



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20110918

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 21/08 (2006.01)

E21B 21/00 (2006.01)

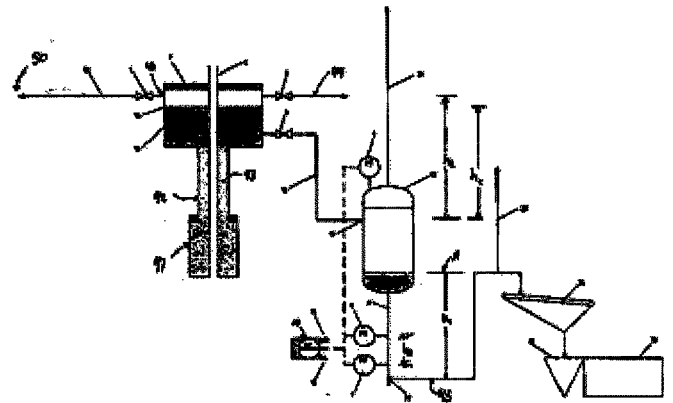
E21B 7/12 (2006.01)

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20110918	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2011.06.27	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2011.06.27	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2012.12.28		
(73)	Innehaver	Aker MH AS, Postboks 413, Lundsiden, 4604 KRISTIANSAND S, Norge		
(72)	Oppfinner	Dag Vavik, Odderhei Platå 60, 4639 KRISTIANSAND S, Norge		
(74)	Fullmektig	Onsagers AS, Postboks 1813 Vika, 0123 OSLO, Norge		

(54) **Benevnelse** Fluidavledersystem for en boreinnretning  
(57) **Sammendrag**

Et fluidavledersystem for en boreinnretning omfattende et avlederhus (15; 15') fluidmessig forbundet til et rør (3, 42, 43) som strekker seg til en undervanns brønn. Avlederhuset (15; 15') omfatter et bevegbart avlederelement (2) for å stenge av avlederhuset, en første fluidledning (44) forbundet til et slamsystem og omfattende en første ventil (5), minst en andre fluidledning (20; 20') ledende fra et utløp (46; 46') i avlederhuset ved en plassering over bord og omfattende en andre ventil (1; 48), og en tredje fluidledning (16) forbundet til en slam-/ gasseparator (MGS) (13) og omfattende en tredje ventil (4). MGS (13) er anordnet nedenfor utløpet (50) av avlederledningen, hvori stigerørfluider kan bli tilført fra avlederhuset (15) til MGS (13) ved bruk av gravitasjonsstrømning. Avlederventilen (1; 48) på en le side av boreinnretningen er konfigurert til og åpnes før avlederelementet (2) stenger rundt røret (3).



## Fluidavledersystem for en boreinnretning

### Oppfinnelsens anvendelsesområde

Oppfinnelsen relaterer seg til ekstraheringen av hydrokarboner fra undervanns (eng. subsea), undergrunns, brønner. Mer spesifikt omhandler oppfinnelsen et system for  
5 håndtering av fluider fra en brønnboring, som spesifisert i innledning av selvstendig krav 1.

### Bakgrunn for oppfinnelsen

Avledersystemer (eng. diverter systems) for bruk i undervanns boring (eng. subsea drilling) inn i hydrokarbonbrønner er velkjent. Opprinnelig ble avledersystemer  
10 installert på boreskip eller halvt nedsenkbare boreplattformer for å kunne håndtere grunn gass under boring med marint stigerør i topphullseksjoner før utblåsningssikringen (eng. Blow-Out Preventor (BOP)) var installert. I dag er det vanligere å bore topphullseksjonene med sjøvann eller vannbasert slam og med retur til havbunnen eller "riserless" retur til riggen.

15 I dag er hovedformålet til avledersystemet å håndtere gass som av en eller annen grunn har kommet inn i stigerøret etter at BOP er stengt i et såkalt "kick". Et kick er en situasjon hvor hydrokarboner, vann, eller andre formasjonsfluider kommer inn i brønnboringen under boring, fordi trykket som utøves fra kolonnen av borefluid ikke er stort nok til å overvinne trykket som utøves av fluider i formasjonen som det  
20 bores i. Etter hvert som industrien har beveget seg mot større vanddybder har det blitt vanskeligere for borerne å detektere kick tidlig fordi gassen vil være i væske- eller tett fase (eng. liquid or dense phase) på grunn av det statiske trykket ved havflate (eng. sea level) (hvor BOPen er lokalisert). Hydrokarboner i væske- eller tett fase er mye mindre kompressible enn hydrokarboner i gassfase. En typisk  
25 naturgass vil være i tett fase hvis trykket er høyere enn 153,5 bara (Cricondenbar) og temperatur mellom -29°C (kritisk temperatur) og +99°C (Cricondentherm.). Etter hvert som gassen (i væske- eller tett fase) migrerer oppover i det marine stigerøret, reduseres det statiske trykket, og gassen går fra en væske/tett fase til en gass/damp fase og ekspanderer flere hundre ganger.

30 Når gassen ekspanderer i stigerøret kan den fylle hele ringrommet, og presse den statiske kolonnen med slam tilbake til riggen, selv om BOPen er stengt. Etter hvert som den statiske kolonnen med slam reduseres og gassen migrerer oppover stigerøret, vil slammet komme tilbake med en akselerert og økende strømningsrate. Når avledersystemet aktiveres, vil dette slammet og gassen ble avledet trygt over  
35 bord (eng. overboard).

På mange rigger har en benyttet en såkalt "slam/gasseparator" (eng. mud/gas separator) (MGS) i avledersystemet i et forsøk på å separere slammet fra gassen og returnere slammet til systemet, for slik å unngå at slammet tømmes (eng. mud discharge) i sjøen. Publikasjon "API RP 64, RECOMMENDED PRACTICE FOR

DIVERTER SYSTEMS EQUIPMENT AND OPERATIONS”, utgitt av the American Institute of Technology (API) angir i seksjon 7.2.4, med tittel “Inadvertent Gas Entry into the Riser”, at:

5                   *“Shallow gas flows are not the only application for a diverter system when using a marine riser. Gas may inadvertently enter the riser while drilling at any depth when the BOP is shut-in on a kick. Gas may also enter the riser if the rams leak after the BOP is closed. Gas in the riser may be safely removed by diverting the flow overboard. In some designs, a mud/gas separator is utilized in the diverter system to separate the gas from the mud and return the mud to the system. Again, the design should not allow the*  
 10                   *diverter to completely shut-in the well.”*

Måten dette løses på i tidligere kjent teknikk er ved å stenge av avlederelementet, returstrømningsledningen og avlederledningene samtidig for å tvinge fluidet som  
 15                   returner fra stigerøret til å gå opp til MGS anordnet på et høyere nivå (eng. up to the MGS located at a higher level). Dette er illustrert i figur 1, som er vist på side 114 i BP sin publiserte rapport med tittelen ”Deepwater Horizon Accident Investigation Report” (publisert 8. september 2010).

