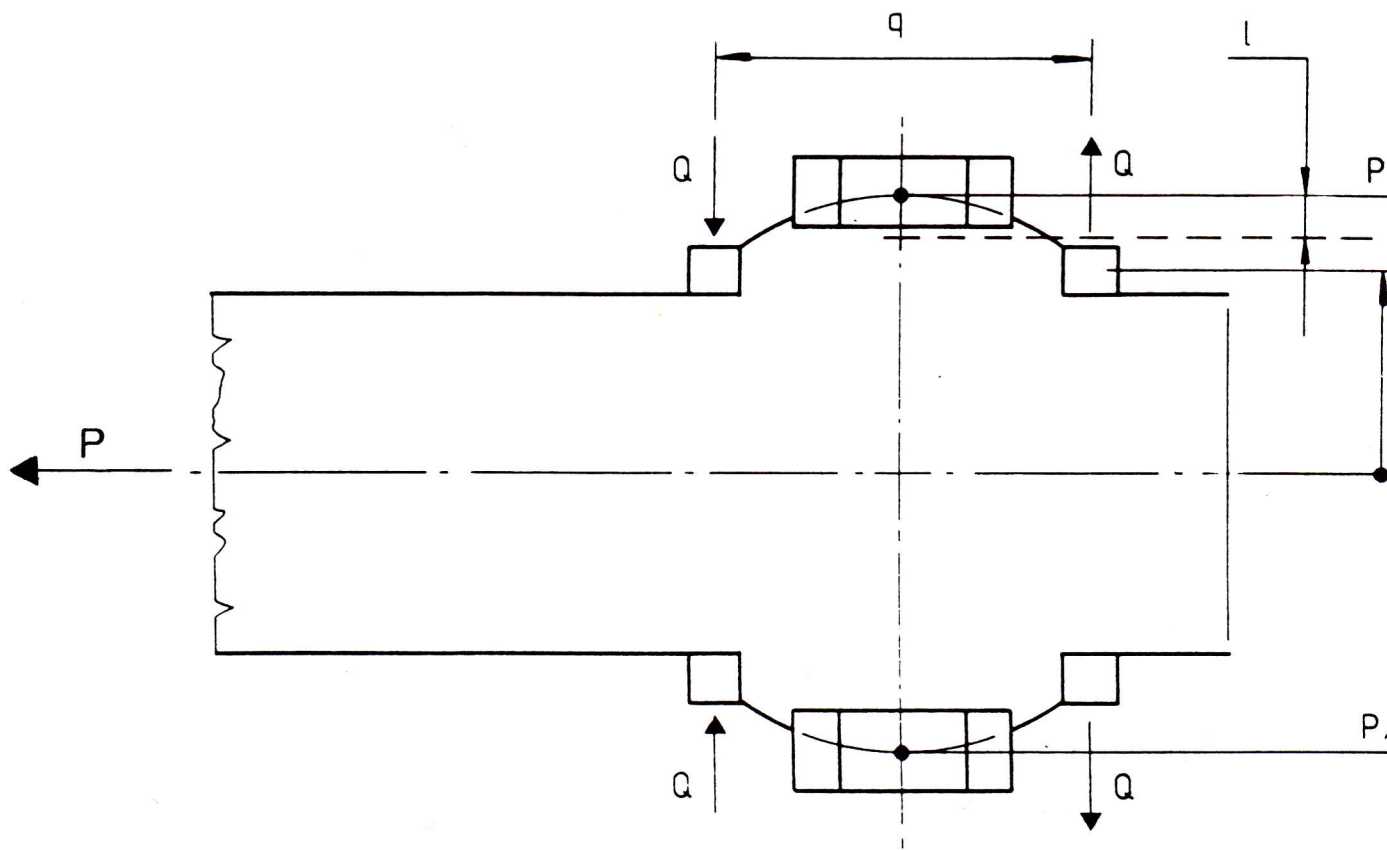
M_F =FRIKSJONS MOMENT

 PÅDRAG VIRKER
SOM BREMS

 PÅDRAG VIRKER
LUKKENDE PÅ
VENTILEN.

