



(12) PATENT

(19) NO

(11) 330076

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

*B63B 35/44 (2006.01)*

*B63B 22/02 (2006.01)*

*B63B 39/00 (2006.01)*

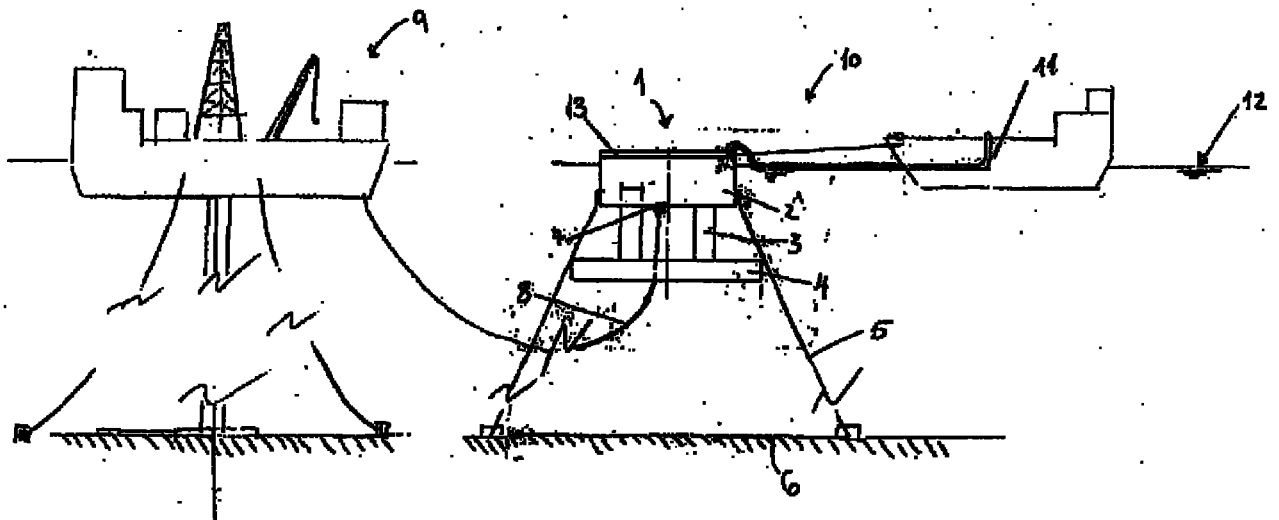
*B63B 39/06 (2006.01)*

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20041019	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2004.03.10	(85)	Videreføringssdag
(24)	Løpedag	2004.03.10	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2005.09.12		
(45)	Meddelt	2011.02.14		
(73)	Innehaver	Moss Maritime AS, Postboks 120, 1325 LYSAKER, Norge		
(72)	Oppfinner	Per Herbert Kristensen, Mallingsrudveien 28, 1349 RYKKINN, Norge Erik Pettersen, Grindene 3, 3408 TRANBY, Norge Ida Husem, Alfheimveien 9 A, 1358 JAR, Norge Tor Skogan, Underhaugsveien 10C, 1358 JAR, Norge		
(74)	Fullmektig	Onsagers AS, Postboks 6963 St Olavs Plass, 0130 OSLO, Norge		

(54)	Benevnelse	<b>Flytende konstruksjon</b>
(56)	Anførte publikasjoner	Utdrag fra Field Development Concepts of the World), side 96, 2000.11.13
(57)	Sammendrag	

Den foreliggende oppfinnelse angår en flytende lastebøye (1) omfattende et overflateelement (2), søyler (3) som forbinder overflateelementet (2) til et neddykket pongtongelement (4), forankringsanordninger (5) for forankring av lastebøyen (1) til havbunnen (6), i det minste ett innfestingspunkt (7) for overføringsrørledninger (8) fra en produksjons/prosess/lagringsenhet (9) til lastebøyen (1), forankrings- og overføringsanordninger (10) for overføring av fluid fra lastebøyen (1) til et laste/lossefartøy (11). Overflateelementet (2) er anordnet flytende i vannplanoverflaten (12) og har i et hovedsakelig horisontalt plan, et hovedsakelig rundt formet tverrsnitt og en dypgang i vannmassene, søylene (3) strekker seg fra overflateelementet (2) og ned til pongtongelementet (4), som i et hovedsakelig horisontalt plan har en hovedsakelig rundt formet ytre avslutning og en dypgang i vannmassene. Forholdet av volumet av pongtongelementet (4) over vannlinjearealet av overflateelementet (2), er i området 4-7m og foretrukket tilnærmet 6m, og dypgangen av overflateelementet (2) over dypgangen av pongtongelementet (4) er i området 0,31- 0,43 og hvor den vertikale forankringsstivheten for lastebøyen (1) er over 50% av vannplanstivheten for lastebøyen (1).



Den foreliggende oppfinnelsen angår en flytende konstruksjon omfattende et overflateelement som er anordnet i vannoverflaten og søyler som forbinder overflateelementet til et neddykket pongtongelement. Konstruksjonen er forankret til havbunnen med et relativt stramt forankringssystem og det forløper

5 overføringsrørledninger for olje eller gass til og fra den flytende konstruksjonen. I henhold til foretrukne utførelser av oppfinnelsen danner den flytende konstruksjonen en lastebøye eller en brønnhodeplattform.

I forbindelse med offshoreproduksjon, alternativt lagring og eller lasting og lossing av fluid, velges det ofte flytende enheter for ett eller flere av disse aktivitetene. Det

10 kan være en flytende produksjonsenhet forbundet til de underjordiske brønnene med stigerør, det kan være en flytende mellomagringsenhet eller alternativt også flytende lastebøyer. For alle disse enhetene er det ofte benyttet stive stigerør hengende i hele eller delvise kjedelinjer for overføring av fluid til eller fra enheten.