De farlige delene ved dette designet er at strømningsraten til slammet som  
 20                   returnerer fra stigerøret er mye høyere enn designkapasiteten til MGS, noe som resulterer i at MGS og ventilledningen (eng. vent line) fylles opp. På de fleste riggene med dette systemet er det opp til boreren (operasjonsprosedyrer) å åpne avlederverventilen som leder over bord (eng. the diverter over board valve) hvis han tror at returstrømningen overstiger kapasiteten til MGS.

25                   På noen rigger vil en tripp på et ekstra høyt nivå (eng. an extra high level trip) i MGS og/ eller høytrykkstripp i avlederhuset har blitt installert for å åpne avlederverbordledningen (eng. diverter overboard line) automatisk ved et høyt nivå i MGS eller høyt trykk i avlederhuset.

Det er ikke i noen av disse designene, den vanskelige delen er det å ha nok  
 30                   tilgjengelig tid til å utføre den riktige handlingen, det vil si før ventilledningen i MGS er helt fylt opp, en tid som er veldig begrenset. Ved tidspunktet når det høye nivået i MGS eller høyt trykk i avlederen har blitt nådd, vil slammet som returnerer fra stigerøret være i en høyakselerasjonsmodus og den tilgjengelige tiden for å åpne avlederen vil være veldig begrenset.

35                   En slamplugg (eng. slug) med tungt slam som akselerer opp ventilledningen i MGS etterfulgt av en tofasestrømning og til slutt en stor gassutløsning (eng. gas release) vil lage et økt trykk i avlederhuset og mulig lekkasje i glideskjøten (eng. slip joint) som resulterer i at gass utløses under riggen ved glideskjøtkoplingen. Et skrekkbilde-scenario (eng worst case scenario) på en slik hendelse er Deepwater  
 40                   Horizon ulykken.

Oppfinneren har tenkt ut og utformet oppfinnelsen for å overkomme svakhetene ved den kjente teknikk og for å oppnå ytterligere fordeler.

### **Sammendrag av oppfinnelsen**

5 Oppfinnelsen er angitt og karakterisert i hovedkravet, mens de uselvstendige kravene beskriver andre karakteristikk til oppfinnelsen.

10 Det er tilveiebragt et fluidavledersystem for en boreinnretning, omfattende et avlederhus fluidmessig (eng. fluidly) forbundet til et rør (eng. tubular) som strekker seg til en undervanns brønn; avlederhuset omfatter et bevegbart avlederelement for å stenge av avlederhuset, en første fluidledning (eng. fluid conduit) forbundet til et slamsystem og omfattende en første ventil, minst en andre fluidledning ledende fra et utløp i avlederhuset til et utløp ved en plassering over bord og omfattende en andre ventil, og en tredje fluidledning forbundet til en slam-/ gasseparator (MGS) og omfattende en tredje ventil, karakterisert ved at MGS er anordnet nedenfor utløpet av avlederledningen, hvori stigerørfluider kan bli tilført fra avlederhuset til 15 MGS ved bruk av gravitasjonsstrømning.

I en utførelse er et innløp inn i MGS fra den tredje fluidledningen anordnet i en vertikal avstand nedenfor utløpet i avlederhuset.

MGS er fortrinnsvis fluidmessig forbundet til slambehandlingsinnretninger via en væsketetning.

20 I en utførelse omfatter MGS videre en første trykktransmitter, og væsketetningen omfatter andre og tredje trykktransmittere, anordnet i en vertikal avstand fra hverandre, og et overvåknings- og kontrollsystem (DCS), hvorved væsketetningstettheten kan bli bestemt.

25 I en utførelse er den tredje ventilen sperret med en væskeindikator for væsketetningen.

I en utførelse skråner den andre fluidledningen oppover slik at dens utløp er ved en høyere elevasjon enn dens innløp.

I en utførelse er avlederventilen på en le side av boreinnretningen konfigurert til og åpnes før avlederelementet stenger rundt røret.

30 Oppfinnelsen tillater at MGS mottar stigerørfluider på en sikrere måte enn med de kjente systemene.

35 Med det oppfunne system, er stigerørfluider rutet (eng. routed) til MGS ved gravitasjonsstrømning som tillater åpning av avlederventilen på den le siden og stengning av avlederelementet på samme tid. Dette løses ved å installere en MGS på et lavere nivå enn avlederledningsutløpene. Gassen blir på en sikker måte ventilert over bord mens borefluidet returneres til slamsystemet. I en praktisk applikasjon kan denne MGS være en andre MGS spesialdesignet for å motta fluid fra det marine stigerøret.

Det er på denne måten tilveiebrakt at en hvilken som helst gass som kan ha kommet inn i stigerøret etter at BOPen er avstengt ved et kick ventileres sikkert over bord samtidig som slam kan returnes til systemet på en sikker måte.

5 Det er også tilveiebrakt at en "Boret gass" (eng. "Drilled gas") kan bli rutet på en sikker måte til MGS fra avlederen for slik å holde avlederelementet stengt og forhindre at gass siger ut fra (eng. breaking out) avlederhuset og flykter (eng. escaping) til boredekk. Når en kjører systemet i gassutskillermodus (eng. degasser mode) vil det tillate det gassholdige slammet (eng. gas cut mud) å gå gjennom en tottrinns separasjonsprosess. MGS vil ta ut den gassen som normalt ville flyktet til 10 boredekk og shakerne, mens det andre trinnet gjøres av gassutskillerne i slambehandlingstankene. Gassutskillerne benyttes for å separere ut medrevne gassbobler (eng. entrained gas bubbles ) som er for små til å fjernes ved MGS.

### **Kort beskrivelse av tegningene**

15 Disse og andre karakteristikker av oppfinnelsen vil være tydelig fra den etterfølgende beskrivelsen av en fordelaktig form for utførelse, gitt som et ikke-begrenset eksempel, og med referanse til de vedføyde tegninger hvor:

20 Figur 1 er en forenklet skjematisk fremstilling av BOP-ventilene (eng. BOP rams), avlederelement og ventilposisjoner ifølge kjent teknikk, hvor det også er vist et typisk arrangementoppsett for boreskip eller halvt nedsenkbare borerigger. Figuren er kopiert fra side 114 i den publiserte BP-rapporten med tittelen "Deepwater Horizon Accident Investigation Report" (publisert 8. september 2010);

Figur 2 er en forenklet skjematisk fremstilling av det oppfunne systemet;

Figur 3 er en forenklet skjematisk fremstilling av en alternativ utførelse av det oppfunne systemet; og

25 Figur 4 er en forenklet skjematisk fremstilling av en alternativ utførelse av det oppfunne systemet, benyttet i en Hydril<sup>®</sup> marint stigerørsavledersystem (eng. marine riser diverter system).

