



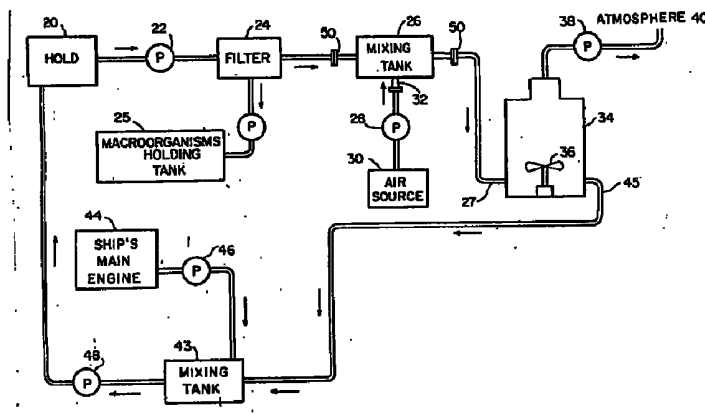
(19) NO

(13) B1

C 02 F 1/74, 1/20

(21)	Søknadsnr	19992537	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1997.11.10 PCT/US97/19972
(22)	Inng.dag	1999.05.26	(85)	Videreføringsdag	1999.05.26
(24)	Løpedag	1997.11.10	(30)	Prioritet	1996.11.27, US, 31605 1997.08.29, US, 921336
(41)	Alm.tilgj	1999.07.27			
(45)	Meddelt	2005.06.20			
(73)	Innehaver	AHS, LLC, 223 East City Hall Avenue, Suite 200, VA23510 NORFOLK, US			
(72)	Oppfinner	Wilson J. Browning Jr., Norfolk, VA, US			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 7085 Majorstua, 0306 OSLO, NO			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for destruksjon av mikroorganismer i ballastvann i skip			
(56)	Anførte publikasjoner	US 1,809,441 US 5,376,282			
(57)	Sammendrag				

Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og et apparat for behandling av et skips ballastvann før det tømmes ut i kystfarvann. Ballastvannet kan inneholde skadelige ikke-hjemmehørende mikroorganismer. Før uttømming, blir ballastvannet oksydert og deoksydert for å redusere henholdsvis anaerobe og aerobe mikroorganismer. Hvis anaerobe mikroorganismer ikke er noen bekymring, kan oksyderingstrinnet elimineres. Apparatet omfatter et vakuumkammer (34) for deoksydering av ballastvannet som inneholder aerobe mikroorganismer. Vakuumkammeret (34) inneholder en intern omrøringsanordning (36) for å omrøre ballastvannet under vakuum i kammeret (34) i en første tidsperiode for å fjerne oppløst oksygen fra ballastvannet. Omrøringsanordningen kan være erstattet med et damtype system (42) i hvilket en rekke vertikale plater er plassert på en slik måte at de danner en linje av plater som blir kortere og kortere i en innstrømning (27) til en utstrømning (45) av vakuumkammeret (34).



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for destruksjon av mikroorganismer i et rom som definerer et lasterom eller ballasttank i et skip, som angitt i innledningen i krav 1.

Oppfinnelsen vedrører generelt området behandling av skipsballastvann som
5 inneholder potensielt uønskede organismer, og mer spesielt en fremgangsmåte som behandler skipsballastvann for å destruere potensielt uønskede aerobe og/eller anaerobe mikroorganismer i vannet for å hindre dem fra å bli transport fra et kystområde til et annet.

Sjøgående skip kan transportere forskjellige organismer som finnes i ballastvannet fra hvilken som helst havneby i verden til hvilken som helst annen havneby i verden.
10 Makroorganismer kan bli filtrert ut, og de resterende mikroorganismer kan være av ekstremt forskjellige typer på grunn av deres forskjellige opprinnelse. Termen koloniformende enhet (CFU) blir ofte brukt til å beskrive mikroorganismer som reproducerer. Hvis ikke på annen måte modifisert, skal således termen CFU og mikroorganismer ha den samme mening. Nivåer av oppløst oksygen i et skipsballastvann spiller en rolle ved oppfinnelsen, og
15 forkortelsen DO vil bli brukt til å betegne slikt oppløst oksygen.

Når et skip lossrer last i en fremmede havn, blir det resulterende tomme lasterom av skipet ofte fylt med lokalt vann som ballast for å stabilisere skipet. Når skipet ankommer til en amerikansk havn eller annen lastehavn for å ta inn ny last, vil skipet typisk tømme det tidligere lokale ballast, som nå er blitt fremmed, i lokale farvann i eller nær den amerikanske
20 (eller annen) havn, og dermed innføre ikke-hjemmehørende organismer, deriblant aerobe og anaerobe mikroorganismer, som kan ha en skadelig (eller i det minste ukjent) virkning på økosystemet i det mottakende kystfarvann.