Eksempelvis er det ved mange feltutbygginger valgt en løsning med en bunnfast

15 eller flytende produksjons- og lagringsenhet som er forbundet med undersjøiske brønner via eksempelvis fleksible eller stive stigerør. I de tilfeller man har en flytende produksjonsplattform med stive stigerør og et ønske om å ha brønnhodene anordnet på plattformen bør plattformen ha en bevegelseskarakteristikk som gir minst mulig bevegelse av den flytende enheten slik at eventuelle

20 kompenseringsanordninger kan gjøres minst mulig eller elimineres. Å ha brønnhodene anordnet over vannoverflaten er enklere da man får et tørt system, ulempen er at man normalt må ha relativt omfangsrrike kompenseringsanordninger for plattformens bevegelse i vannmassene. For en slik flytende produksjonsplattform vil det ofte også være anordnet eksportør til en lagringsenhet

25 og eller til et laste-/lossesystem, hvor disse eksportørene ofte er stive stålrør, såkalte Steel Catenary Risers (SCR), som normalt i alle fall i en del av sin lengde danner kjedelinjer. Disse SCR-ene er utsatt for utmatting som et resultat av den flytende plattformens bevegelse.

I "Field development Concepts of the World", 2000.11.13, side 96, er det omtalt en

30 offshorekonstruksjon som omfatter et overflateelement og et neddykket pongtongelement samt søyler som forbinder elementene. Overflate- og pongtongelementene har videre et rundt formet tverrsnitt. Det er også nevnt at konstruksjonen er utformet slik at forholdet mellom volumet av pongtongelementet og vannlinjearealet av overflateelementet ligger i et størrelsesområde som er større

35 enn 1.

I tilfeller hvor det benyttes laste-/lossefartøy for transport av fluidet overføres fluidet for å ha størst mulig oppetid for et laste/lossesystem, gjerne fra en produksjons-/lagrings-/overføringsenhet til en lastebøye anordnet i en avstand fra produksjons-/lagrings-/overføringsenheten. Ved å ha en lastebøye kan enten deler

40 av denne eller forankringen av den gjøres slik at laste/lossefartøyet kan forankres

mot lastebøyen uavhengig av vær-retningen noe som gir en lengre oppetid for laste/lossesystemet. Bruken av en slik lastebøye gir også større sikkerhet i og med at laste/lossepunktet anordnes i avstand fra for eksempel produksjonsutstyret.

5 På større havdyp anordnes slike lastebøyer flytende i vannmassene og bevegelseskarakteristikken av lastebøyen har vist seg å bli avgjørende både for oppetid og også levetid for lastebøyen og dens tilknyttede systemer tilsvarende som for brønnhodeplattformene. Slike lastebøyer vil normalt være utformet som en sylinder med en hovedsakelig vertikal akse, hvor diameteren for sylindere normalt er rundt 23 m og høyde av den er 8 meter, hvor 6 meter er dypgang i vannmassene. Bøyen er normalt utstyret med et svingbart bord på toppen slik at tankskipet kan laste/losse fra den siden som er gunstig ut i fra den fremherskende vindretningen.

10 Normalt vil det mellom produksjons-/lagrings-/overføringsenheten og lastebøyen være stålrør SCR for overføring av fluid som skal lastes og eller losses. Dette stålrøret henger normalt som en kjedelinje eller en modifisert kjedelinje (lazy wave) fra den flytende lastebøyen, fra innfestingspunktet til lastebøyen og ut i vannmassene. Spesielt er dette tilfelle når produksjons-/lagrings-/overføringsenheten også utgjøres av en i overflaten flytende enhet, som en produksjonsplattform eller et produksjons- og lagringsskip.

20 Det har generelt vist seg at det er vanskelig å få slike stigerør hengende som en kjedelinje, til å holde i forhold til et utmattingsmessig synspunkt, særlig er dette et problem ved større diameter på rørene. Samtidig er det ønskelig med en større diameter på overføringsrørene for å oppnå en hurtig overføring av fluid og dermed eksempelvis mindre tilkoblingstid for laste-/lossefartøyet. Den viktigste årsaken til denne tidlige utmattingen av rørene har vist seg å være bølgeinduserte bevegelser av de flytende konstruksjonene, hvilke er relativt store. Disse bølgeinduserte bevegelsene forplanter seg over i røret og gir dynamiske spenninger i stigerøret. De bølgeinduserte bevegelsene er en kombinasjon av hiv-, rulle- og stampebevegelsene som sammen medfører spenninger i røret som vil kunne resultere i utmattingsbrudd. Det å redusere en eller flere av de flytende konstruksjonenes bevegelseskomponenter vil kunne føre til en vesentlig forbedring av utmattingssegenskapene for stigerøret av stål, og dermed lengre oppetid for de flytende konstruksjonene, eksempelvis lastebøyen eller brønnhodeplattformen.

35 Hovedhensikten med den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe en flytende konstruksjon med gunstigst mulige bevegelser i sjøgang på en slik måte at tilkoblede overføringsledninger av en spesiell type, såkalte stålstigerør (Steel Catenary Riser, SCR) kan få en gunstigst mulig opplagring og derved minst mulig utmattingsbelastning.

40 Det er derfor en hensikt med den foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe en konstruksjon som kan benyttes som en flytende lastebøye med en forbedret bevegelseskarakteristikk i forhold til eksisterende lastebøyer. Det er en hensikt å

tilveiebringe en lastebøye som har større lastings-/lossingskapasitet, hvor dette oppnås blant annet ved lengre oppetid og større rørdiameter på overføringsrørene. Det er også en hensikt å tilveiebringe en flytende lastebøye som er tilpasset til å benyttes i forbindelse med stålrør med større diameter en normalt uten at det går ut over utmattingsegenskapene for lastebøyesystemet. Det er også en hensikt å tilveiebringe en lastebøye som kan benyttes i havområder med tyngre sjøgang enn eksisterende tilsvarende lastebøyer.

Det er en ytterligere hensikt med den foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe en konstruksjon som kan benyttes som en brønnhodeplattform, hvor behovet for kompenseringsanordninger vesentlig redusert.

Det er tilveiebrakt en flytende konstruksjon i henhold til de vedføyde krav som oppfyller de ovennevnte hensikter.

Konstruksjonen i henhold til oppfinnelsen kan som antydnet benyttes til flere formål. Den mest iøynefallende er bruk som lastebøye som beskrevet i det følgende, men et annet gunstig bruksområde vil være som brønnhodeplattform for områder med relativt gunstig hav og bølgemiljø.