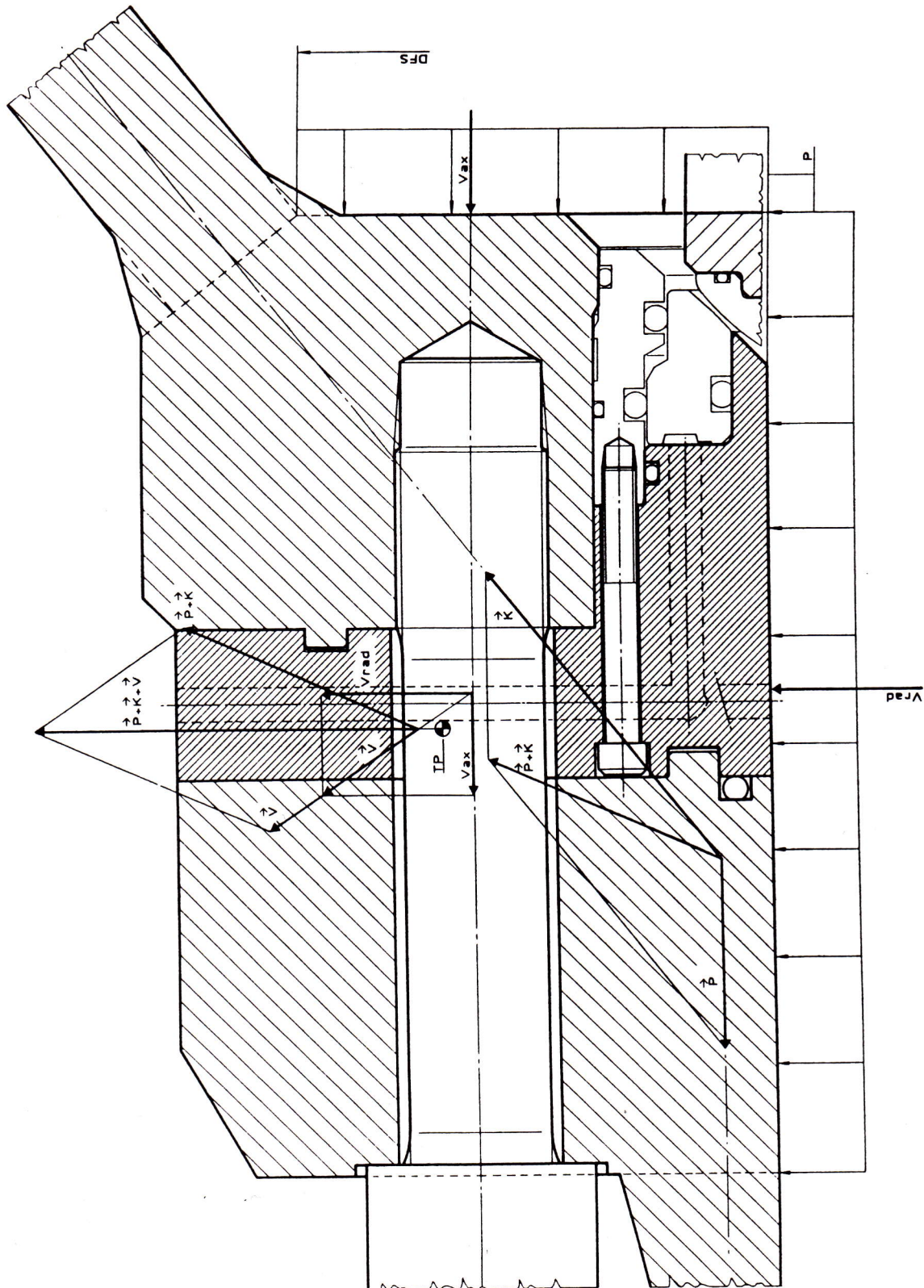


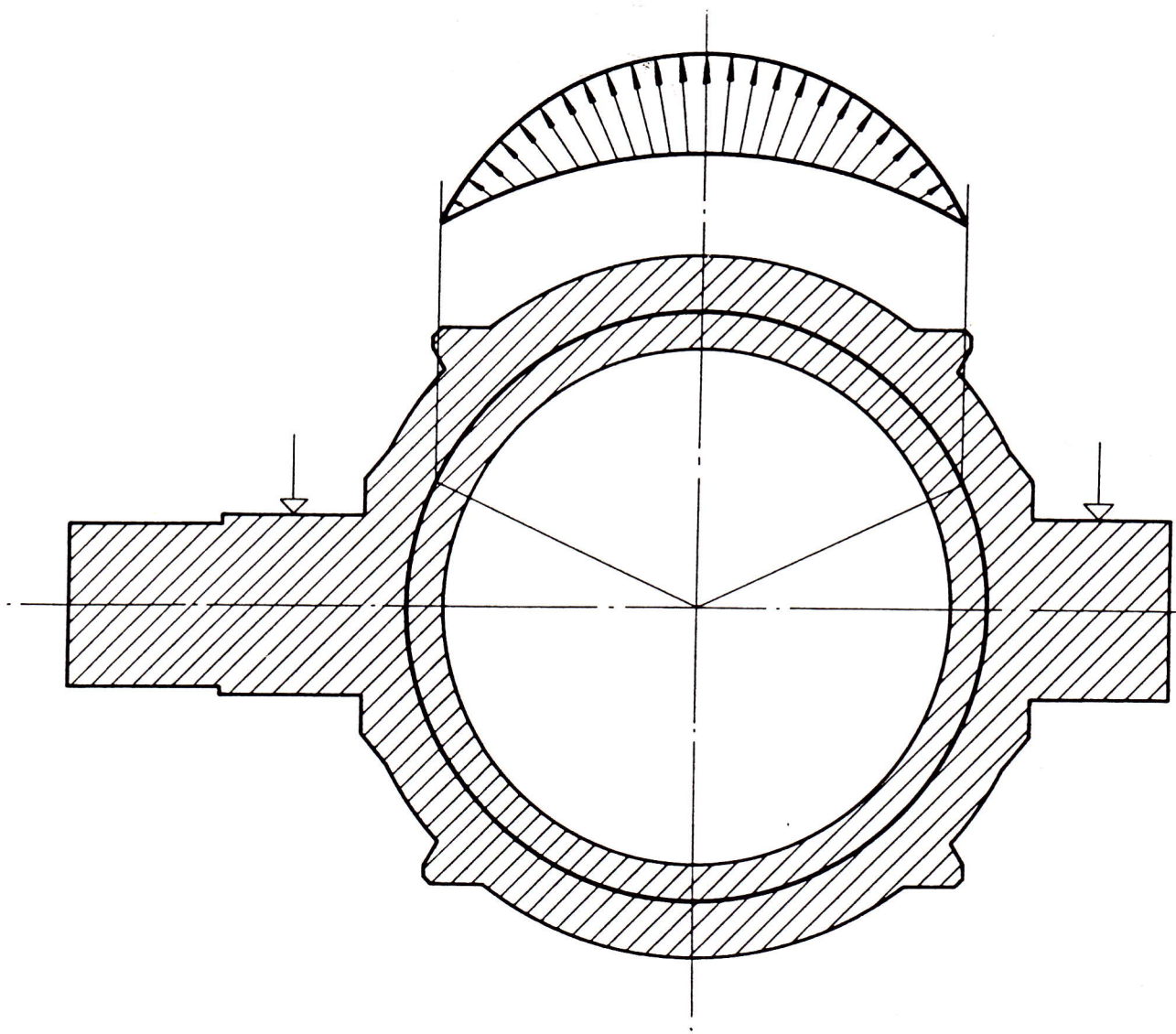
KULEVENTIL, MOMENTER