Et løpende forslag for å forsøke å rette på dette problemet er å kreve at skip skal utveksle, i havet eller på den åpne sjø, det opprinnelige lokale ballastvann med saltholdig
25 vann fra det åpne hav. En slik utveksling av ballastvann på sjøen er imidlertid potensielt meget farlig, spesielt for store lasteskip og tankere, og har i alle tilfeller vist seg å ikke være fullt effektive for å fjerne alle mikroorganismer fra et skips lasterom.

Ballastutvekslingen i sjøen er vanligvis (men ikke alltid) trygg når det rom hvor vannet blir utvekslet er tilstrekkelig lite til ikke å skape en farlig ustabilitet eller strukturell
30 påkjenningsstilstand under vannpumpingsprosessen for å utføre utvekslingen. F.eks., er slik ballastutveksling vanligvis (men ikke alltid) trygg når man opererer med spesialiserte ballasttanker eller andre liknende små rom på grunn av det lave forhold mellom vekten av det involverte vann og den totale vekt av skipet, og pga. evnen til skipets lastbærende styrke til å gi plass for en midlertidig tom "liten" spesialisert ballasttank.

Det er imidlertid ofte nødvendig at lasterom eller store ballasttanker blir fylt med
35 vann slik at skipets tyngdepunkt blir senket under en reise når det ikke bæres noen last. Under disse forhold, kan et eller flere lasterom eller tanker ofte fylles med ballastvann. På grunn av at disse lasterommene eller tankene inneholder meget stort rom, må de holdes enten helt fulle eller helt tomme slik at det ikke utvikler seg noen innvendig bølgebevegelser.

Hvis således ballastutvekslingen ble forsøkt fra et slikt stort rom og skipet kom inn i tung sjø i midten av pumpeprosessen, vil det utvikle seg en bølgebevegelse inne i rommet som kunne destabilisere skipet og skape en meget farlig situasjon. Kantring og tap av liv har skjedd på fartøyer som kommer inn i slike uventede sjøforhold under ballastutveksling. Hvis det ikke utføres med perfekt kyndighet å holde skipets skrog i korrekt trim og balanse, vil ballastutveksling også utøve interne strukturelle påkjenninger på fartøyet, selv i godt vær, ved å skade strukturen på en slik måte at en traumatisk strukturell feil kan oppstå enten umiddelbart eller over tid. Slike påkjenninger er ofte av samme form som bøyning av ståltråden i en papirklemme frem og tilbake til den bryter.

At problemet med å rense et skips ballastvann for ikke-hjemmehørende mikroorganismer er et lenge stående problem som ikke har vært tilfredsstillende løst, er vel dokumentert. Se f.eks.: The Introduction of Nonindigenous Species to the Chesapeake Bay via Ballast Water, Chesapeake Bay Commission, 5. januar, 1995; BIMCO Weekly News, nr. 8, 19. februar 1997, The Baltic and International Maritime Counsel; "Push for Rules on Ballast Exchange Gains Support", The Journal of Commerce, 26. mars 1996; "Stemming the Tide of Change", The Journal of Commerce, 24. juni 1996; "Ballast Rule Ineffective for Pest Control in Lakes", The Journal of Commerce 24. juni 1996; og "Governors Offer Grant to Fight Great Lakes Invaders", The Journal of Commerce, 26. juli 1996. Videre, United States Congress vedtok nylig "National Invasive Species Act of 1996" (P.L. 104-332), som krever at US Coast Guard utgir frivillig nasjonale ballastvannretningslinjer innen et år.