Den foreliggende oppfinnelse angår en flytende konstruksjon bruk som eksempelvis en lastebøye eller en brønnhodeplattform, som omfatter et overflateelement, søyler som forbinder overflateelementet til et neddykket pongtongelement, forankringsanordninger for forankring av konstruksjonen til havbunnen, i det minste ett innfestingspunkt for overføringsrørledninger til og fra den flytende konstruksjonen. For en lastebøye omfatter konstruksjonen i det minste overføringsledninger fra en produksjons/prosess/lagringsenhet til lastebøyen og forankrings- og overføringsanordninger for overføring av fluid fra lastebøyen til et laste-/lossefartøy. For bruk som en brønnhodeplattform omfatter konstruksjonen innfestings- og brønnhodearrangement for stigerør fra havbunnen opp til plattformen og i det minste noe prosesseringsutstyr.

I henhold til oppfinnelsen er overflateelementet anordnet flytende i vannplanoverflaten. Overflateelementet har i et hovedsakelig horisontalt plan et hovedsakelig rundt formet tverrsnitt, og kan eksempelvis ha en ytre form tilsvarende en sylinder med en hovedsakelig vertikal akse. Det kan her tenkes at overflateelementet i stedet er åtte eller mangekantet eller formet annerledes, det vesentlige er at det har en hovedsakelig lik belastning fra alle kanter av eventuelle ytre påkjenninger og dermed søker å ligge i ro og ikke dreie i vannmassene på grunn av disse ytre påkjenningene. Overflateelementet har en vertikal høyde og en del av denne er anordnet nede i vannmassene og danner en dyppgang av overflateelementet. Overflateelementet kan gjerne utformes som et sylinderformet ringelement, det vil si med en gjennomgående åpning i senter langs en hovedsakelig vertikal symmetriakse, ala en moonpool.

Fra overflateelementet strekker det seg et flertall søyler ned til pongtongelementet. Antallet søyler kan varieres. Søylen kan ha en hovedsakelig sylindrisk form, men kan også utformes med andre former som eksempelvis firkantet eller mangekantet. Det kan også tenkes søyler i form av fagverk. Det vesentlige her er ikke selve

5

5 utforming av søylen men at de har en utforming som har liten påvirkning på lastebøyens bevegelseskarakterstikk og at de overfører de nødvendige krefter mellom overflateelementet og pongtongelementet.

Pongtongelementet har også som overflateelementet i et hovedsakelig horisontalt plan en hovedsakelig rundt formet ytre avslutning, slik at det dannes en

10 hovedsakelig sylinderformet ytre avslutning av pongtongelementet i den vertikale retningen. Med dette menes alt fra en likesidet mangekantet ytre avslutning som eksempelvis en åttekantet eller sekstenkantet avslutning til en sirkelformet ytre avslutning. Det kan også tenkes andre varianter av pongtongen, men disse er ikke så fordelaktige. Pongtongelementet har et volum og en dypgang i vannmassene.

15 Pongtongelementet kan godt utformes som et ringformet pongtongelement med en hovedsakelig vertikal symmetriakse og dermed med en indre gjennomgående åpning tilsvarende en moonpool, men det kan også tenkes et sylinderformet pongtongelement med en hovedsakelig vertikal akse sammenfallende med overflateelementets vertikale akse uten en gjennomgående åpning.

10

15

20

Forankringssystemet av konstruksjonen mot havbunnen er et såkalt stivt forankringssystem som strekker seg fra konstruksjonen til ankeranordninger på havbunnen. Valg av innfestingssystem av forankringssystemet til konstruksjonen og til havbunnen vil være opp til en fagmann å velge, men eksempelvis kan det tenkes en variant hvor forankringslinene forløper fra den ytre side av overflateelementet

25 med en skå orientering ned til havbunnen. Det kan her også tenkes forskjellige forankringsanordninger for en lastebøye sett i forhold til en brønnhodeplattform.

25

Den flytende konstruksjonen i henhold til oppfinnelsen er for å oppnå den fordelaktige bevegelseskarakteristikken designet i henhold til de følgende kriterier som har vist seg fordelaktige, hvor utledningen av disse skal forklares nedenfor i

30 den detaljerte delen av beskrivelsen. Et første kriterium er at forholdet av volumet av pongtongelementet over vannlinjearealet av overflateelementet er i området  $0,2 \cdot L - 0,6 \cdot L$ , foretrukket tilnærmet  $0,3 \cdot L$ , hvor  $L$  er en typisk karakteristisk lineær størrelse til enheten definert til å være overflateelementets diameter, men kan være i området  $0,14 \cdot L -$  til  $0,28 \cdot L$  for brønnhodeplattformen, fortrinnsvis i

35 området  $0,23 \cdot L -$  til  $0,28 \cdot L$ . Et annet kriterium er at dypgangen av overflateelementet over dypgangen av pongtongelementet er i området 0,30- 0,5 og fortrinnsvis 0,3- 0,4 for lastebøyen og fortrinnsvis 0,4-0,5 for andre applikasjoner som f.eks. brønnhodeplattformen. Et siste kriterium er at den vertikale forankringsstivheten for konstruksjonen ligger i området 20-75% for den flytende

40 konstruksjonen i henhold til oppfinnelsen og helst 50-75 % for en lastebøye men i området 20-50% for en brønnhodeplattform i forhold til vannplanstivheten ( $\rho g W a$ )

30

35

40

hvor  $\rho$  er tettheten til vann,  $g$  er tyngdeakselerasjonen og  $Wa$  er vannplanarealet. Forankringsstivheten er den stivhet, det vil si kraft pr. lengdeenhet, som oppstår i forankringssystemet som en følge av en vertikal (hiv) forskyvning på en lengdeenhet av plattformen. Dette er således ikke en konstant forspenningskraft, men en endring av vertikal kraft som følge av vertikal bevegelse. Enheten for denne stivheten er kN/m.

Det faktum at denne flytende konstruksjonen gir spesielt gode opplagingsbetingelser for et stålstigerør av SCR typen kan også utnyttes i forskjellige bruksområder. Et eksempel på dette er en lastebøye et annet er en brønnhodeplattform for områder med gunstig bølgemiljø, som for eksempel vestkysten av Afrika. En brønnhodeplattform kan være en flytende konstruksjon som i ytre trekk er ganske lik en lastebøye, men er som regel noe større og har en del andre funksjoner. Brønnhodeplattformen vil være forbundet til hydrokarbonreservoaret ved hjelp av stive vertikale stigerør. De såkalte brønnhodene, som er ventiler som regulerer oljestrømmen, står på selve plattformen. Dette i motsetning til såkalt undervannsløsninger (sub-sea) hvor brønnhodeventilene ligger i konstruksjoner på havbunnen.