### **Detaljert beskrivelse av en foretrukket utførelse**

30 En borestreng 3 strekker seg mellom et ovenbords (eng. topside) boredekk (ikke vist) og en havbunns-BOP (ikke vist), og strekker seg i en såkalt teleskopisk "glideskjøt" (eng. slip joint) 42 og et marint stigerør 47 og definerer på denne måte et ringrom 43. Dette arrangementet er velkjent innen fagområdet, og trenger derfor ikke og beskrives ytterligere.

35 Et avlederhus 15 er anordnet i fluidkommunikasjon med ringrommet 43 og en avlederlinje 20 som strekker seg fra et utløp 46 i avlederhuset og til et utløp 50 ved en plassering over bord. Et avlederhus har vanligvis to avlederlinjer som strekker seg til babords- og styrbordssidene, henholdsvis, til fartøyet, slik at avlederlinjene på den le siden kan bli benyttet, som beskrevet ovenfor. Imidlertid, for

illustrasjonsmessige grunner er bare én avlederlinje vist. En avlederventil 1 er anordnet i hver avlederlinje 20. På figurene er avlederventilen 1 vist i en åpen stilling (hvitt skriftsnitt).

- 5 Avlederhuset 15 er også forbundet med fartøyets slamsystem (ikke vist) via en strømningslinje 44, hvilken strømning er kontrollert av en strømningsventil 5. På figurene er strømningslinjeventilene 5 vist i en stengt stilling (grått skriftsnitt). Et avlederelement 2 er anordnet for å stenge rundt borestrengen 3, og er i disse figurene vist i en lukket stilling. Henvisningstall 14 indikerer fluidnivået i avlederhuset 15.
- 10 Avlederhuset 15 er i fluidmessig kontakt med en MGS 13 via en MGS-linje 16. Strømningen i MGS-linjen 16 kontrolleres av en MGS-ventil 4, hvilken i figurene er vist i en åpen stilling (hvitt skriftsnitt). En ventileringslinje 21 strekker seg fra MGS. Ventileringslinjen 21 strekker seg vanligvis i en distanse (typisk 4 meter) over toppen av boretårnet (eng. derrick).
- 15 Videre er MGS er fluidmessig forbundet til shakerne 24 via en utløpslinje 45, og shakeren 24 mater inn i (eng. feeds into) en sandfanger (eng. sand trap) 18 og en gassutskiller 19, på en kjent måte. Utløpslinjen 45 danner en effektiv væsketetning 6 ved å forløpe en distanse  $h_1$  nedover før den sløyfer tilbake (eng. loops back) til et nivå  $A$  som er høyere enn forbindelsespunktet til utløpslinjen til MGS 13. Ved
- 20 bunnen av sløyfen av utløpslinjen 45 er det anordnet en inspeksjons- og dreneringsanordning 22 (kun illustrert skjematisk), som kan overvåke en hvilken som helst blokkering eller borekaks i linjen og fjerne denne fra linjen.
- MGS 13 er anordnet på et nivå som er lavere enn avlederhuset slik at stigerørsfluider strømmer i MGS-linjen 16 ved påvirkningen av gravitasjon. Mer
- 25 spesifikt er innløpet 17 til MGS-linjen ved et lavere nivå enn utløpet 20 i avlederlinjen fra avlederhuset, og utløpet 50 til avlederlinjen, og væsknivået i avlederhuset. På figur 2 er disse høydedifferansene indikert med henvisningsbokstavene  $h_2$  og  $h_4$ , henholdsvis. Ved dette arrangementet kan hvilken
- 30 som helst gass som kan ha kommet inn i stigerøret etter at BOPen har blitt stengt etter et kick ventileres over bord på en sikker måte og samtidig kan slam returneres til systemet på en sikker måte.
- Figur 3 viser en alternativ utførelse hvor avlederlinjen(e) 20' er skrånende oppover til et utløp 50 for slik å kunne delvis bli fylt med væske fordi utløpet til MGS-linjen
- 35 16 er på det samme eller et høyere nivå enn utløpet/ene til avlederlinjene 20. Dersom utløpet til MGS-linjene 16 holdes på et høyere nivå enn utløpet/ene 46' til avlederlinjen(e) 20', vil det dannes en væsketetning i avlederlinjen som reduserer mengden gass som ventileres i avlederlinjen når systemet kjøres i
- 40 "Gassutskillermodus". Dette alternativet tilveiebringer et mer kompakt arrangement og vil således stille mindre krav til høyden mellom boredekknivået og shakerdekket, sammenlignet med utførelse vist på figur 2. Avlederlinjen 20' omfatter fortrinnsvis

varmefølgeledning (eng. heat tracing) (ikke vist) eller tilsvarende varmemidler for å forhindre at regn fryser, noe som kan medføre at avlederlinjen blokkeres.

Figur 4 viser en ytterligere alternativ utførelse, hvor det oppfunne systemet er benyttet i et Hydril<sup>®</sup> marint stigerørsavledersystem (eng. marine riser diverter system) 15', som i og for seg er kjent. I dette alternativet er det ingen eksterne avlederventiler, men kun en strømningsvelger (eng. flow selector) 48 som ruter den avledede strømmingen til avlederlinjen 20' på den le siden. Utløpet til MGS-linjen 16 er tatt fra avlederlinjen før strømningsvelgeren, og avlederlinjene 20' skråner oppover til utløpet som vist in figur 3. Strømningsvelgeren 48 kan være av en kjent type, for eksempel slik som Hydril<sup>®</sup> Trykkontrollstrømningsvelger (eng. Pressure Control Flow Selector).

En vakuumbryterlinje (eng. vacuum breaker line) 23 er fluidmessig forbundet til utløpslinjen 45 for å unngå at heverteffekten (eng. siphon effects) tømmer utløpslinjen 45.

En første trykktransmitter 9 er anordnet i den øvre delen av MGS 13, og andre og tredje trykktransmittere 7, 8 er anordnet i den nedre delen av væsketetningen 6. De andre 7 og tredje 8 trykktransmitterne er anordnet i en vertikal avstand  $h_3$ , for derved å muliggjøre måling av væsketetningstettheten. En væsknivåindikator 10 mottar signaler (punktlinjer) fra trykktransmitterne 7, 8, 9 og er også forbundet til en borers kontrollsystem DCS.

Avlederventilen 1, avlederelementet 2, MGS-ventilen 4 og strømningslinjeventilen 5 er alle sammenkoplet (kontroll- og aktiveringslinjer ikke vist) via DCS/BOP kontrollsystem. Slike kontrollsystemer er velkjent og trenger derfor ikke å bli ytterligere beskrevet.

