



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) **NO**

(11) **167930**

(13) **B**

(51) **Int Cl³ E 02 B 3/06**

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr 872614
(22) Inng. dag 23.06.87
(24) Løpedag 03.10.86
(41) Alm. tilgj. 21.08.87
(44) Utlegningsdag 16.09.91
(62)

(86) Int. inng. dag og søknadsnummer 03.10.86, PCT/MC86/00003
(85) Videreføringsdag 23.06.87
(30) Prioritet 23.10.85, FR, 8515938

(71/73) Søker/Innehaver **Gouvernement Monegasque représenté par le Service des Travaux Publics onegasques (Division des Travaux Maritimes),**

8, rue Louis Notari, MC-98000 Monaco, MC

(72) Oppfinner(e) **René Bouchet, Monaco, MC**

Jean-Michel Manzone, Monaco, MC

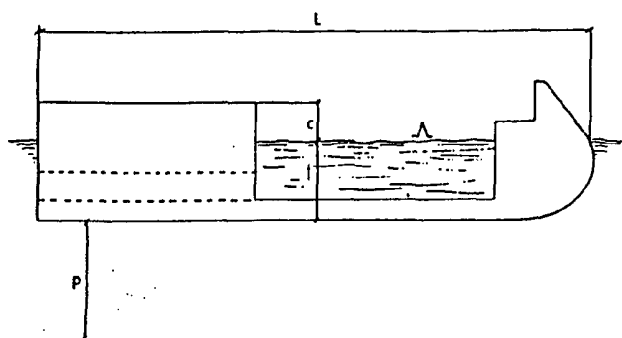
(74) Fullmektig **Ole J. Aarflot, Bryn & Aarflot AS, Oslo**

(54) Benevnelse Anordning for demping av vannbølger

(56) Anførte publikasjoner **Fransk (FR) patent nr. 1503543, USA (US) patent nr. 2920454, 3846990, 3851476**

(57) Sammendrag

Fremgangsmåte for å forårsake demping av sjøbølge-effekter for å beskytte maritime områder, havner, maritime konstruksjoner eller kyst- eller offshore-anlegg, hvilken fremgangsmåte er karakterisert ved at den består i fra den inngående bølgen å generere et fenomen av bølgenatur som er materialisert ved en mer eller mindre viktig refleksjon av nevnte inngående bølge slik at bølgen som overføres nedstrøms for anordningen har en vesentlig redusert amplitude.



Det er kjent at mange former for industriell virksomhet og lignende, som har tilknytning til sjøen eller marine forhold, vil ha betydelig nytte av en bølgedempningsanordning som er av billig konstruksjon, krever bare minimalt vedlikehold, motstandsdyktig mot dårlig vær, ikke hindrer navigasjonen av båter med lav tonnasje og respekterer estetikken til et sted og integriteten til det marine miljøet.

Blant de mulige anvendelser av en slik anordning kan det følgende nevnes som ikke-begrensende eksempler:

- reduksjon av bølgeskvulp i havner og naturlige beskyttelser,

- dannelse av kunstige havner og beskyttelse av havneinstallasjoner som allerede eksisterer og som sannsynligvis vil gi tretthetssignaler,

- dannelse og beskyttelse av offshore-installasjoner (plattformer av alle typer, demninger, bølgebrytere og neddykkede lagringstanker, osv.),

- forbedring av sikkerheten ved sjøoperasjoner (haling av strukturer, sammensetning av prefabrikerte elementer, gjenvinning av hydrokarbonlag, osv.) og også muligens

- gjenvinning av energi i bølger og demninger.

Et stort antall anordninger som tenderer til å gi disse effektene er allerede foreslått. Spesielt finnes en ganske uttømmende oversikt over de undersøkelser som allerede er gjort på dette området i Report R 727 publisert i mai 1971 av Marinedepartementet i USA.

De hittil foreslåtte anordningene krever imidlertid materialelementer som generelt anvender loddrette hindringer eller dempe-effekter av viskøs opprinnelse. Idet dønningen er et bølgefenomen, synes det å være mere lovende for å ta sikte på dempningen, å utnytte midler som oppstår fra konvensjonelle matematiske beregninger som griper inn i disse bølgefenomenene.

Et første forsøk ble gjort i denne retningen og dannet gjenstanden for et første patent av søkerne, som nettopp gjelder en fullstendig ny fremgangsmåte, som er skapt fra idéen om et fenomen som er identifisert under navnet "oscillerende vegg av vann" og hvis dannelse, som bygger på teoretiske beregninger av bølgefenomener av dette slag, allerede tillater

167930

2

i praksis å oppnå de ønskete resultater ved hjelp av material-elementer som uten tvil er enkle, billige og har liten størrelse.

Anordningen ifølge oppfinnelsen for dempning av vannbølger omfatter et stort sett plateformet legeme som delvis neddykket i det bølgeaktive området er forankret i et fast underlag og som har fremre (oppstrøms) og bakre (nedstrøms) endevegger som oventil slutter over vannets overflate, og anordningen ifølge oppfinnelsen karakteriseres ved at endeveggenes vertikale dimensjon er slik at den innkommende bølge ikke kan forplante seg fritt over legemet og at legemets bredde i bølgenes bevegelsesretning er valgt slik at forholdet er minst lik 2,0.