En brønnhodeplattform vil ofte være et økonomisk gunstig alternativ til undervannsløsninger, men den krever at bevegelsene kan kompenseres med dertil passende mekanisk utstyr på dekket av plattformen. Plattformens bevegelser må følgelig være gunstigst mulig i forhold til de eksisterende bølgeforhold på feltet.

Når hydrokarbonstrømmen har kommet på dekket av brønnhodeplattformen blir den ofte utsatt for en viss prosessering før den sendes videre til et fullstendig produksjonsanlegg. Dette produksjonsanlegget kan være en annen plattform, et produksjonsskip eller hydrokarbonstrømmen kan sendes via rørledninger til land. I alle fall vil hydrokarbonstrømmen eksporteres via et stålstigerør av SCR typen. Man vil følgelig i dette tilfellet nyte godt av plattformens gunstige bevegelser både til innfestning av stålstigerør og for arrangementet av hivekompensering av brønnhodene på toppen av de stive brønnstigerørene.

Det andre bruksområdet for den flytende konstruksjonen i henhold til oppfinnelsen er som en lastebøye. Overføringsrørledninger fra lastbøyen til produksjons/prosess/lagringsenhet og eller til lastings-/losseenheten, forløper tilnærmet som kjedelinjer av normalt stive rør, eksempelvis stålrør, SCR, fra lastebøyen. Videre utgjøres produksjons/prosess/lagringsenheten i de fleste tilfeller av en annen flytende enhet. Det kan tenkes andre varianter med kjedelinjeoverføring fra en havbunns eller brønnbasert produksjonsenhet, lagringsanordning på land eller bunnfast plattformskonstruksjon, oppfinnelsen skal således ikke begrenses til å kun omfatte lastebøyer hvor overføringsrørene forløper fra en flytende enhet til lastebøyen. Det kan også tenkes at overføringsrørene forløper over/gjennom et

oppdriftselement som er neddykket eller befinner seg i vannoverflaten, slik at rørene danner en tilnærmet kjedelinje inn mot lastebøyen.

5 I en foretrukket utførelse av den flytende konstruksjonen har søylene liten påvirkning på konstruksjonens bevegelsesmønster, ved at de enten utgjøres av fagverk, helt eller delvis lukkede elementer gjerne sylindrerformede med liten midlere diameter, manglekantede, likesidede, andre former og eller en kombinasjon av dette. I noen utførelser av oppfinnelsen kan søylene helt eller delvis danne oppdriftselementer for å øke oppdriften av konstruksjonen.

10 For å gi best mulig opptid for den flytende konstruksjonen når den anvendes som en lastebøye, omfatter overflateenheten i en foretrukket utførelse et svingbart dekkselement for varierende orientering av forankrings- og overføringsanordninger for overføring av fluid.

15 I en foretrukket utførelse av den flytende konstruksjonen har overflateelementet et forhold av dypgang over total høyde tilnærmet lik 0,75 og overflateelementet har en hovedsakelig sylindrisk form med en senterakse hovedsakelig vertikalt orientert, og en midtre gjennomgående senteråpning lik en moonpool gjennom både overflateelementet og pongtongelementet.

20 Videre utgjøres pongtongelementet av en ringpongtong, f.eks. åttekantet med en ytre midlere diameter. Forholdet av diameteren til overflateelementet over ytre diameter til ringpongtongen er i en foretrukket utførelse tilnærmet lik 0,7.

25 Oppfinnelsen skal nå forklares nærmere med en forklaring av et utførelseseksempel i form av en lastebøye og den teoretiske utledningen av oppfinnelsen, med henvisning til de vedføyde tegninger. Dette utførelseseksempellet må ikke ansees for å begrense oppfinnelsen til en lastebøye, da den like gjerne kan benyttes som en brønnhodeplattform. De vedføyde tegninger er;

Fig. 1 viser en skisse av en lastebøye i henhold til oppfinnelsen brukt mellom en flytende produksjons-/lagringsenhet og et laste-/lossefartøy

Fig. 1a viser en tverrsnittskisse av lastebøyen i henhold til en utførelse av oppfinnelsen,

30 Fig. 1b viser utførelsen på fig. 1a sett ovenfra,

Fig. 2 viser diagram med krefter i vertikal retning som virker på lastebøyen i henhold til oppfinnelsen i forhold til bølgeperioder,

Fig. 3 er en skisse som forsøker å vise innvirkningen av trykkrefter og partikkelakselerasjoner i et bølgeprofil på en lastebøye i henhold til oppfinnelsen,

35 Fig. 4 diagram med responsoperatoren for rulle/stampebevegelsen i forhold til bølgeperioder for en lastebøye i henhold til oppfinnelsen,

Fig. 5 viser et diagram med hiveoperatoren i forhold til bølgeperioder med innvirkning av forankringsstivheten for en lastebøye i henhold til oppfinnelsen.

En utførelse av lastebøyen i henhold til oppfinnelsen er vist på fig. 1. Det skal bemerkes at elementene på figuren ikke er vist skalert i forhold til hverandre.

5 Lastebøyen 1 omfatter et overflateelement 2 som flyter i vannoverflaten 12. Fra overflateelementet strekker det seg søyler 3 ned til et pongtongelement 4. Lastebøyen 1 er med et såkalt stivt forankringssystem 5 forankret til havbunnen 6. Forankringssystemet 5 er vist med forankringslinjer forløpende fra utsiden av overflateelementet i en skrå vinkel ned mot havbunnen 6. Vinkelen på  
10 forankringslinjene er slik at de går klar av pongtongen og vil i mange tilfeller danne en vinkel i området rundt 30 grader med en vertikal akse. Det kan også tenkes andre varianter for forankring, eksempelvis at forankringslinjene føres i føringsanordninger på pongtongelementet.