Henvisningstall 11 indikerer en høy nivåavlesing HH i MGS 13, og henvisningstall 12 indikerer en lav nivåavlesning LL i væsketetningen 6.

Det oppfunne system er nyttig i de følgende modusene: a) Avledermodus (eng. Diverter mode), b) Gassutskillermodus (eng. Degasser mode), and c) Trippgassmodus (eng. Trip gas mode).

### 30 a) Avledermodus

Dersom gass utilsiktet har kommet inn i det marine stigerøret på grunn av sen stenging av BOPen ved et kick eller hvis ventilene lekker etter at BOPen er stengt, vil gassen i stigerøret fortsette å stige til overflaten og må på en sikker måte bli avledet over bord.

35 Ulykken med Deepwater Horizon er et ultimat eksempel på denne operasjonsmodusen, og hvilken potensiell katastrofe som kan oppstå hvis dette ikke rutes sikkert over bord. BPs publikasjon "Deepwater Horizon Accident Investigation Report" (publisert 8. september 2010) indikerer at hydrokarboner kom inn i stigerøret ca klokken 21:38 (side 98) og at den første BOP-ventilen var stengt

ca klokken 21:41. Det vil si at BOPen ble aktivert ca 3 minutter for sent til å kunne stoppe hydrokarboner fra å komme inn i stigerøret. Rapporten viser også at den første ventilen (eng. ram) ikke tettet 100% og at en andre ventil ble aktivert ca 21:46 (tabell 2, side 103). BOPen var 100% tettet ved ca 21:47. Den første

5 eksplosjonen som inntraff 21:49:20 var kun forårsaket av den gassen som allerede hadde kommet inn i stigerøret. Etterforskningsrapporten konkluderer i tillegg med at å rute slammet og gassen tilbake til MGS, og å holde både avlederventilene og avlederelementet stengt samtidig, var en av de direkte årsakene til eksplosjonen.

10 Et signifikant trekk ved oppfinnelsen er at avlederventilene er sammenkoplede med avlederventilen og avlederelementet slik at avlederventilen 1 som er i bruk (det vil si den på den le siden) er åpen før avlederelementet 2 stenger rundt borestrengen 3. På samme tid, slam kan kun tillates og returneres på en sikker måte til MGS 13 ved gravitasjon gjennom MGS-ventil 4 og linje 16.

15 Ved sammenkopling av avlederventilene (det vil si avlederventil 1 på den le siden er åpen før avlederelementet 2 stenger rundt borestrengen 3), oppfyller det inventive system med "ABS GUIDE FOR THE CLASSIFICATION OF DRILLING SYSTEMS 2011" som i seksjon 3.7.3 (Kontrollsystemer for avledere, (eng. Control Systems for Diverters)) sier:

20 *"iv) The control systems are to have interlocks so that the diverter valve opens before the annular element closes around the drill string."*

Det inventive system oppfyller også "DNV-OS-E101 DRILLING PLANT, oktober 2009", som i kapittel 2, seksjon 5 (303 Kontroll og overvåkning (eng. Control and monitoring), punkt 2.) sier:

25 *"The diverter control system shall be equipped with an interlock to ensure that the valve in the diverter pipe which leads out to the leeward side is opened before the diverter closes around the drilling equipment."*

30 Normal brønnkontrollrespons når BOPen er stengt ved et kick er å foreta en strømningsjekk (eng. flow check) gjennom strømningslinjen 44 og strømningslinjeventilen 5. Ved dette initiale trinnet, vil avlederelementet vanligvis 2 være åpent og avlederventilen 1 og MGS-ventilen 4 være stengt. Hvis strømningsjekk viser at brønnen fortsatt opparbeider seg (eng. well still gaining), foretas det vanligvis en umiddelbar handling ved å stenge en andre ventil. Dersom borefluider fortsetter å komme tilbake, må en foreta forberedelser til en "stigerørsutblåsning".

35 Med oppfinnelsen er et første steg for å forberede til en "stigerørsutblåsning" å sjekke at væsketetningen 6 i MGS er fylt opp. Det tilveiebringes slamfyllingsmidler (eng. mud filling means) (ikke vist) for fylling av væsketetningen 6. Væsketetningen 6 tilpasses med de to trykktransmitterne 7, 8 beskrevet ovenfor, anordnet nær bunnen av væsketetningen 6 og i en vertikal



avstand  $h_3$  fra hverandre for å kunne beregne fluidtettheten i tetningen. En passende verdi for  $h_3$  er 0,5 meter. Væsketetningsintegriteten skal korrigeres mot avlesninger fra den første trykktransmitter 9 av kontrollsystemet DCS for å kunne oppnå en sann avlesning av væsketetningsintegriteten (det vil si nivåindikasjon), tilveiebrakt av nivåindikatoren 10 også når gasser ventileres ut.

Som et ekstra sikkerhetsnivå vil MGS-ventilen 4 stenge ved et høyt nivå 11 i MGS 13 eller lavt nivå 12 i væsketetningen 6.

Når et bekreftet nivå har blitt etablert i væsketetningen 6, kan MGS-ventilen 4 åpnes og nivået i avlederhuset 14 kan dreneres ned til et nivå som er under utløpet til avlederventilen 1 og utløpet til strømningslinjeventilen 5. En bekreftelse på at nivået 14 har blitt drenert ned oppnås ved å observere at strømmingen i strømningslinjen 44 går ned mot null. Som et alternativ, kan det i tillegg monteres en nivåtransmitter (ikke vist) i avlederhuset 15.

MGS-linjen 16 fra avlederhuset 15 til MGS 13 er fortrinnsvis dimensjonert for maksimum 80% av total gassutskillerkapasitet, for slik å unngå å overstige kapasiteten til MGS og sandfangeren 18 nedstrøms. Gassutskilleren (ikke vist) i gassutskillingstanken 19 kan enten være av sentrifuge- eller vakuumentype. En MGS-linje 16 med stor kapasitet vil ikke unngå (eng. avoid) borefluid å bli deponert (eng. disposed) til sjøen ved en "stigerørsutblåsning"; det vil bare på en sikker måte redusere mengden som deponeres til sjøen, og ventilere gassen over bord på en sikker måte for å forhindre at gass som siger ut fra borefluidet blir deponert på boredekk.