Ifølge en utførelsesvariant er oppstrømskanten som er hevet loddrett i forhold til den neddykkete platen, nivellert på et nivå som kan oversvømmes av middels og sterke bølger på angjeldende sted, og nedstrømskanten som er hevet loddrett i forhold til den neddykkete platen er utført med åpninger i jevn avstand fra hverandre, slik at en middels eller sterk bølge som passerer over oppstrømskanten vil tape en ikke-neglisjerbar del av sin energi, idet den vil falle ned på den dempende "madrassen" bestående av vann som er innestengt i det volum som ligger mellom den nedre platen og oppstrøms- og nedstrømskantene, mens for store vannhøyder som momentant skapes i dette volum evakueres gjennom de åpninger som er laget i nedstrømskanten.

Fra et praktisk standpunkt er denne oppstrømskanten utstyrt med en løkformet kontur opp til sin nivåside, slik at de horisontale støt og krefter begrenses til lave verdier som tilsvarende de som genereres på en kant med flat overflate loddrett på spredningsplanet for den inngående bølgen.

Noen utførelsesformer for oppfinnelsen skal beskrives og illustreres nærmere i forbindelse med vedlagte tegninger, hvor:

Figurene 1 og 2 er diagrammer med kurver som representerer henholdsvis de teoretiske variasjonene av transmisjonskoeffisienten CT og faseskiftet for bølgen som fusjon av dens periode T (sekunder) i forbindelse med en anordning som definert ovenfor.

Fig. 3 viser en prinsippmodell for en anordning ifølge oppfinnelsen. Figuren viser et tverrsnitt gjennom modellen, som har en bredde W, idet modellen er neddykket til en dybde I

i en avstand over havbunnen P, idet den stikker opp over den frie overflaten i en høyde C.

Fig. 4 er et diagram som viser de forskjellige verdier av transmisjonskoeffisienten som funksjon av forholdet mellom lengden av bølgen i forhold til bredden av bølgebryteren,

Fig. 5 er et diagram som viser variasjoner av transmisjonskoeffisienten som funksjon av perioden,

Fig. 6 viser et diagram som illustrerer variasjonene av transmisjonskoeffisienten av en sammensetning av to plater,

Figurene 7, 8 og 9 viser snitt gjennom tre ulike bølgebrytere ifølge oppfinnelsen.

En rekke ulike utførelsesformer for bølgebrytere ifølge oppfinnelsen er undersøkt og utøvet på forskjellig vis.

Blant de mange undersøkte utførelsesformer kan nevnes:

- plate med 16 m bredde, neddykket til -2m. Vannhøyde 22 m. Testede perioder: 4,5,6,7 og 8 sekunder. To amplituder pr. periode. Skala 1/20.

- plate med 18 m bredde neddykket til -4m. Vannhøyde 44 m. Perioder på 6,7,8,9,10,12 og 18 sekunder. En eller to amplituder pr. periode. Skala 1/40.

- plate med 25 m bredde, neddykket til -4m. Vannhøyde 44m. Perioder på 5,2,6,7,8,9,10 og 18 sekunder. En eller to amplituder pr. periode. Skala 1/40.

- plate med 25 m bredde, neddykket til -5m. Vannhøyde 44 m. Perioder på 6,7,8,9 og 10 sekunder. En amplitude pr. periode.

Transmisjonskoeffisienten er målt, og i mange tilfeller er det gjennomført en Fourier-analyse for å skille det som angår perioden i løpet av undersøkelsen fra det som angår de forskjellige harmonier.

Målinger av kreftene ble i tillegg utført på platen på 25m.

Formålet var å begrense de horisontale kreftene til maksimum, idet oppstrømsdeflektoren har fått en sirkelform, og det ble forsøkt å finne et nivåsmål som er så lavt som mulig. Nivåsmål på + 1,50 + 2, + 3 ble således testet, både fra et hydraulisk synspunkt og av de innregistrerte kreftene. Målet på neddykkingen avhenger av amplituden til de maksimale bølger som er istand til å nå konstruksjonen.

167930

4

Bassenget for spredning av energi som befinner seg nedstrøms for denne reflektoren er satt i forbindelse med nedstrømmen. Nedstrømsterskelen med målet + 2, er gitt en tilstrekkelig bredde til å tillate en anvendelse som vei for promenade eller trafikk. Den kan selvsagt være lett å legge til ved.

På det hydrauliske planet er de oppnådde resultater enda klart mer fordelaktige enn de som oppnås ifølge klassiske teorier (MACAGNO, WIEGEL, osv.), hvilket bekrefter den avgjørende betydningen for forholdet: L/W : bølgelengde for bølge med uendelig dybde, på platebredden.

Dersom det anbringes en loddrett vegg på et punkt i kanalen, er det kjent at bølgen helt vil reflekteres på denne veggen. På et gitt punkt kan den inngående eller innkommende bølgen karakteriseres ved en overskuddshøyde $H(x,t)$ av vannstrekningen (opprinnelig i ro) og en horisontal hastighet $U(x,t)$ langs spredningsaksen, som er projeksjonen på denne akse av hastigheten for vannmolekylene som faktisk, som det er kjent, beskriver sirkler). Den inngående, henholdsvis utgående bølgehøyden er på fig. 7 og 8 antydnet henholdsvis med betegnelsene H_I og H_F .

Det faktum at det anbringes en vegg på et punkt av banen medfører at $U(x,t) = 0$ etter veggen, dvs. den horisontale hastigheten forandrer retning, og det er i dette tilfellet kjent at den inngående dønningsbølgen helt reflekteres.