15 Fra et innfestingspunkt 7 på lastebøyen 1 forløper det et overføringsrør 8 fra produksjons-/lagringsenheten 9 som i dette tilfellet er et flytende produksjons-/lagringsskip. Da denne enheten 9 ikke er en del av oppfinnelsen er den ikke forklart nærmere. Det er også vist bare ett rør 8, men det kan tenkes flere parallelle rør. Fra lastebøyen 1 forløper det i forbindelse med et forankrings og overføringssystem 10 slanger for overføring av fluid mellom lastebøyen 1 og laste-  
20 /lossefartøyet 11. Forankrings- og overføringssystemet 10 er gjerne anordnet på en svingplate 13 som danner en del av overflateelementet 2. Forankrings- og overføringssystemet 10 utgjøres i dette tilfellet av en fleksibel slange flytende i vannoverflaten som føres opp på fartøyet midtskips. Det kan her selvsagt tenkes andre varianter, som neddykket bøye, teleskopisk overførings bom etc.

25 På fig. 1a og 1b er de konstruktive elementene ved lastebøyen 1 vist i mer detalj. Lastebøyen 1 har et overflateelement 2 som er anordnet flytende i vannoverflaten 12. Overflateelementet har i dette utførelseseksempelet en hovedsakelig sylindrisk ringform med en hovedsakelig vertikal akse. Overflateelementet 2 har en diameter 21 og en høyde 22 i den vertikale retningen samt en dypgang 23 ned i vannmassen  
30 under vannoverflaten 12. Fire søyler 3 strekker seg fra bunnen av overflateelementet 2 og ned til pongtongelementet 4. Søylene 3 har en søylediameter 31 og en avstand 32 mellom senteraksene av søylene. Pongtongen 4 er i dette tilfellet en åttekantet ringpongtong 4, med en diameter 41 og en dypgang 42 ned i vannmassene under vannoverflaten 12.

35 I en utførelse av en lastebøye i henhold til oppfinnelsen er lastebøyen dimensjonert med siste kolonne i tabellen er tilsvarende verdier for en utførelse av oppfinnelse som en brønnhodeplattform:

Enhet	Tallhenvisning	Verdi	Brønnhode plattform
		Lastebøye	

Diameter overflateenhet	21	20	43
Høyde overflateenhet	22	8	12
Dypgang overflateenhet	23	6	8
Diameter søyler	31	3	3
Senteravstand mellom søyler	32	11	26
Diameter pongtong	41	28	59
Dypgang pongtong	42	17	17

Nedenfor er det gitt en teoretisk utledning av tankerekken bak den ovenfor omtalte konstruksjonen av lastebøyen i henhold til oppfinnelsen.

5 Et legeme som beveger seg i bølger vil utsettes for varierende trykkrefter over sin overflate. Integreres disse trykkreftene opp får man varierende globale krefter som er drivende for de bølgeinduserte bevegelsene. Tilstedeværelsen av legemet i vannet vil forstyrre det ideelle trykkmønster i bølgene på grunn av refleksjon og diffraksjon. Effekten av dette inkluderes ved å justere den totale massen som tilsynelatende følger med i bevegelsen; den såkalte adderte masse "added mass". På neddykkede deler av konstruksjonen er det ofte gunstig å betrakte partikkelakselerasjoner som virker på den fortrengte væskemasse av et legeme, inkludert tilleggsmasse fremfor å integrere opp trykket fra det diffrakterte trykkpotensialet (Morrison metoden).

15 Hvis vi tar en lastebøye i henhold til oppfinnelsen som angitt på fig. 1 og betrakter den kan man noe forenklet si at den delen av legemet som flyter i overflaten er utsatt for trykkrefter, mens undervannspingtongen blir utsatt for massekrefter.

20 Med utgangspunkt i en slik betraktning kan man for den foreliggende oppfinnelse si at trykkreftene på overflatedelen vil gi en vertikalt rettet trykkraft som er 180 grader faseforskjøvet i forhold til kreftene som skyldes undervannsdelen, og som hovedsakelig skyldes partikkelakselerasjon i væsken. Disse to komponentene som man får ved en lastebøye i henhold til oppfinnelsen vil følgelig ha en tendens til å eliminere hverandre. Nå kan man forsøke å utforme delene i vannflaten og under vannflaten på en slik måte at de motsatt virkende kreftene i størst mulig grad eliminerer hverandre; fortrinnsvis mest mulig i et område med bølgeperioder som er viktig for utmatting av stigerøret av stål.

For å oppnå dette bør det være bestemte forhold mellom tverrsnittsarealet av bøyen i vannlinjen, volumet av undervannsdelen samt dypgangen av begge delene.

30 Fig. 2 viser typisk hvordan disse kreftene kan være i forhold til hverandre ved en gitt konfigurasjon. Den heltrukne linjen er kraften som skyldes trykket under bunnen av overflatedelen alene, den prikkete linjen er massekreftene som virker på

pongtongen, og den stiplede linjen er summen av disse to. Som man ser vil disse to krefter kansellere hverandre fullstendig for en periode omkring 8-10 sekunder, og resultatene vil generelt være mye mindre for alle perioder.

5 Den resulterende hivbevegelsen vil følgelig bli vesentlig gunstigere for bøyen med konstruksjon og de valgte forhold i henhold til oppfinnelsen enn en bøye som kun flyter i overflaten.

10 Den valgte konfigurasjonen viser seg også å være meget gunstig med hensyn på rulle- og stampebevegelsene. Denne effekten kan også forklares med forskjellen mellom trykkrefter og partikkelakselerasjoner i et bølgeprofil. Dette er forsøkt illustrert på fig. 3.

15 Trykkrefter, som er dominerende for bøyen i overflaten, forårsaker et moment med en retning mot urviseren ved en bølge som indikert på figuren. De horisontale akselerasjonskreftene vil, imidlertid, virke den motsatte retningen på grunn av den avtagende verdien på akselerasjonen nedover i vandypet (kjent som Smith effekten).

Fig. 4 viser den vesentlige forbedringen av rulle-stampebevegelsen som oppnås ved denne konstruktive endringen i henhold til oppfinnelsen, representert med responsoperatoren for rulle-/stampebevegelsen.

20 Den tredje metoden som er benyttet til å forbedre bevegelsesegenskapene for lastebøyen i henhold til oppfinnelsen er å ha et samvirke mellom forankringssystemet og de hydrodynamiske kreftene som virker på konstruksjonen.

25 Enhver flytende konstruksjon som skjærer gjennom vannlinjen har en såkalt vannplanstivhet. Dette sammen med konstruksjonens totale masse definerer den naturlige perioden (egenperioden) som konstruksjonen har i hivbevegelse. Dersom enheten utsettes for bølgeeksitasjon med periodeinnhold som er i nærheten av denne naturlige perioden vil det kunne oppstå meget store utslag.