US patent nr. 5 192 451 beskriver en fremgangsmåte for å styre veksten av sebramuslinger i skipsballastvann ved å tilsette en polymer til ballastvannet. Bruken av kjemikalier til å behandle ballastvannet som har vært tømt i amerikanske kystfarvann, kan ha en uheldig miljøvirkning på økosystemet. US patenter nr. 5 376 282 og 5 578 116 beskriver bruken av et vakuum og en omrøring for å redusere det oppløste oksygen av naturlig kildevann spesifikt til et nivå under det som er tilstrekkelig til å understøtte overlevelse av sebramuslinger. Det er imidlertid ingen beskrivelse av behandling av skipsballastvann for å oksidere og så deoksidere vannet i en prosess som omfatter det generelt verdensomfattende problem med overføring av mikroorganismer fra en kystsone til en annen i ballastvannet på et skip. US patent nr. 3 676 983 beskriver et apparat som omfatter et vakuumkammer og en agitator for å fjerne gasser fra en væske. Det er imidlertid ingen erkjennelse av problemet ved behandling av ikke-hjemmehørende mikroorganismer i et skips ballastvann, og fjerning av oppløst oksygen i vannet til et nivå hvor aerobe mikroorganismer blir destruert. US patent nr. 4 316 725 beskriver flere fremgangsmåter, omfattende bruken av vakuum, til å fjerne oppløst oksygen fra vann. US patent nr. 3 251 357 beskriver injisering av forbrennings-skorsteinsgasser i vann for å behandle vannet for å stoppe vekst av f.eks. mikroorganismer. Det er imidlertid ingen erkjennelse av, eller forslått løsning for, det lenge følte problem om hvordan man fjerner anaerobe eller aerobe mikroorganismer fra et skips ballastvann.

Formålet med oppfinnelsen er således å frembringe en fremgangsmåte hvor et skipsballastvann blir behandlet på en kostnadseffektiv og tidseffektiv måte for å destruere nær alle de ikke-hjemmehørende aerobe og/eller anaerobe mikroorganismer i skipets ballastvann.

5 Ifølge oppfinnelsen oppnås dette formål ved at fremgangsmåten har de karakteristiske trekk som angitt i krav 1.

Fordelaktige utførelsesformer er angitt i de uselvstendige krav.

Oppfinnelsen frembringer en fremgangsmåte som effektivt og billig reduserer nivået av oppløst oksygen i skipets ballastvann til et punkt hvor i hovedsak alle de aerobe
10 mikroorganismer er destruert, slik at det behandlede ballastvann trygt kan tømmes ut i kystfarvann selv om det kommer fra en økologisk forskjellig kystsone. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen benytter styrte nivåer av omrøring, vakuum og tilgjengelig kvelningstid for å sikre at ballastvannet er i det vesentlige fritt for ikke-hjemmehørende arter (opptil 99 % fritt, fra laboratorietester).

15 Med oppfinnelsen behandles ballastvannet ved å føre det gjennom ballastvann forbrenning/skorsteinsgasser (eller gass fra en annen kilde) som inneholder karbonmonoksid (og andre reduserende gasser) som, ved reaksjon, fjerner ytterligere oppløst oksygen (DO) fra ballastvannet. Dette trinn av prosessen kan være et supplement til behandlingsprosessen i noen tilfeller, eller integrert i andre. Slike gasser hjelper suksessen med å fjerne ikke-
20 hjemmehørende arter. Dette er slik fordi omrøring/vakuum-prosesstrinnet fjerner det meste av DO fra ballastvannet, og kontinuerlig sirkulering av ballastvannet gjennom omrøring/vakuum-prosessen skulle redusere DO asymptotisk nær null. Forbrenning/skorsteinsgassene, vil imidlertid kombineres med DO for å danne karbondioksid, og vil således enda raskere redusere DO. Hurtigere DO-reduksjonstid vil føre til kortere nødvendig kveletider, og
25 bruken av de reduserende (forbrennings) gasser vil være essensielle for å nå et akseptabelt lavt nivå av ikke-hjemmehørende arter når ballastreisen er kort.

Videre destrueres anaerobe mikroorganismer ved hyperoksidering av ballastvannet før det blir deoksidert.

Med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen behandles sjøvannet for å destruere
30 mikroorganismer i det, både samtidig med at det blir pumpet ombord i et rom eller en tank i et skip som ballastvann, og/eller ved sirkulering av vannet fra rommet eller tanken, til behandlingstanker, og så tilbake til rommet. Volumet av vannet som blir sirkulert blir behandlet innen en tilstrekkelig kort tidsperiode for å levne tilstrekkelig kvelningstid under resten av skipets reise til å produsere et akseptabelt lavt nivå av mikroorganismer på det
35 tidspunkt skipet ankommer ved den neste lastehavn hvor ballastvannet blir pumpet tilbake overbord. Hver del av vannet som er behandlet vil være nok til å bevare skipets stabilitet og ikke forårsake noen betydelige påkjenninger på skipets struktur. Kontinuerlig sirkulering under kvelningstiden vil gjøre behandlingen enda mer effektiv.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen for behandling av ballastvann for å destruere mikroorganismer i det er særlig egnet for bruk på sjøgående fartøyer, hvor timer og dager er tilgjengelig for å utføre behandlingen.