Det kan derfor antas at dersom det istedenfor en vegg, anbringes en anordning som medfører en reduksjon i den horisontale hastigheten for vannmolekylene, oppstår det en delvis refleksjon av bølgen og denne refleksjonen vil være bedre når den reduksjon i hastigheten som pålegges, er større. Dersom det anvendes en plate med betydelig lengde i forhold til bølgelengden og svakt neddykket i kanalen, og hvis kanter er hevet loddrett opp til en positiv side over den frie overflaten slik at enhver passasje av bølgen over platen unngås, i det minste så lengde som amplityden til denne bølgen forblir rimelig, kan vannet som er inntengt mellom platen og bunnen av kanalen bare ha en horisontal bevegelse, dvs. hastigheten av de tilsvarende vannmolekylene kan bare være horisontal.

En gitt bølge har en viss energi som den utbrer ved hjelp av trykket. Når denne bølgen støter mot vannmassen mellom platen og bunnen, meddeler den vannmassen et overtrykk. Dette overtrykket, påført på inngangssiden til vannmassen meddeler denne en akselerasjon og således en hastighet. Verdien på denne hastigheten avhenger av mengden av den "bremsende" vannmassen og den energi som tilføres av den inngående bølgen (trykk ved inngangssiden av den oppfangende vannmassen).

Det kan derfor antas at for en gitt bølge og således en gitt energi, alltid kan finnes en platebredde som tillater å oppfange en tilstrekkelig vannmasse til at den hastighet som meddeles denne massen av oppfanget vann skal være tilstrekkelig lav, og således at en inngående bølge i det vesentlige reflekteres ved inngangen til anordningen.

For en gitt anordning, dvs. for en fast gatebredde, avhenger tvert imot den energi som medføres, av bølgen av perioden for denne inngående bølge siden bølger med lave perioder er mindre energirike, mens bølger med store perioder er mer energirike. Det kan således anordnes slik at bølger med lave perioder vil reflekteres i betydelig grad, mens bølger med store perioder praktisk talt overføres.

En slik anordning vil derfor oppføre seg som en bølgedemper som har større ytelse når periodene for de inngående bølgene er lave.

Denne tolkingen er blitt bekreftet av en matematisk beregning som - anvendt på en plate med 25 m lengde som er neddykket til 4 m dybde på en dybde av 44 m - viser at platen vil oppføre seg som en vegg som totalt reflekterer den inngående bølgen for de lave periodene (opptil 5,5 sekunder) og en utmerket demper for bølger for perioder som er større, fra 9 til 10 sekunder. For en bølge med 7 sekunders periode er således transmisjonskoeffisienten fortsatt bare 0,23, dvs. at 95% av energien til den inngående bølgen reflekteres.

På diagrammene 1 og 2 er vist kurver som representerer henholdsvis de teoretiske variasjonene til transmisjonskoeffisienten CT og faseskiftet for bølgen som funksjon av dens periode T (sekunder) med en anordning som definert ovenfor.

De teoretiske betraktningene er bekreftet ved hjelp av forsøk. En slik eksperimentell undersøkelse er gjennomført med reduserte modeller av bølgebrytere hvis tverrsnitt er vist på fig. 3, med en bredde W , neddykket til en dybde I i en avstand P over havbunnen, og stikker opp av den frie overflaten med et positivt mål C . Bølgebryteren har en "oppstrømsvegg" 10 og en "nedstrømsvegg" 4.

Diagrammet på fig. 4 viser således de forskjellige verdier for transmisjonskoeffisient som funksjon av forholdet L/W , såvel som vanndybde, neddykkingene og de forskjellige krumningene, samlet i løpet av et stort antall forsøk.

I den teoretiske delen overfor fremgår det at amplituden for vannmassens horisontale svingninger under platen er en funksjon av L/W . Under en viss periode forandrer hastigheten til partiklene retning før forflytningen blir betydelig, slik at den kinetiske energien ikke kan overføres til potensiell energi.

Dette er hva forsøkene har vist. For en plate med 25 m bredde og perioder under 5,5 sekunder er amplituden for horisontal forflytning neglisjerbar.

For en bølge på 6 sekunder og 3,7 amplitude, er de horisontale slyngningene bare omtrent 0,6 m.

De når omtrent 2,40 m for bølger på 8 sekunder og med 7 m amplitude.

Diagrammet på fig. 5 viser variasjoner av transmisjonskoeffisienten som funksjon av perioden i konfigurasjonen ovenfor.

Det kan konstateres en utmerket overensstemmelse mellom den kurve som er oppnådd eksperimentelt og den teoretiske kurven som er gitt tidligere på fig. 1 for perioder mellom 0 og 10 sekunder. Over 10 sekunder gir den teoretiske kurven transmisjonskoeffisienter som er litt større enn de som oppnås eksperimentelt.

Dette kommer uten tvil av at ved anvendelse av Newtons formel som gir de teoretiske verdier for transmisjonskoeffisienten, er friksjonskreftene neglisjert. Disse som er proporsjonelle med hastigheten spiller en meget viktig rolle for de store periodene for hvilke hastighetene under flaten er større.

Opp til 5,5 sekunder (periode tilsvarende en verdi av L/W på 2) forblir vannmassen som befinner seg under platen praktisk talt ubevegelig. Den oppfører seg som en fast, loddrett vegg og bølgen reflekteres totalt, derav navnet "fast vegg av vann" som er gitt fremgangsmåten.