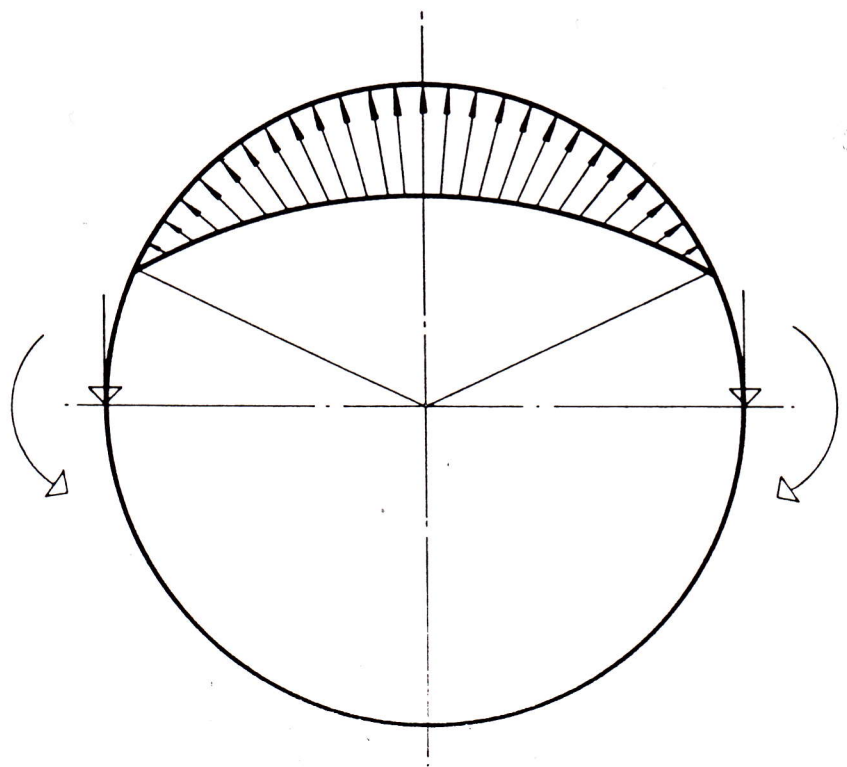
KULEVENTIL, YTRE KRAFTBALAN

SPHERICAL VALVE
DN 2200, PN 64.
FLANGE PACKAGE.
SUM OF FORCES.