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives nærmere under henvisning til tegningene, hvor: Fig. 1 er et skjematisk grunnriss av et skip hvor oppfinnelsen kan anvendes. Fig. 2 er et sideriss av skipet illustrert på fig. 1. Fig. 3 er et skjematisk blokkdiagram av en utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Fig. 4 er et skjematisk diagram av en alternativ agitator for bruk i utførelsen på fig. 3. Fig. 5 er et skjematisk diagram av et luftningsapparat som er egnet for bruk i oppfinnelsen. Fig. 5A er et skjematisk diagram av et vakuum-deoksideringskammer egnet for bruk i oppfinnelsen. Fig. 6 er et skjematisk diagram som illustrerer en foretrukket plassering av behandlingstankene på dekket av et skip; og fig. 7 likner på fig. 3, og illustrerer en forskjellig utførelse av fremgangsmåten for å behandle ballastvann.

Illustrert på figurene 1 og 2 er det en skjematisk representasjon av et virkelig skip, S/S Coastal Golden, et typisk fartøy på mange måter, hvor oppfinnelsen kan brukes til å behandle ballastvann som er lagret i lasterommene. Det minste lasterom er omkring 10 761 m³, og det største lasterom er omkring 19 258 m³. Alle lasterommene er store nok til å destablisere fartøyet hvis bølgevirkning utvikles inne i rommene, unntatt når rommene er nesten tomme eller nesten fulle. Et slikt fartøy er i stand til å bære både olje og tørrlast. Lasterommene er nummerert fra 1 til 9, regnet forfra og akterover. Fartøyet er også typisk idet det ville trenge å bære vannballast i et eller flere rom for trygt å kunne krysse åpent hav uten last.

Fig. 3 er et flytdiagram som illustrerer foretrukne utførelser av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Ballastvann som inneholder i det minste aerobe mikroorganismer blir pumpet med en pumpe 22 fra et ballastrom 20 gjennom et filtersystem 24 (for å fjerne makroorganismer som blir pumpet inn i holdetanken 25 til endelig avhending) inn i en blandetank 26 i hvilken luft blir blandet ved trykk som er høyere enn atmosfærisk trykk, hvor vannet flyter ved hjelp av en luftkompressorpumpe 28 som frembringer luft fra en luftkilde 30 gjennom en luftinjektor 32. Fra blandetanken 26, blir strømmen av oksidert ballastvann pumpet inn i et vakuumkammer 34 hvor det blir omrørt for en passende periode ved hjelp av en intern agitator 36. Vakuumkammeret 34 har tilstrekkelig rom over vannivå slik at oppløst oksygen (DO) som frigjøres fra vannet blir utløst i dette rommet hvorfra det lett kan fjernes med en vakuumpumpe 38 og så tømt ut i atmosfæren 40. Vakuumpumpen holder et vakuum over vannet inne i kammeret. ("Vakuum" skal her bety et trykk som er lavere enn atmosfærisk trykk, men større enn null trykk). Agitatoren 36 kan erstattes med en dam-type system 42 (fig. 4) i hvilket en rekke vertikale plater er plassert på en slik måte at de danner en linje av plater som blir stadig kortere fra innstrømmen 27 til utstrømmen 45 av kammeret 34. Et slikt system skaper en rekke vannfall som omrører vannet tilstrekkelig til å

utløse den oppløste oksygen i vakuumet som blir holdt i kammeret. Hvilket som helst omrøringsystem som frigjør DO for fjerning med vakuumpumpen er akseptabelt.

Etter fjerning av DO fra ballastvannet ved omrøring/ vakuumprosessen, forsterket etter behov ved injeksjon av reduserende forbrenningsgasser ($2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$), blir ballastvannet pumpet inn i skipets lasterom og inn i en tank hvor det er ment å oppholde seg, og som er gjort "værtett" eller lufttett (og/eller holdt oksygen-inert ved injeksjonen, i hvilket som helst rom hvor O_2 kunne strømme inn i, av forbrennings- eller andre inerte gasser). Mangel på tilstrekkelig DO i ballastvannet vil så destruere iboende aerobe mikroorganismer over en tidsperiode avhengig av utholdenheten for hver mikroorganisme i forhold til en 10 mangel på tilstrekkelig DO for respirasjon. En typisk transatlantisk ballastreise ville ta 10 til 15 dager. Labtester viser en 99 % destruksjonsrate for aerobe mikroorganismer i en laboratorietest konstruert til å være tilsvarende en ballastreise på 10 dager hvor omrøring/ vakuumbehandlingssyklusen blir utført i 2 dager, og muliggjør dermed en 8 dagers kvelningsperiode. Beregninger viste at omkring en 2 minutts behandlingsperiode var 15 nødvendig per $45,46 \text{ m}^3$ vann, for å behandle et 10.000 tonn fullt av ballastvann i 2 dager. En slik 2 minutts behandlingsperiode under meget lave vakuumforhold, uten noen syklisk gjentakelse under kvelningsperioden, og uten tilsetning av reduserende gasser, ble således valgt for testingen. Prosessen kan justeres ved å endre trykk og behandlingstider, og ved bruk av vaskegasser, for å være tilpasset de forskjellige mikroorganismer, som finnes over 20 hele verden, så vel som den tilgjengelige kvelningstid tillatt ved den tenkte ballastreise.