Fra 6 sekunder, en periode tilsvarende en verdi av L/W på 2,2, begynner vannmassen å svinge, men den overførte bølgen blir igjen i et stort område, meget mindre enn den inngående bølgen. Det bemerkes et faseskift mellom den inngående bølgens bevegelser og "vannveggen".

Transmisjonskoeffisienten øker så på nesten lineær måte, minst til en verdi på L/W av størrelsesorden 5. Den blir lavere jo større neddykkingen av flaten er. De andre faktorene: bølgekrumningen, relativ dybde (vanndybde på lengden av den inngående bølgen), later til å spille bare en sekundær rolle. Krumningen vil redusere transmisjonskoeffisienten til verdier av L/W på omkring 5, og den øker over dette.

Transmisjonskoeffisienten kan ytterligere reduseres ved å øke friksjonen og ved å forbedre homogeniteten og "soliditeten" av vannveggen. noe som kan gjennomføres ved å anbringe en andre plate av samme bredde under den første. Diagrammet på fig. 6 viser variasjonene av transmisjonskoeffisienten av en sammen-setning av to plater med 32 m bredde, den ene ved -6 m, med en deflektor med +3, den andre ved -14 m.

Når det gjelder den relative dybden skal det huskes at anvendelsesområdet for fremgangsmåten er de store dyp. Under forsøkene har forholdet mellom dybde og bølgelengde bare unntakelsesvis vært under $1/4$, slik at bølgene bare har vært litt deformert.

For å illustrere utførelsesformer av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er på fig. 7, 8 og 9 vist tre snitt av bølgebrytere ifølge oppfinnelsen. Den første er tilpasset små bølger som bare unntakelsesvis overstiger en periode på 6 sekunder og en amplitude på 3 m, den andre til større bølger, og den tredje til kraftige bølger eller mindre betydelige bølger på et sted med tidevann.

Den første, vist på fig. 7, består av en enkel, rektangulær kasse 1 hvis bunn 2 er full, men hvis overside er fjernet

inntil en tverrstang 14 på den vide sidedelen. Den midtre skilleveggen 3 og frontveggen 4 er gjennomhullet ved 6, henholdsvis 5. Strukturen kan være metallisk eller av betong med et eventuelt gitterverk av tre. Dens dimensjoner er angitt.

Kassen kan hvile på peler. En forløyning til strukne kabler kan anvendes.

Med en slik kasse er transmisjonskoeffisienten under 0,10 for bølger som er mindre enn eller lik 4 sekunder, omtrent 0,20 for bølger på 5 sekunder og når 0,50 for bølger på 6,3 sekunder.

Den andre, vist på fig. 8, er vel egnet for bølger som går opp til 7 sekunder, og kan unntakelsesvis nå 10 sekunder og 10 m amplituder, har en profil som er sammenlignbar med den som har vært gjenstand for de forsøk som er rapportert ovenfor. Dens dimensjoner er likeledes angitt. Den har en utbuling 10 i fronten.

Strukturen kan være metallisk eller av betong.

Kassen kan hvile på loddrette og skrå peler, eller loddrette kolonner med tilstrekkelig diameter eller pilarer.

Utbyttet kan økes, over 7 sekunder, og som funksjon av de observerte bølger og de ønskete resultater, ved å øke bredden på inntrengningen, eller å anbringe en andre plate av samme bredde under kassen.

Den tredje, vist på fig. 9, har som avgjørende egenskap en terskel oppstrøms som er regulerbar i høyden.

Denne særegenhet er særlig interessant når det gjelder konstruksjoner som befinner seg ved et sted med tidevann, eller når det ønskes å tilpasse høyden på nivåmålet for terskelen oppstrøms så nær som mulig til den aktuelle bølgen, særlig med henblikk på å begrense de horisontale kreftene eller ganske enkelt med henblikk på best mulig å beskytte stedets utseende.

Denne anordning har dessuten den fordel etter ønske å kunne senke nivåmålet for terskelen og således spre en unntaksbølge uten at de horisontale kreftene som genereres i strukturen blir innskrenkende.

Figuren viser at reguleringen av nivåmålet for terskelen oppstrøms særlig kan oppnås ved å anvende en mobil luke 20 som er lik de som foreligger i bommer med luke eller bommer med klaffer. Reguleringen av luken kan eksempelvis oppnås ved

hjelp av en hydraulisk jekk 21 eller med et komprimert luftvolum. De forskjellige stabilitetsstillingene fikseres ved hjelp av forskjellige skår i en horisontal tannstang 22, på hvilken det støtter seg en stang 23.

Disse utførelsesformene er naturligvis bare angitt som ikke begrensede eksempler, og mange andre varianter derav kan forekomme.

Således kan nedstrømskanten av kassen bringes i nivå på et mål av størrelsesorden 1,50 til 2 m eller mer og utvides tilstrekkelig til å utgjøre en kai som det kan legges til ved, for å motta skip i vann som er dempet av anordningen.

Likeledes kan den faste platen som er litt neddykket, understøttes av en oppstrømskant som stikker litt opp slik at bare oppstrømskanten er synlig over havets frie overflate.

Endelig kan den fikserte naturen av platen som er litt neddykket oppnås ved en fundamentering av denne platen på peler eller pilarer, eller ved fiksering av strukturen til strukne kabler etter at den har fått en positiv flytbarhet.

Ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen som er mer avansert, kan de oppnådde ytelser forbedres enda mer ved å tilføye en andre plate noen meter under den første.

P a t e n t k r a v

1. Anordning for dempning av vannbølger, omfattende et stort sett plateformet legeme som delvis neddykket i det bølgeaktive området er forankret i et fast underlag og som har fremre (oppstrøms) og bakre (nedstrøms) endevegger som oventil slutter over vannets overflate, k a r a k t e r i s e r t v e d at endeveggenes (4, henh. 10) vertikale dimensjon er slik at den innkommende bølge ikke kan forplante seg fritt over legemet og at legemets bredde (W) i bølgenes bevegelsesretning er valgt slik at forholdet (L/W) er minst lik 2,0 og hvor L er bølgens lengde.
2. Anordning ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at legemet er forankret i peler eller ved hjelp av kabler og har positiv oppdrift.
3. Anordning ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at legemet har en oppstrømsvegg (10) og en nedstrømsvegg (4) som forløper stort sett vertikalt, hvor oppstrømsveggs topp strekker seg opp til et nivå som ligger under nivået for kraftige bølger i området og hvor legemets nedstrømsvegg (4) er utført med i avstand fra hverandre anordnede åpninger (5) som befinner i nærheten av legemets underside.
4. Anordning ifølge krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at oppstrømsveggen (10) er utformet med buet frontflate eller oppstrømsvegg (10) med stort sett horisontal(e) krumningsakse(r) (fig. 8)
5. Anordning ifølge ett eller flere av kravene 1 til 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at legemets oppstrømsvegg (10) ved toppen er forsynt med en om en horisontal akse utsvingbar skjerm (20) for regulering av frontveggs overkant-høyde (fig. 9).

167930

11

6. Anordning ifølge ett eller flere av kravene 1 til 5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at legemets nedstrømsparti er
utformet som en brygge eller kai.

7. Anordning ifølge krav 1 til 6,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det er anordnet et
plateformet legeme i avstand fra og under det i vannoverflaten
anordnede legemet.