KULEVENTIL, BERECHNUNGSMODELL DREIELEGEEME



VENTIL SOM AVSTENGINGS-ORGAN FORAN TURBIN

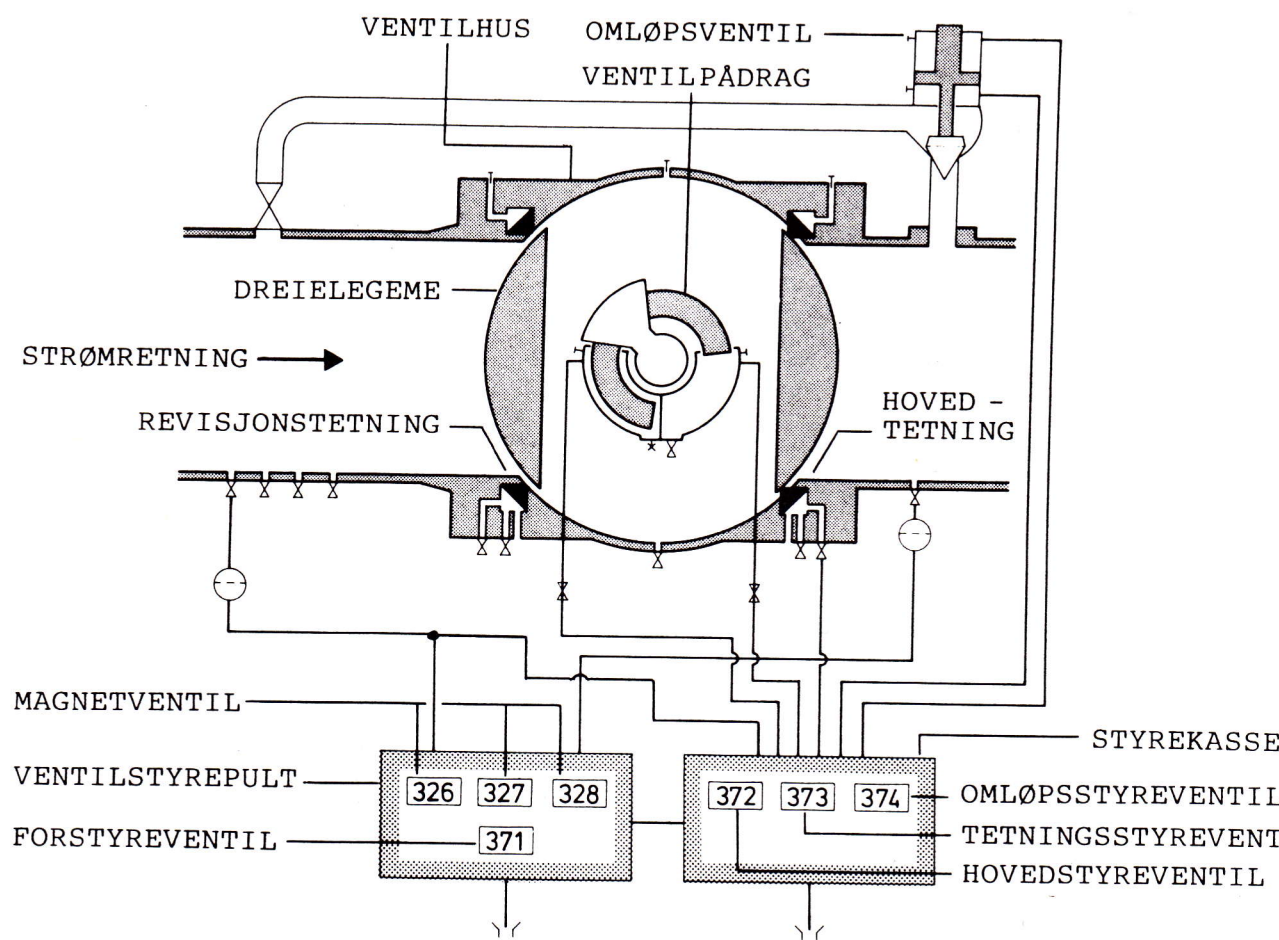
VENTILSTYRING

Generelle krav som må tilfredsstilles :

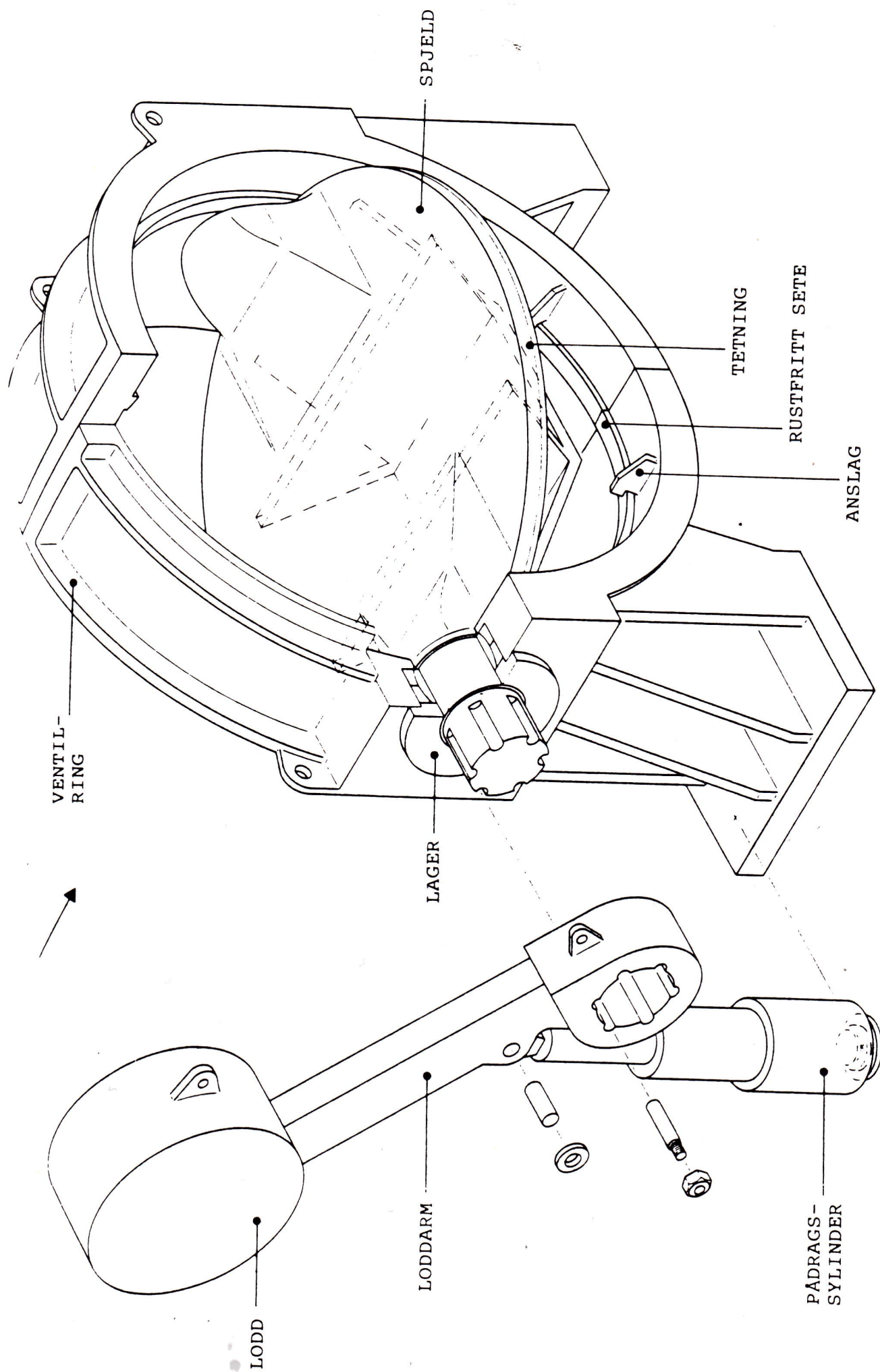
- Ventilen må være i stand til å lukke med stor sikkerhet :
 - * Styresystemet må være bygget opp slik at risikoen for at et lukkesignal ikke fører til lukking er minimal. (Avhengig av færrest mulig komponenter)
 - * Vi må ha krefter nok til å starte lukkebevegelsen (motvirke maksimal statisk friksjon i lagre)
 - * Vi må ha krefter nok til å ta hånd om siste del av lukkebevegelsen ved ensidig vanntrykk (ventilavslag). Dette "kraftreservoaret" må være tilgjengelig til enhver tid når ventilen er åpen, for å unngå behovet for ekstern energitilførsel.
 - * En åpnebevegelse må kunne snues til lukkebevegelse i alle stillinger.
- Omløpsventilen må være i stand til å lukke.
- Hovedtetningen må gå på etter at lukkebevegelsen er avsluttet. (Unntak: Fast gummitetning)
- Eventuelle foriglinger for å beskytte utstyret må ikke gå på bekostning av sikkerheten til personell. (Sima-problematikk)
- Risikoen for utilsiktet åpning må være liten.
- Mht. ståltetning må man sikre seg at denne ikke står på når åpning starter.