Størrelseskriterier for MGS-linjen 16 vil typisk være i størrelsesorden maksimum 3,79 til 5,68  $m^3/min$  (1000 til 1500 gpm). MGS-linjen 16 er fortrinnsvis designet for et væskefylt rør og hvor den drivende kraften (eng. driving force) vil være den totalt tilgjengelige statiske trykkehøyden (eng. available static pressure head) mellom nivået 14 i avlederhuset 15 og innløpselevasjonen til MGS-innløpet 17, vist som  $h_4$  på figur 2 og figur 3. For å redusere trykktapet ved inngangen (eng. entrance pressure loss) bør avlederhuset 15 og MGS-ventilen 4 ha den nest største rørdiameteren sammenlignet med rørdiameteren til MGS-linjen 16 for de ti første rørlengdene (for eksempel, dersom rørdiameteren er 0,25 meter (DN250), så skal denne diameteren benyttes de første 2,5 meterne før en reduserer rørdiameteren til 0,2 meter (DN200)). På samme måte så bør det gjennomføres vurderinger for å redusere rørdiameteren eller installere en åpning (eng. orifice) ved MGS-innløpet 17 for å sikre at MGS-linjen 16 er væskefylt (eng. running full of liquid). Den totale kapasiteten til MGS-linjen 16 vil avhenge av linjestørrelsen og den totalt tilgjengelige hydrostatiske trykkehøyden, avhengig av oppsett. Typiske verdier for  $h_4$ , det vil si forskjellen i elevasjon mellom nivået 14 i avlederhuset og elevasjonen til MGS-innløpet 17, er mellom 2 og 5 meter.

I tilfelle en "stigerørsutblåsning", vil kapasiteten til MGS-linjen 16 overstiges og det ekstra fluidet som er igjen i stigerøret vil bli sluppet ut på en sikker måte til sjøen gjennom avlederlinjene 20. Kapasiteten til MGS 13 vil derimot ikke overstiges fordi utløpet til væsketetningen 6, typisk har den nest største diameteren sammenlignet med diameteren til MGS-innløpet 17. I tillegg, når væskenivået MGS 13 øker på grunn av økt trykk i avlederhuset 15, vil det ikke fylle MGS-ventileringslinjen fordi trykket i avlederhuset 15 er begrenset til mottrykket (eng. backpressure) forårsaket av stigerørsfluidet som strømmer gjennom avlederlinjen 20 og MGS-linjen 16. Dersom væsketetningsutløpet 6 fra MGS er blokkert (det vil si blokkert i utløpslinjen 45), vil MGS 13 overfylles, men ikke MGS-ventileringslinjen 21, fordi avlederventilen 1 er åpen. I dette tilfellet vil MGS-ventilen 4 lukke som et ekstra sikkerhetsnivå på HH-nivå 11 og for å forhindre at ytterligere stigerørsfluider blir avledet til den blokkerte MGS 13.

Høyden  $h_1$  av væsketetningen 6 bør dimensjoneres for å unngå gassutblåsning til behandlingstankene. En minimums væsketetning for på  $h_1 = 6$  meter (20 ft) er anbefalt for boreskip eller halvt nedsenkbare borerigger som opererer på dypt vann. Dersom ikke noe annet er spesifisert fra myndighetene (ABS, DNV, etc.), bør det maksimale utblåsningstilfellet å vurdere være basert på toppgasstrømningsraten (eng. peak gas flow rate) fra Deepwater Horizon ulykken på 165 mmscfd (ca. 200 000 Sm<sup>3</sup>/t) (jf. figur 1 på side 113 i "Deepwater Horizon Accident Investigation Report" (publisert 8. september 2010)). Toppgasstrømningsraten vil ventileres proporsjonalt mellom avlederlinjen 20 og MGS-ventileringslinjen 21 via MGS-linjen 16. Linjestørrelsen til avlederlinjen 20 og MGS-ventileringslinjen 21 settes til å holde mottrykket i MGS 13 under et akseptabelt nivå for å forhindre gassutblåsning til shakerne 24.

Selv om avlederlinjen 20 og MGS-ventileringslinjen 21 er dimensjonert for å forhindre gassutblåsning til behandlingstankene, er det lagt inn en ekstra sikkerhetsmargin for automatisk å stenge MGS-ventilen 4 på LL-nivå 12 hvis integriteten til væsketetningen 6 mistes av en eller annen grunn.

For å forhindre at væsketetningen 6 tømmes på grunn av heverteffekten, vil væskenivået bli utstyrt med vakuumbryterlinje 21 som beskrevet ovenfor.

Under normale brønns scenarier vil det ta tid for gassen, som kan ha kommet inn i stigerøret, å nå overflaten, spesielt på dypt vann. Borefluidet som kommer tilbake i retur (eng. drilling fluid coming back) har en lav rate i begynnelsen men strømningsraten vil øke eksponentielt etter hvert som gassen nærmer seg overflaten. Derfor bør det være tid til å forberede en "stigerørsutblåsning" som beskrevet ovenfor. Imidlertid, dersom det, når som helst, er en rask ekspansjon av gass i stigerøret, må avlederelementet 2 stenges (dersom det ikke allerede er stengt), og strømmingen må avledes over bord. Det automatiske avledersammenkoplingssystemet ("panikknapen") forsikrer at avlederventilen 1 på

den le siden åpner før avlederelementet 2 stenger. Dette systemet vil fungere i henhold til regelverket uavhengig av plasseringen til MGS-ventilen 4.

#### **b) Gassutskillermodus**

Selv om det oppfunne system vil samle borefluid på en sikker måte og redusere innvirkningen på miljøet i tilfelle en ”stigerørsutblåsning”, så oppnås den virkelige gevinsten når systemet benyttes til utsirkulering (eng. circulating out) av ”boret gass” i en totrinns gassutskillelseprosess. En gitt mengde gass i kaks vil komme i borefluidet under boring av formasjoner som inneholder gass. Gassen som kommer til overflaten på grunn av boring gjennom formasjoner kalles ”boret gass”. Selv om det hydrostatiske trykket utøvet fra slamkolonnen er større enn formasjonstrykket, vil gass alltid komme til overflaten. Det er ikke praktisk mulig å øke slamvekten nok til å få gasen til å forsvinne.

Dersom formasjonen det bores i inneholder mye boret gass som er under høyt trykk, og denne gassen ekspanderer etter hvert som den stiger opp stigerøret og gassen kan bryte ut (eng. break out) av borefluidet i avlederhuset 15 og også redusere tettheten til det gassholdige slammet (eng. gas cut mud) i stigerøret. Dersom gasskonsentrasjonen i det gassholdige slammet blir for stor, bør boringen stanses og det gassholdige slammet bør sirkuleres med en redusert rate gjennom MGS-ventilen 4 og via MGS 13 til gassutskillesestanken 19, i en totrinns separasjonsprosess. På denne måten kan hele slamvolumet i ringrommet 43, inkludert det marine stigerøret, bli gassutskilt (eng. degassed) inntil det når et akseptabelt nivå, før boringen fortsettes.