Det kan bevises at den naturlige perioden for en flytende konstruksjon alltid vil være høyere enn kanselleringsperioden som skyldes samvirke mellom masse og trykk-krefter som diskutert ovenfor.

30 Ved å påføre en ekstra ytre stivhet er det imidlertid mulig å senke den naturlige periode. Dersom denne senkes tilstrekkelig til å sammenfalle med kanselleringsperioden vil det nesten ikke oppstå bølgeeksitasjon ved egenperioden og det vil ikke oppstå store bevegelser selv om det er mye bølgeeksitasjonsenergi ved egenperioden.

35 For å oppnå denne effekten bør den vertikale stivheten av forankringssystemet være større enn 25 % av vannplanstivheten, helst større enn 50 % men aller helst større enn 75 % av vannplanstivheten. Valg av forankringsstivhet vil kunne forskyve optimalt valg av dimensjoner for overflatedelen og pongtongdelen.

Sammenhengen mellom bevegelsesoperatoren for hivbevegelsen og vertikal stivhet av forankringssystemet er vist på fig. 5.

5 Oppfinnelsen er nå forklart med et utførelseseksempel, dette er kun ment som et eksempel og det kan tenkes en rekke varianter og endringer i forhold til dette som er innenfor rammen av oppfinnelsen som definert i de etterfølgende krav. Eksempelvis kan overflateelementet være åtte- eller manglekantet. Det kan tenkes at pongtongelementet er sylindrerformet uten moonpool. Søylene kan være konisk formet med en nedre fagverksdel etc.

## PATENTKRAV

1. Flytende konstruksjon, spesielt egnet som eksempelvis lastebøye eller brønnhodeplattform, omfattende et overflateelement (2) med i et hovedsakelig horisontalt plan et hovedsakelig rundt formet tverrsnitt, søyler (3) som forbinder overflateelementet (2) til et neddykket pongtongelement (4) med i et hovedsakelig horisontalt plan en hovedsakelig rundt formet ytre avslutning og en dyppgang i vannmassene, forankringsanordninger (5) for forankring av konstruksjonen (1) til havbunnen (6) og i det minste ett innfestingspunkt (7) for overføringsrørledninger (8) til en annen enhet, eksempelvis en havbunnsinstallasjon, flytende produksjonsskip, laste/lossefartøy etc.,
- 10 k a r a k t e r i s e r t v e d at overflateelementet (2) er anordnet flytende i vannplanoverflaten (12) med en dyppgang i vannmassene og at forholdet av volumet av pongtongelementet (4) over vannlinjearealet av overflateelementet (2) er i området  $0,2*L - 0,6*L$ , hvor L er overflateelementets diameter, og dyppgangen av overflateelementet (2) over dyppgangen av pongtongelementet (4) er i området 0,3-0,5 og at den vertikale forankringsstivheten for lastebøyen (1) er i området 20-75 % av vannplanstivheten for konstruksjonen (1).
2. Flytende konstruksjon i henhold til krav 1,
- 20 k a r a k t e r i s e r t v e d at den er en lastebøye omfattende innfestingspunkt (7) for overføringsledninger (8) fra et produksjons/prosess/lagringsenhet (9) til lastebøyen (1) og forankrings- og overføringsanordninger (10) for overføring av fluid fra lastebøyen (1) til et laste-/lossefartøy (11) og forholdet av volumet av pongtongelementet (4) over vannlinjearealet av overflateelementet (2) er i området  $0,2*L - 0,35*L$ , og foretrukket tilnærmet  $0,3*L$ , hvor L er overflateelementets diameter, og dyppgangen av overflateelementet (2) over dyppgangen av pongtongelementet (4) er i området 0,31- 0,43 og hvor den vertikale forankringsstivheten for lastebøyen (1) er over 50 % av vannplanstivheten for konstruksjonen.
- 25
3. Flytende konstruksjon i henhold krav 2,
- 30 k a r a k t e r i s e r t v e d at overføringsrørledningen (8, 10) fra lastbøyen til produksjons/prosess/lagringsenhet og eller til lastings-/losseenheten forløper som kjedelinjer fra lastebøyen (1).
4. Flytende konstruksjon i henhold krav 2 eller 3,
- 35 k a r a k t e r i s e r t v e d at produksjons/prosess/lagringsenheten (9) utgjøres av en annen flytende enhet.
5. Flytende konstruksjon i henhold til ett av kravene 2-4,
- k a r a k t e r i s e r t v e d at overflateenheten (2) omfatter et svingbart

dekkselement (13) for varierende orientering av forankrings- og overføringsanordninger (10) for overføring av fluid.

6. Flytende konstruksjon i henhold til krav 1, karakterisert ved at den danner en brønnhodeplattform omfattende innfestings- og brønnhodearrangement for i det minste ett stivt hovedsakelig vertikalt stigerør forløpende fra en brønn og i det minste ett innfestingspunkt for overføringsrør fra brønnhodeplattformen til en annen enhet, eksempelvis en lastebøye, lagringsenhet eller annet, hvor forholdet av volumet av pongtongelementet (4) over vannlinjearealet av overflateelementet (2) er i området  $0,14*L - 0,28*L$  fortrinnsvis  $0,23*L - 0,28*L$ , hvor L er overflateelementets diameter, og dypgangen av overflateelementet (2) over dypgangen av pongtongelementet (4) er i området 0,4- 0,5 og hvor den vertikale forankringsstivheten for lastebøyen (1) er i området 20-50 % av vannplanstivheten for konstruksjonen.
7. Flytende konstruksjon i henhold til krav 6, karakterisert ved at den omfatter i det minste noe prosesseringsutstyr.
8. Flytende konstruksjon i henhold til et av de ovennevnte krav, karakterisert ved at søylene (3) utgjør liten påvirkning på konstruksjonens bevegelsesmønster, ved at de enten utgjøres av fagverk, helt eller delvis lukkede elementer eksempelvis sylindformede med liten midlere diameter og eller en kombinasjon av dette.
9. Flytende konstruksjon i henhold til et av de ovennevnte krav, karakterisert ved at søylene (3) i det minste delvis danner oppdriftselementer.
10. Flytende konstruksjon i henhold til et av de ovennevnte krav, karakterisert ved at overflateelementet (2) har en hovedsakelig sylindrisk form alternativt ringformet med en senterakse hovedsakelig vertikalt orientert.
11. Flytende konstruksjon i henhold til et av de ovennevnte krav, karakterisert ved at pongtongelementet (4) utgjøres av en åttekantet ringpongtong med en ytre midlere diameter.
12. Flytende konstruksjon i henhold til krav 2, 10 og 11, karakterisert ved at forhold et mellom en diameter av overflateelementet (2) over den midlere diameter av ringpongtongen (4) er i området 0.7 .