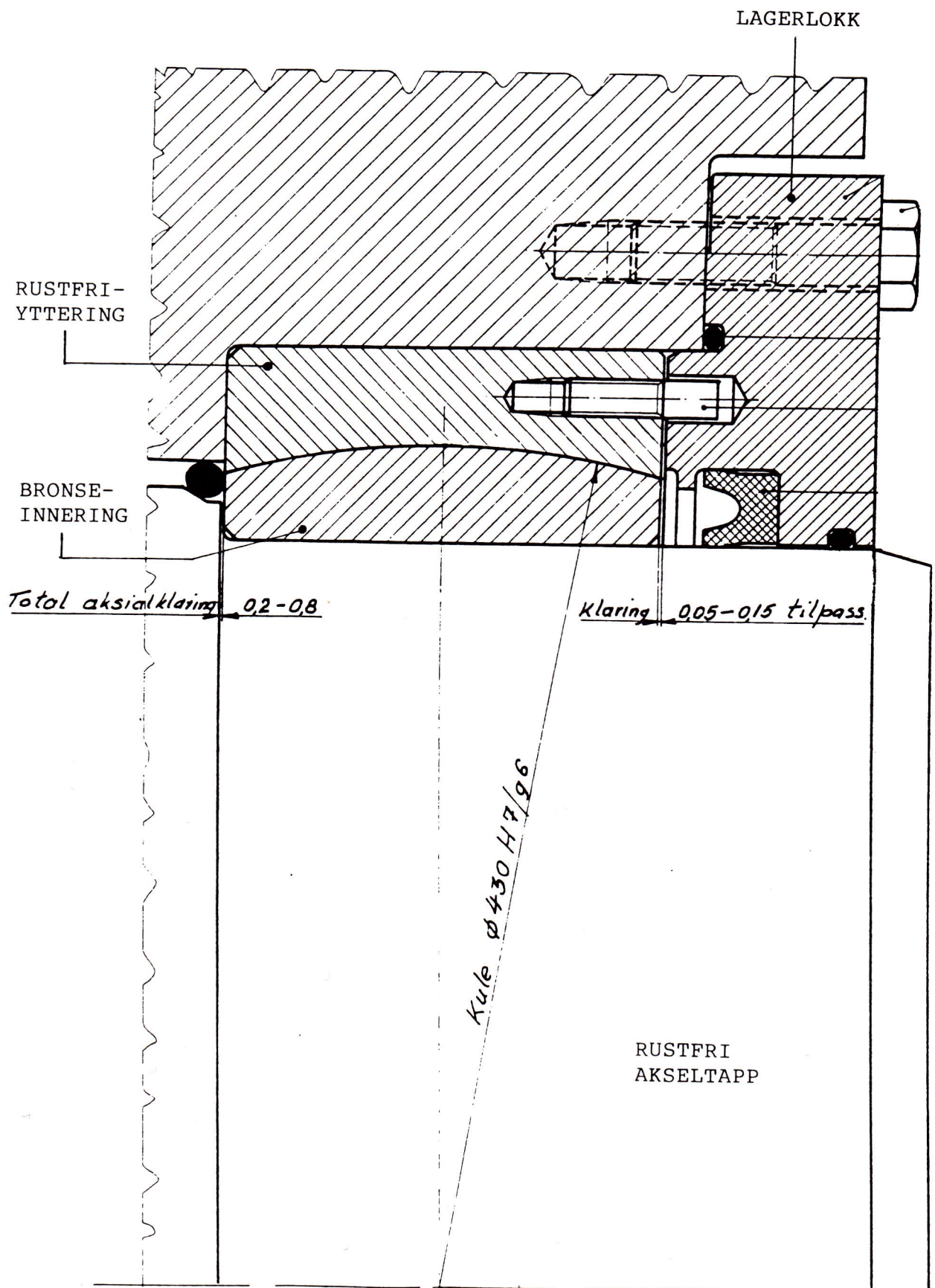
Selve åpne-prosessen vil man i de fleste tilfeller tillate at er avhengig av strøm fra nettet.