167930

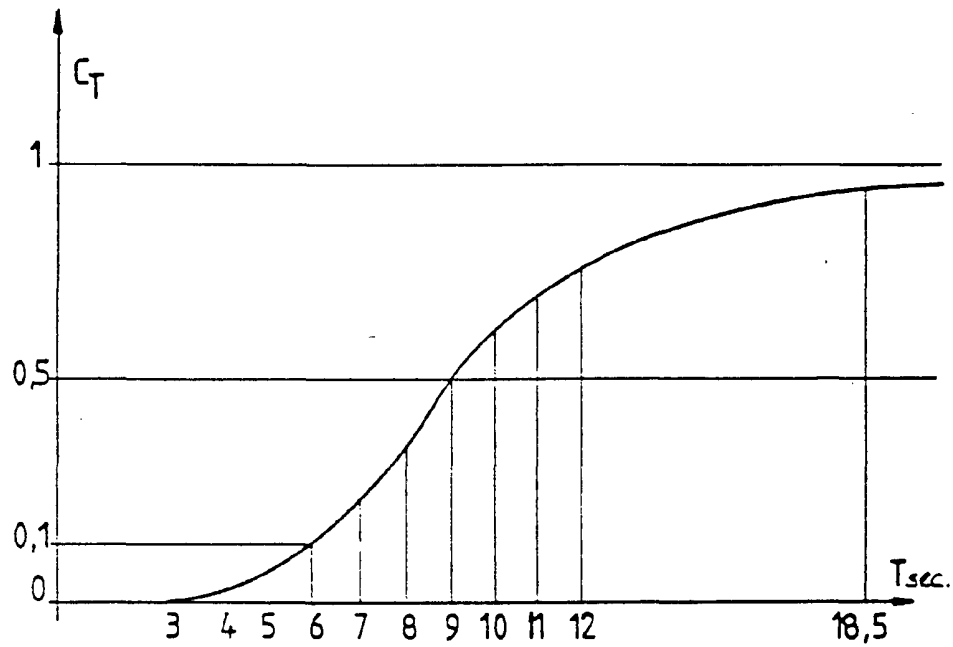


Fig 1

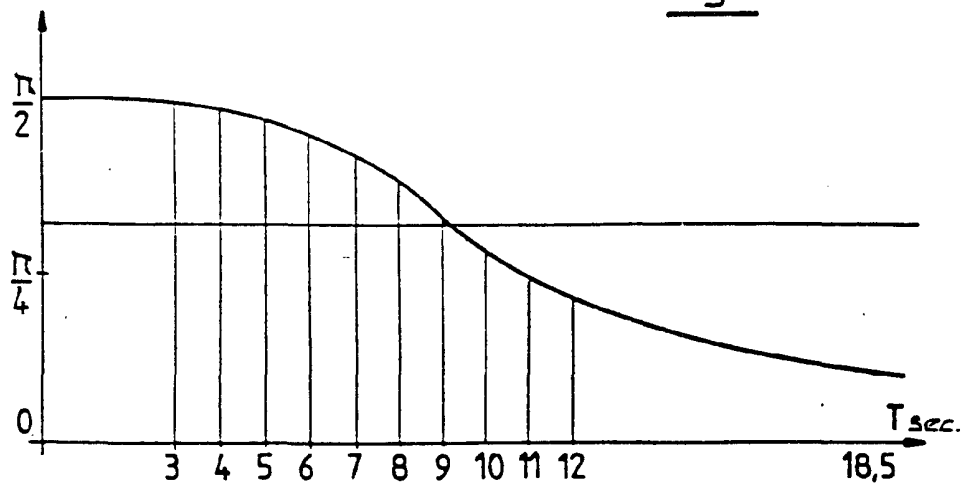


Fig 2

167930

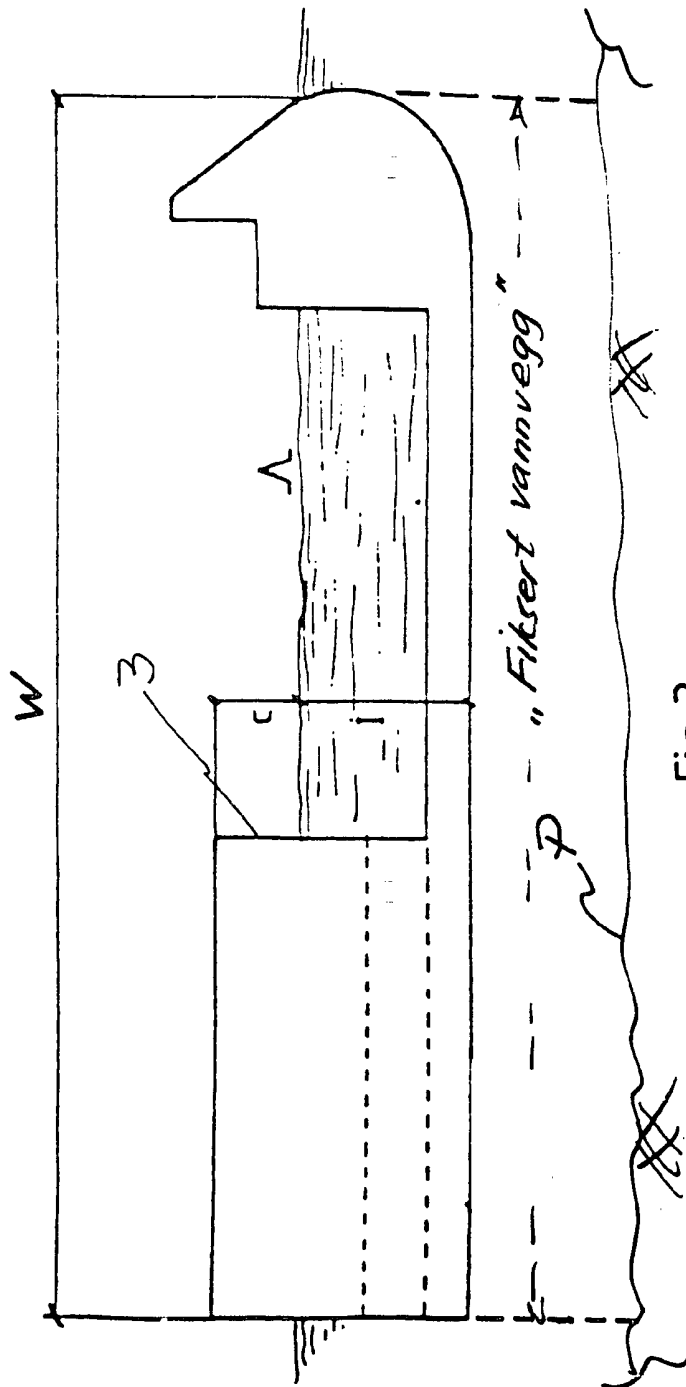