13. Flytende konstruksjon i henhold til et av de ovennevnte krav, karakterisert ved at overflateelementet (2) har et forhold mellom dypgang over total høyde tilnærmet lik 0,75.

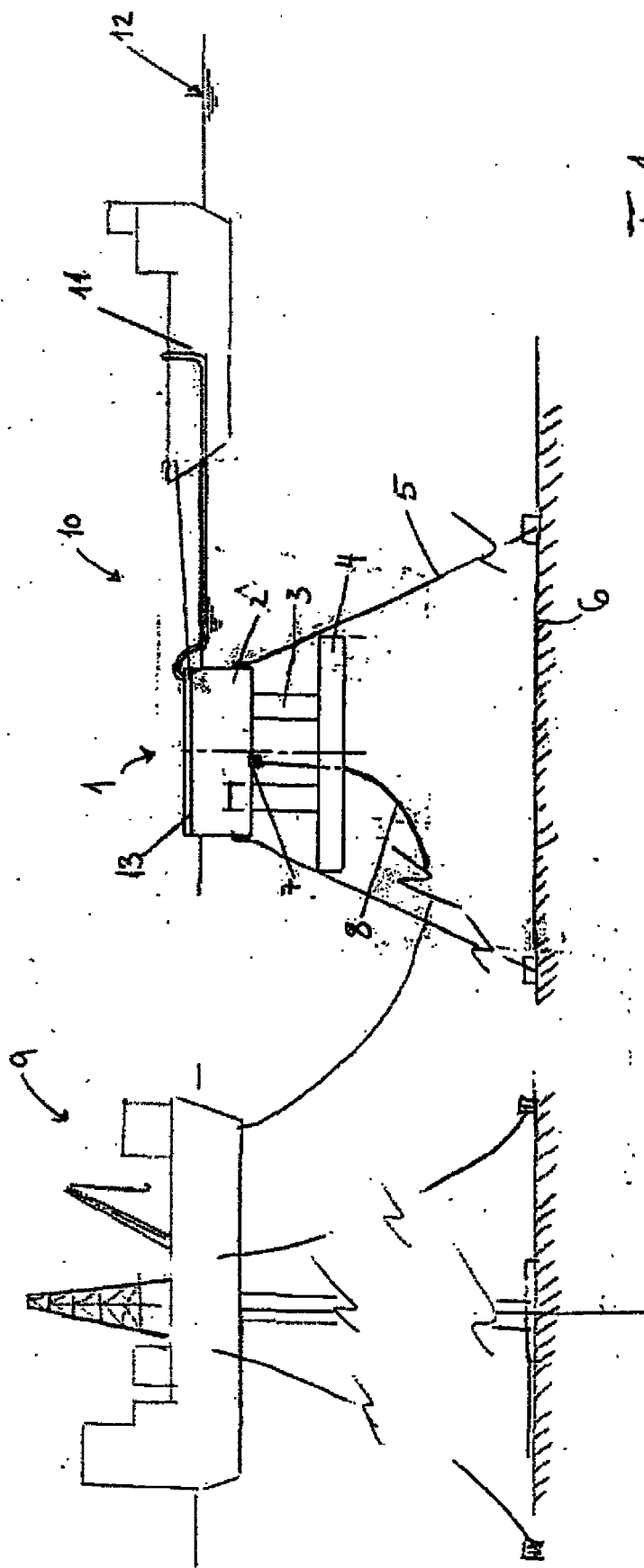


Fig 1

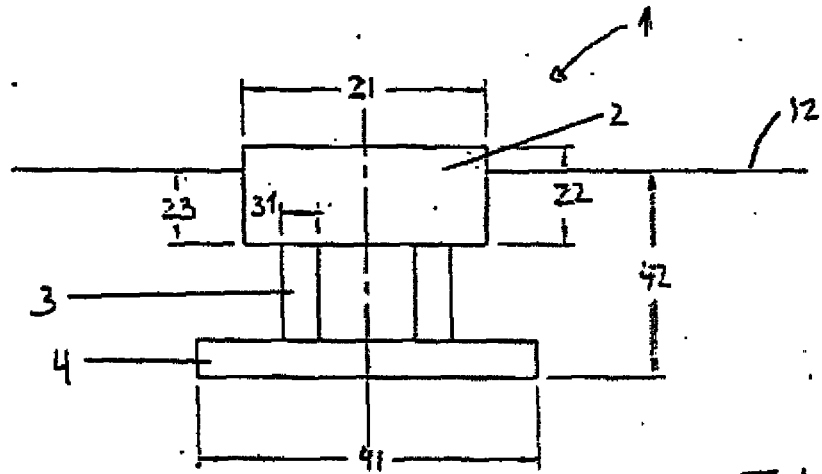