Man behøver heller ikke stille de samme krav til funksjonalitet og antall involverte komponenter.

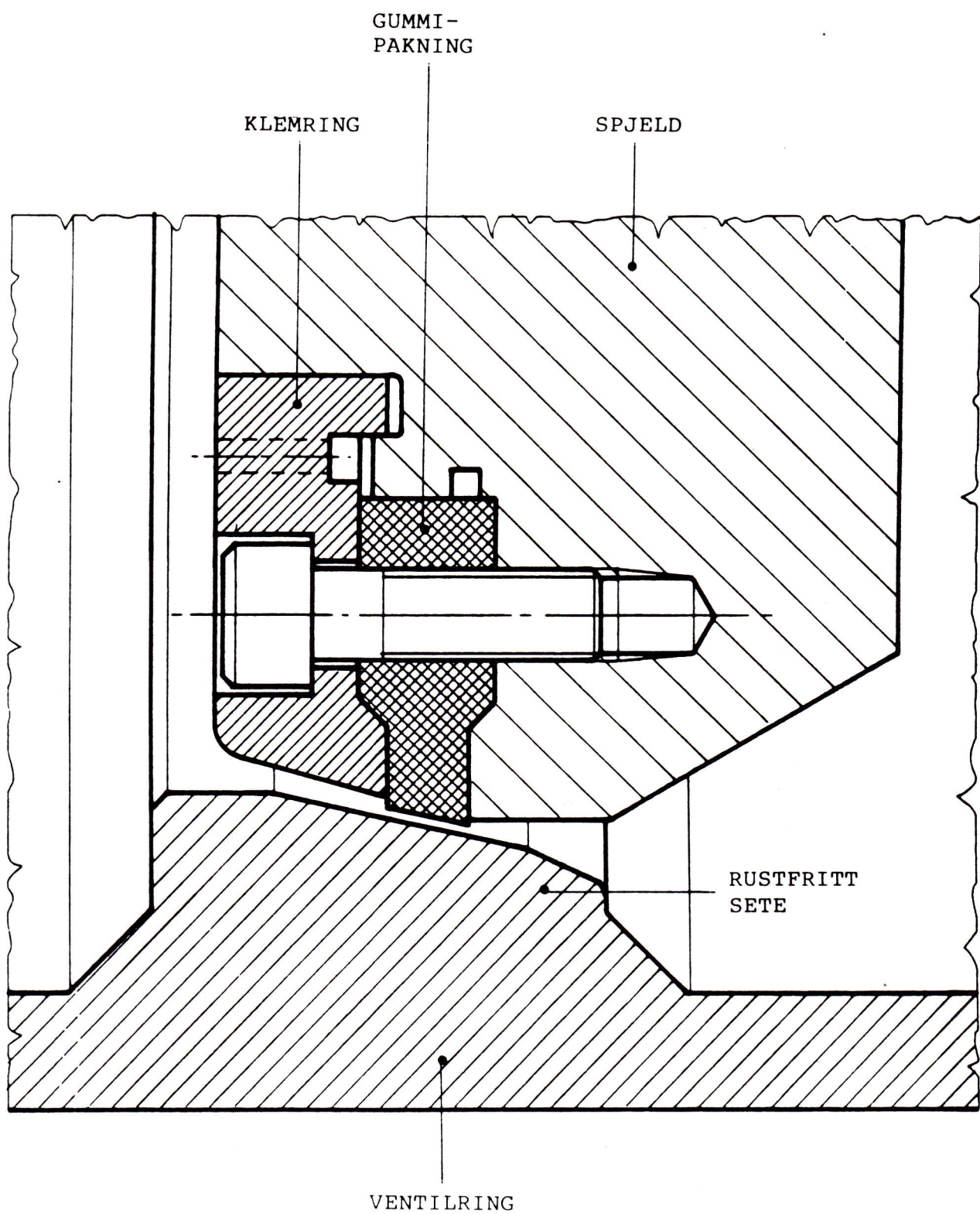


KULEVENTIL, VANNSTYRING, PRINSIPPSKISS

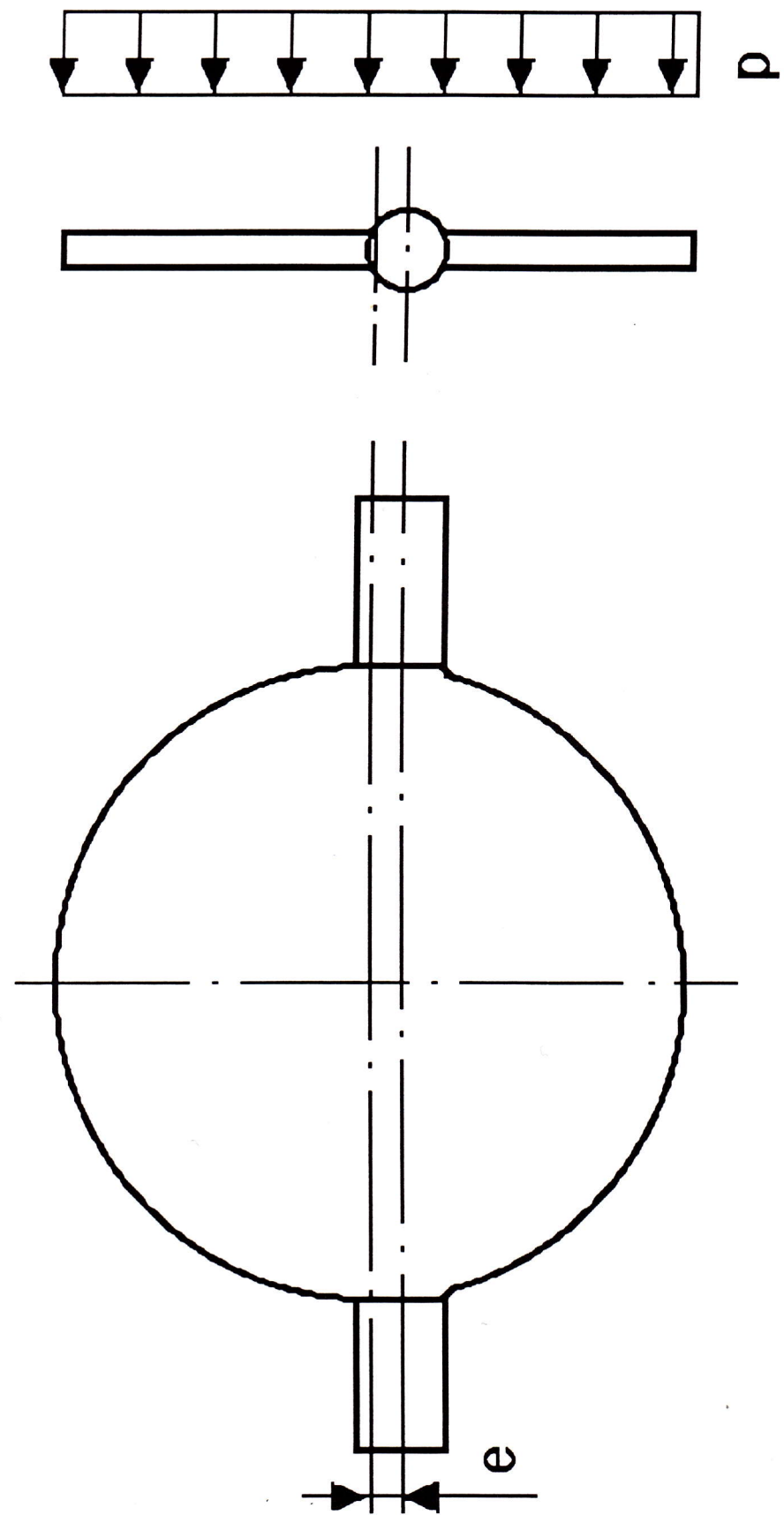




SPJELDVENTIL, LAGER