Fig. 3

167930

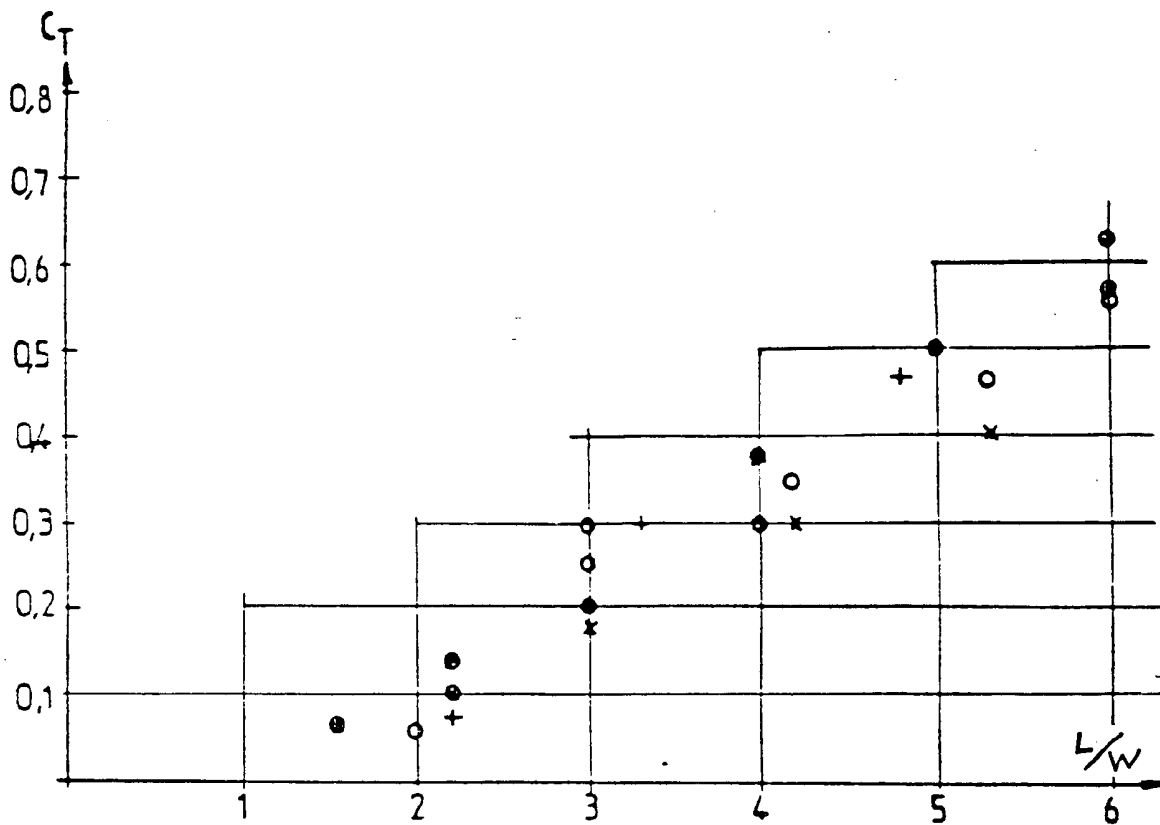


Fig 4

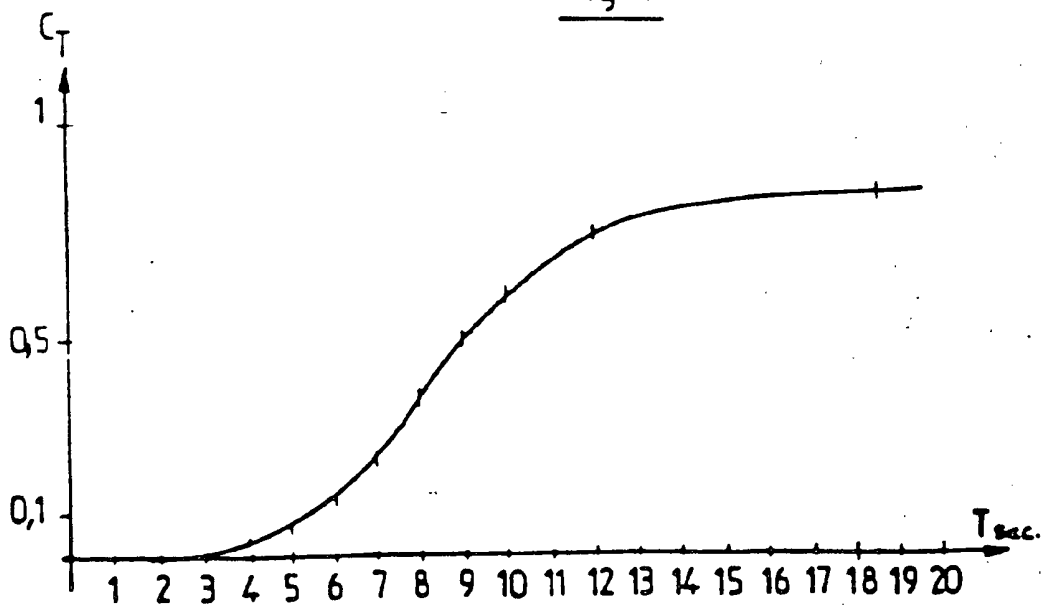


Fig 5

167930