Dersom gass bryter ut i avlederhuset 15 og lekker til boredekk, kan avlederelementet 2 stenges etter at nivået 14 i avlederen 15 har blitt drenert ned gjennom MGS-ventilen 4, og avlederventilen har blitt åpnet. Slik kan gassen fra det gassholdige slammet ventileres over bord på en sikker måte bort fra boredekk og riggen. Den viktige utførelsen av oppfinnelsen er denne gassutskillingen av det gassholdige slammet som kan bli kjørt i en totrinns separasjonsprosess uten å trykksette avlederhuset 15 eller å risikere å komme i konflikt med ABS GUIDE FOR KLASSIFISERING AV BORESYSTEMER – 2011 og DNV standard DNV-OS-E101 (eng. GUIDE FOR THE CLASSIFICATION OF DRILLING SYSTEM – 2011 and DNV standard DNV-OS-E101).

#### **d) Trippgassmodus (eng. trip gas mode)**

Trippgass er forårsaket av ”swabbing” mens man beveger seg ut av hullet (eng. tripping out of hole). Gass vil komme til overflaten mens en sirkulerer fra ”bunnen og opp” (eng. ”bottom up”) etter at man beveger seg inn i hullet igjen. Oppfinnelsen kan benyttes til å sirkulere ut trippgass ved å åpne MGS-ventilen 4 og avlederventilen 1 har blitt åpnet som tillater at avlederelementet 2 stenges. Imidlertid, dersom vi har masse trippgass kan dette gå over til slampluggstrømning

(eng. slug flow) etter hvert som den ekspanderer oppover stigerøret, og kan ende opp med å fylle hele stigerørsringrommet og presse en slamplugg med gass ut i sjøen dersom kapasiteten til MGS-linjen 16 overstiges. En bedre måte å eliminere mulig slamforurensning av sjøen er å sirkulere fra "bunnen og opp" gjennom stigerøret inntil bunnen nærmer seg BOP på sjøbunnen, og sirkulere ut resten gjennom drepe- & strupelinjene (eng. kill & choke lines) på vanlig måte.

Utførelser av oppfinnelsen har nå blitt beskrevet med referanse til tegningene, hvilke tegninger kun er skjematiske og som kun viser komponenter som er nødvendige for å klargjøre oppfinnelsen. Selv om oppfinnelsen har blitt beskrevet med referanse til en spesifikk utførelse, numeriske verdier og operasjonsmoduser, skal det forstås at oppfinnelsen ikke nødvendigvis skal begrenses til slike utførelser, verdier og moduser.

## PATENTKRAV

1. Et fluidavledersystem for en boreinnretning, omfattende et avlederhus (15; 15') fluidmessig forbundet til et rør (3, 42, 43) som strekker seg til en undervanns brønn; avlederhuset (15; 15') omfatter et bevegbart avlederelement (2) for å stenge  
5 av avlederhuset, en første fluidledning (44) forbundet til et slamsystem og omfattende en første ventil (5), minst en andre fluidledning (20; 20') ledende fra et utløp (46; 46') i avlederhuset til et utløp (50) ved en plassering over bord og omfattende en andre ventil (1; 48), og en tredje fluidledning (16) forbundet til en slam-/ gasseparator (MGS) (13) og omfattende en tredje ventil (4),  
10 **karakterisert ved at** MGS (13) er anordnet nedenfor utløpet (50) av avlederledningen, hvori stigerørfluider kan bli tilført fra avlederhuset (15) til MGS (13) ved bruk av gravitasjonsstrømning.
2. Fluidavledersystemet ifølge krav 1, hvori et innløp (17) inn i MGS fra den  
15 tredje fluidledningen (16) er anordnet i en vertikal avstand ( $h_2$ ) nedenfor utløpet (46; 46') i avlederhuset.
3. Fluidavledersystemet ifølge krav 1 eller krav 2, hvori MGS (13) er  
20 fluidmessig forbundet til slambehandlingsinnretninger (24, 18, 19) via en væsketetning (6).
4. Fluidavledersystemet ifølge krav 3, hvori MGS (13) videre omfatter en første trykktransmitter (9), og væsketetningen (6) omfatter andre (7) og tredje (8)  
25 trykktransmittere, anordnet i en vertikal avstand fra hverandre, og et overvåknings- og kontrollsystem (DCS), hvorved væsketetningstettheten kan bli bestemt.
5. Fluidavledersystemet ifølge hvilket som helst av de foregående kravene,  
30 hvori den tredje ventilen (4) er sperret med en væskeindikator (10) for væsketetningen.
6. Fluidavledersystemet ifølge hvilket som helst av de foregående kravene,  
hvori den andre fluidledningen (20') skråner oppover slik at dens utløp er ved en høyere elevasjon enn dens innløp (46').
- 35 7. Fluidavledersystemet ifølge hvilket som helst av de foregående kravene, hvori avlederventilen (1; 48) på en le side av boreinnretningen er konfigurert til og åpnes før avlederelementet (2) stenger rundt røret (3).