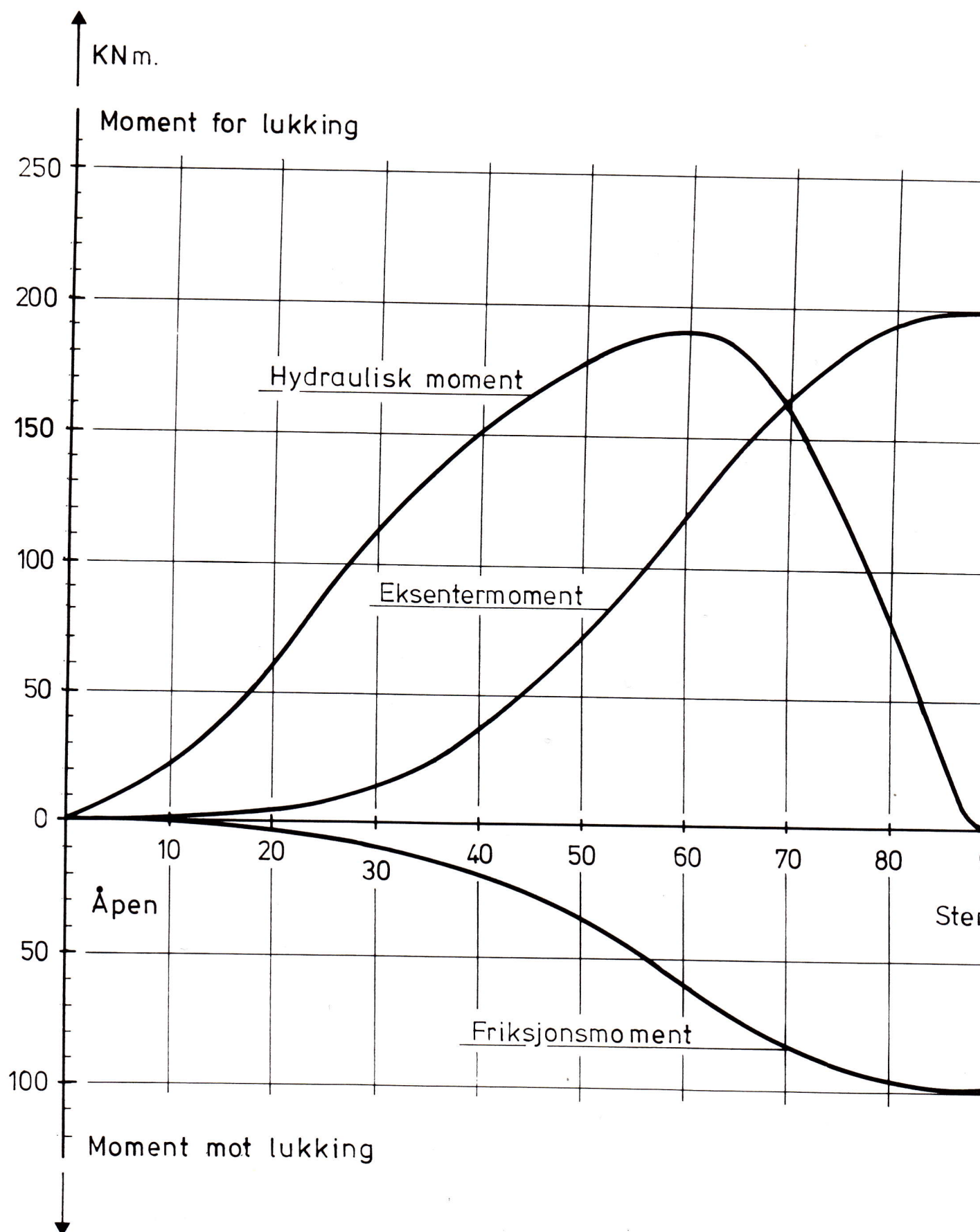


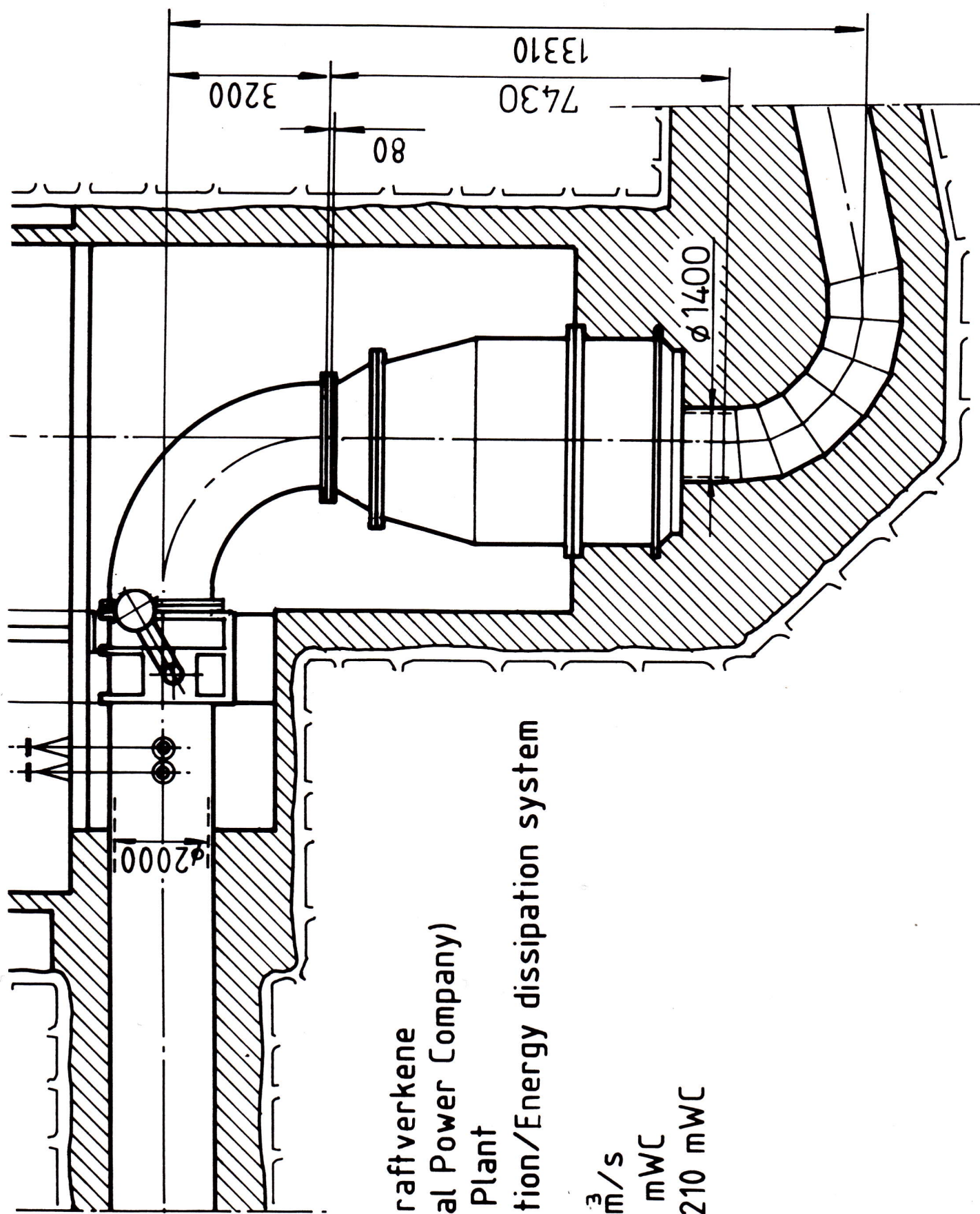
SPJELDVENTIL, TETNING



e = eksentrisitet
 p = trykk

Momenter for og mot lukking av
spjeldventilen når ventilen stenger
mot full turbinvannføring.





NVE Statskraftverkene
(The National Power Company)
Alta Power Plant

Flow regulation/Energy dissipation system

Prototype

$Q = 0 - 33 \text{ m}^3/\text{s}$

$H_{\text{net}} = 170 \text{ mWC}$

$H_{\text{design}} = 210 \text{ mWC}$