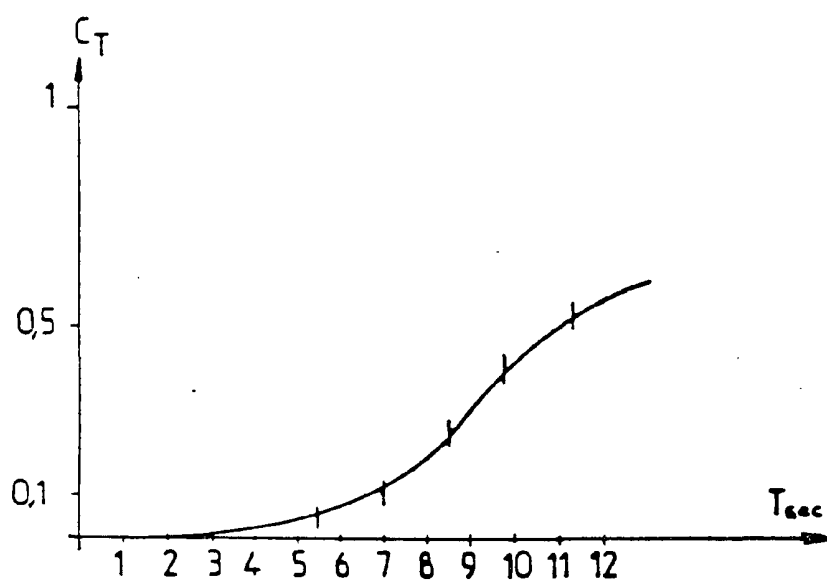


Fig 6

167930

Fig. 7

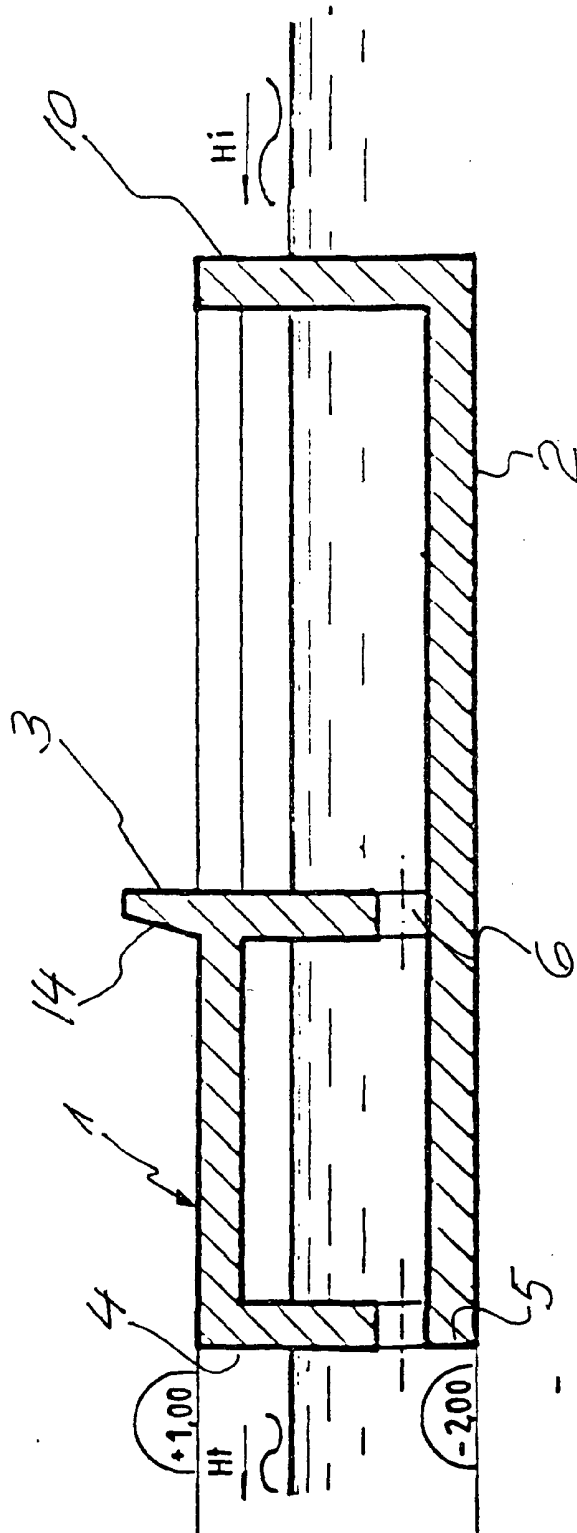
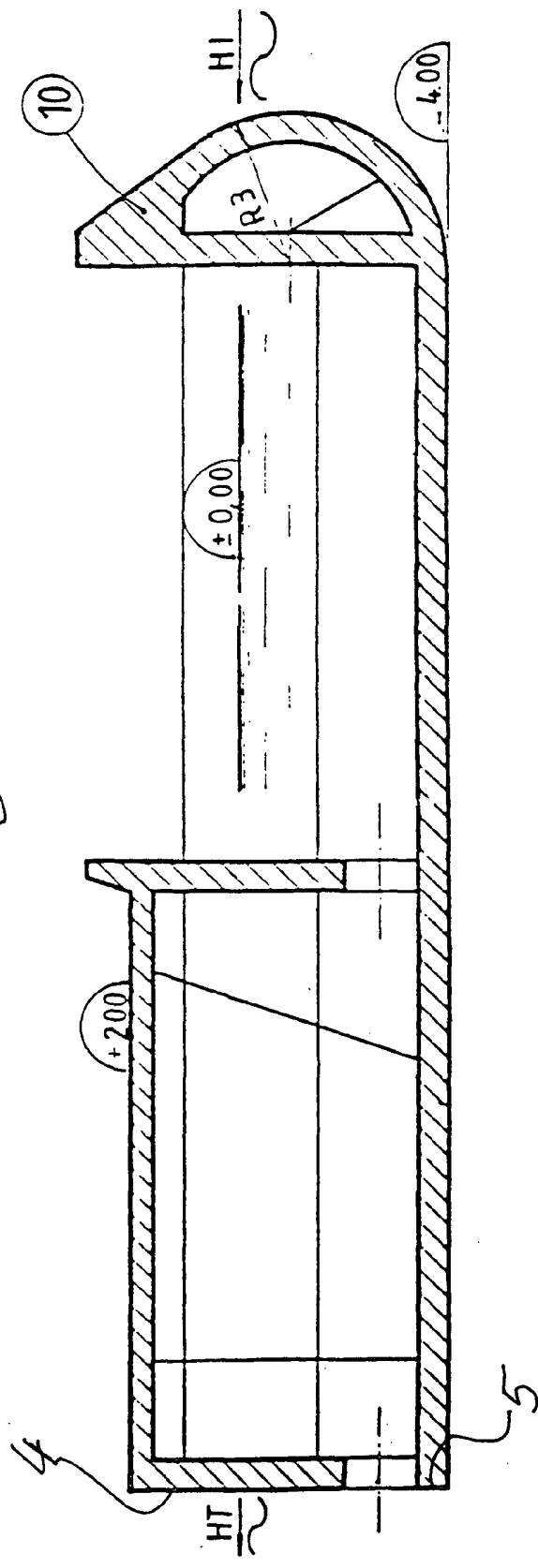


Fig. 8



167930