1/4

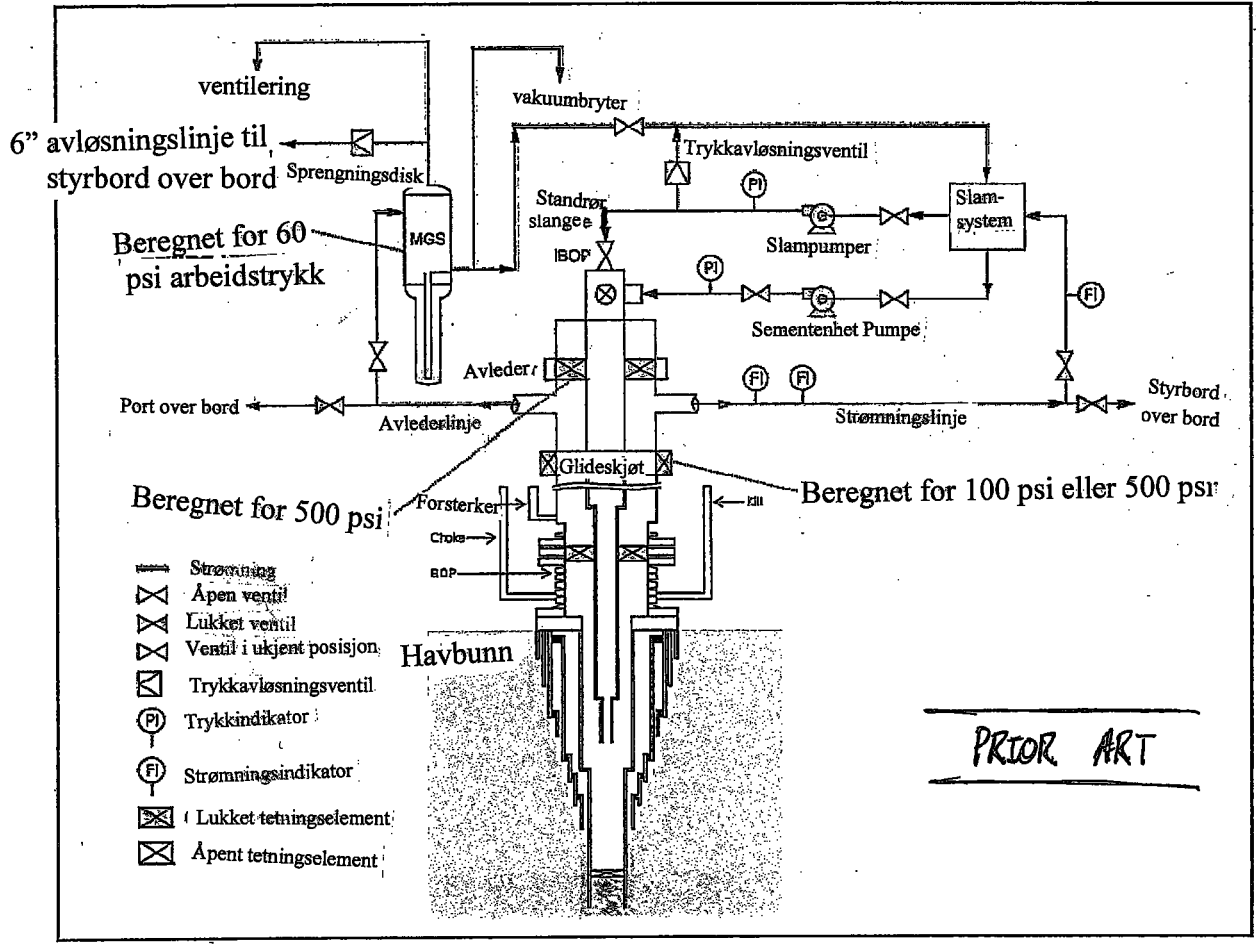


FIG. 1

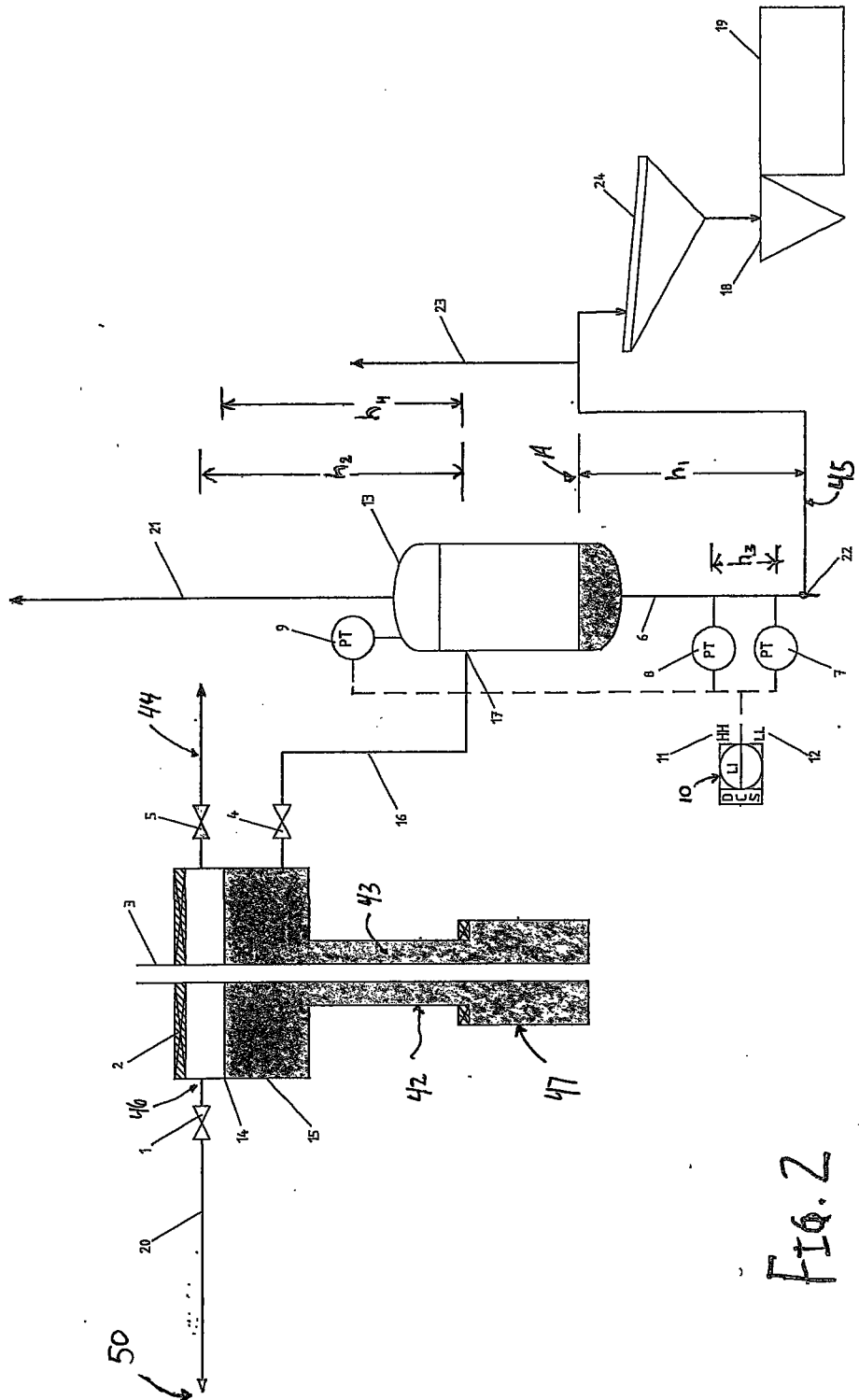


FIG. 2