Fig 1A

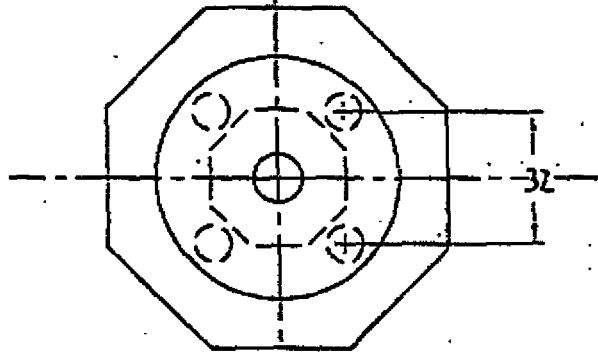


Fig 1B

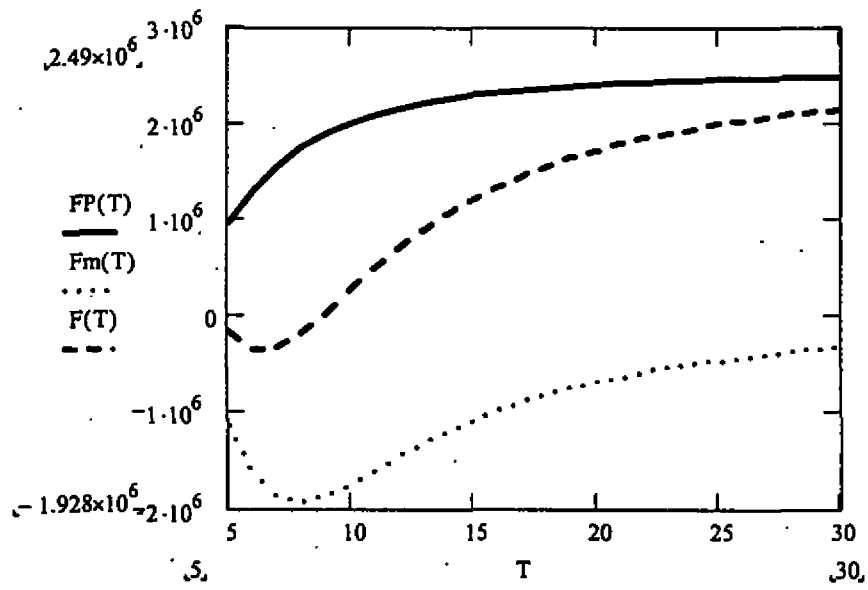


Fig. 2

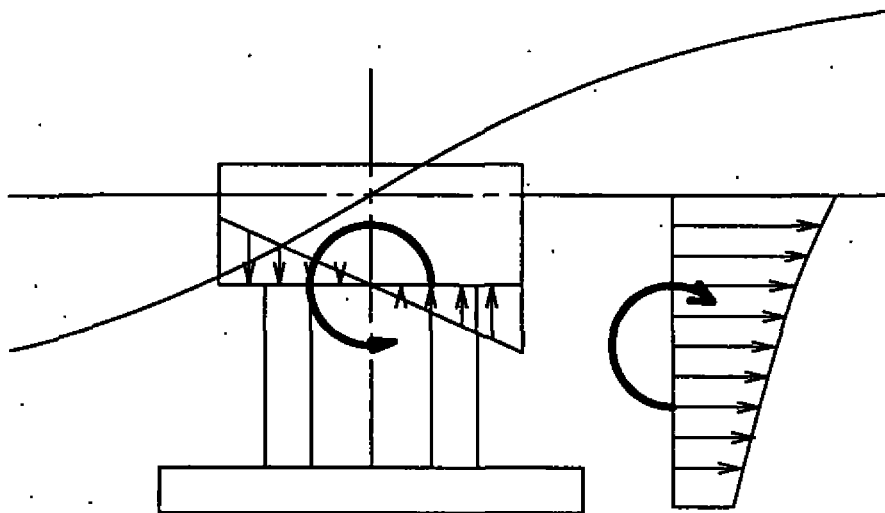


Fig. 3

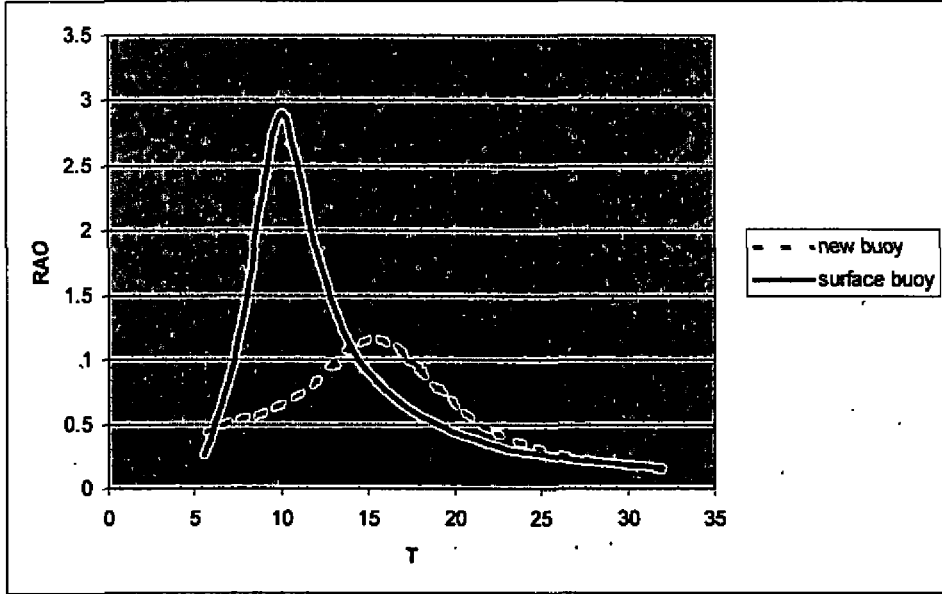


Fig. 4

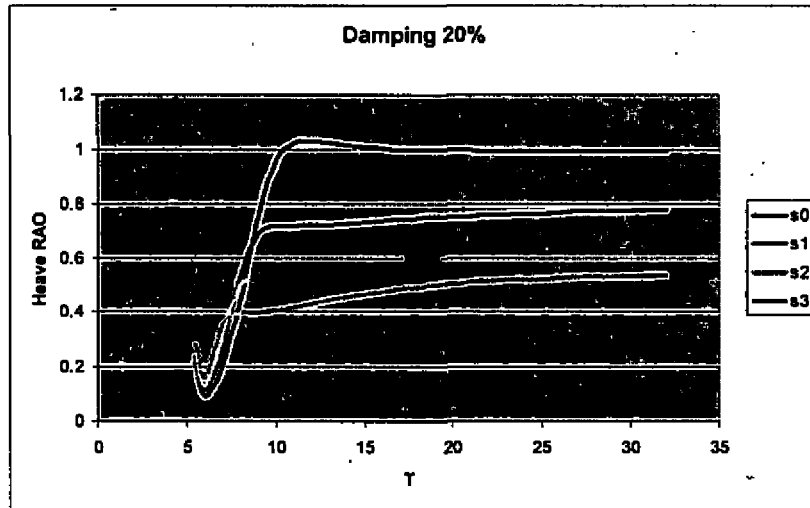


Fig. 5