3/4

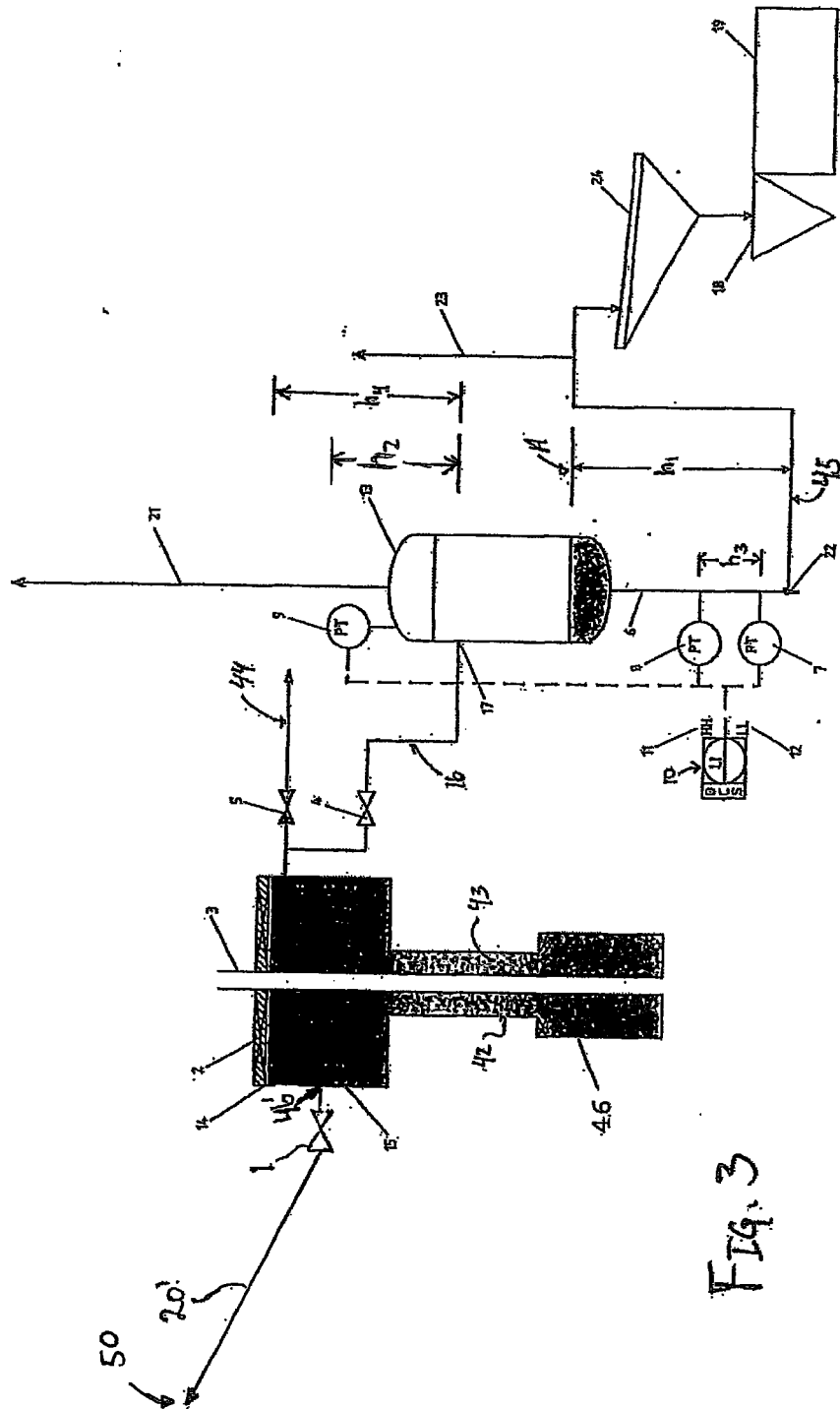


FIG. 3



4/4

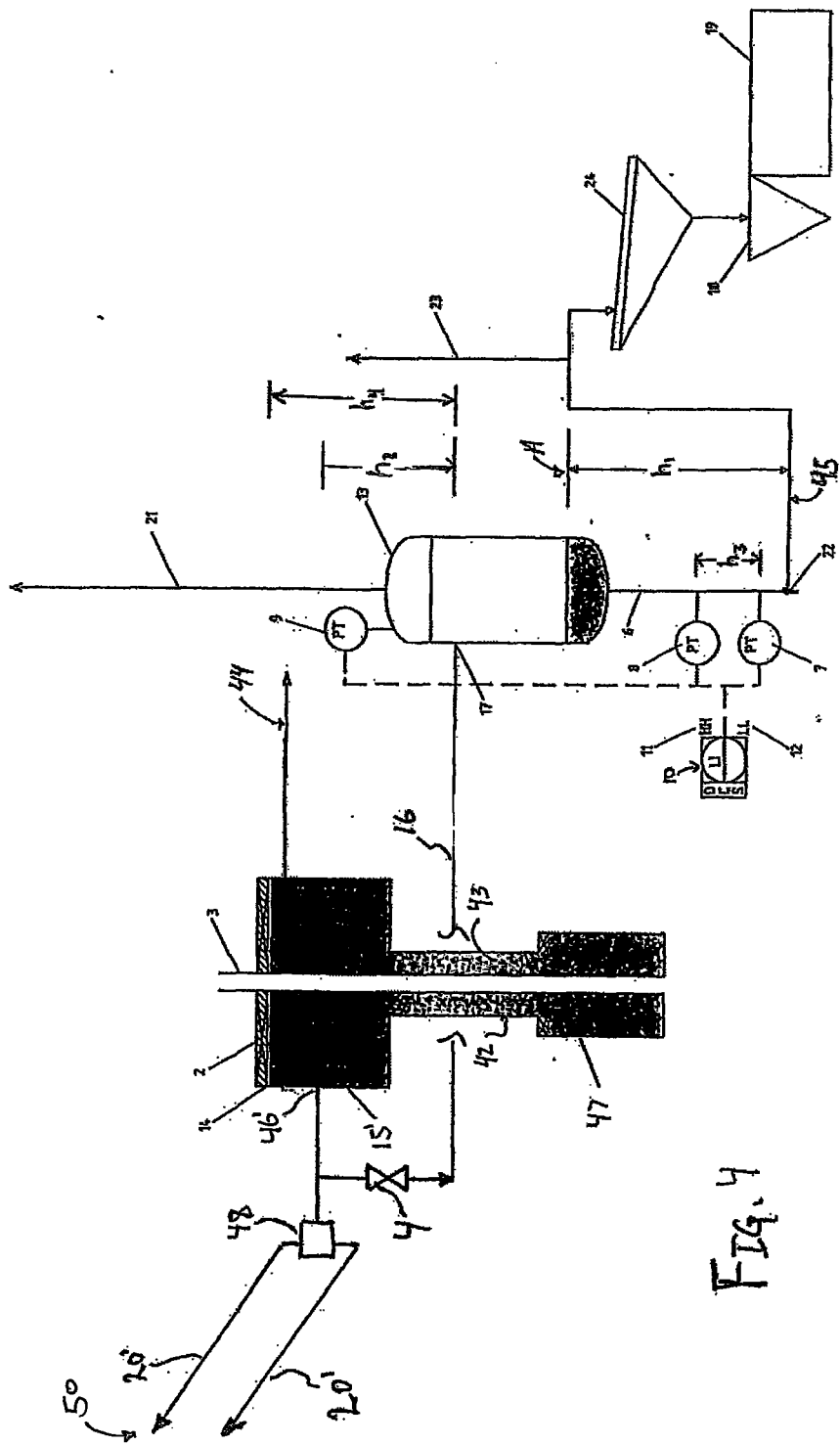


FIG. 4