Man har således nådd de økologiske mål med en vesentlig sterilisering av ballastvann uten å fjerne nok ballastvann på noe gitt tidspunkt til å skape en ustabil tilstand for skipet. Tester viser at ballastvannet i vakuumkammeret 34 trenger å bli omrørt i bare omkring 2 minutter, slik at bare omkring 0,033 % av det typiske roms volum ville bevege seg under den lukkede sløyfe illustrert på fig. 3. 25

Om ønsket, blir det deoksiderte vann fra vakuumkammeret 34 matet til en annen blandetank 43 hvor forbrenningseksosgasser (inneholdende karbonmonoksid) bestående av skorsteinsgasser fra skipets hovedmotor 44, blir pumpet av en annen pumpe 46 inn i blandetanken 43 hvorfra vannet blir pumpet med en pumpe 48 og returnert i en lukket sløyfe 30 til ballastrommet 20 for å fullføre behandlingssyklusen. Syklusen kan gjentas så mange ganger som nødvendig for å fjerne fra ballastrommet tilstrekkelig oppløst oksygen for å destruere den ønskede mengde (opptil 99 %) av aerobe mikroorganismer i ballastvannet.

Den injiserte luft (oksygen) i blandetanken 26 vil destruere anaerobe mikroorganismer ved hyperoksidering, eller svekke dem til et lavere nivå av reproduksjon, 35 og fjerningen av oppløst oksygen i kammeret 34 destruerer aerobe mikroorganismer (mens de anaerobe forblir i svekket tilstand. Om ønsket, kan blandetanken 26 bli frakoplet fra systemet ved hjelp av passende koplenger 50, slik at bare aerobe ville bli behandlet. I de fleste tilfeller er anaerobe mikroorganismer ikke av primær bekymring. Fig. 5 illustrerer en

foretrukket form for blandinger, oksideringstanken 26, og fig. 5A illustrerer en foretrukket form for vakuum, deoksidertingskammeret 34.

Fig. 6 illustrerer anvendelse av oppfinnelsen til rommene og lukekarmene på et virkelig skip, og fig. 7 er i likhet med fig. 3 er et skjematisk diagram som illustrerer den måten på hvilken oppfinnelsen kan behandle innkommende ballastvann fra en kilde enten fra omgivelsesvannet hvor skipet flyter i eller fra ballastvann trukket fra skipets rom. Ventilene V1 og V2 blir selektivt åpnet og lukket for å oppnå de to operasjonsmodi.

Den første studie av fremgangsmåten ble utført ved at en medhjelper tok to prøver av vann fra Elizabeth River og leverte dem umiddelbart til Solutions Lab (nå nedlagt). Solutions Lab utførte en prosedyre som nær simulerte oppfinnelsens behandlingsprosess i en test, som tidligere beskrevet. Resultatene av denne testen var meget oppmuntrende. Da imidlertid prøvene og aktivitetene av Solutions Lab var direkte under oppfinnerens kontroll (og da Solutions Lab var et lokalt laboratorium som gjorde utmerket profesjonelt arbeid, men med et lite kjent navn), ga oppfinneren prosessen til undersøkelse av Applied marine Research Laboratory of Old Dominion University (AMRL/ODU) for å etablere gyldighetene av Solutions Lab studiene. Prosedyrene og resultatene av Solutions Labs aktiviteter er diskutert i den følgende beskrivelse av AMRL/ODU-testene, da samsvaret mellom de to testene var vesentlig og prosedyrene varierte ganske lite.

AMRL/ODU utførte en studie for å bestemme effektiviteten av oppfinnerens fremgangsmåte for å redusere bakterietallet i ballastvann. I AMRL/ODU-prosedyren, ble en prøve av vann samlet fra Elizabeth River i Virginia brukt som et testmedium for studien. Prosessparametrene ble evaluert under laboratorieforhold, omrørt og utsatt for tre økende høyere vakuumnivåer i 2 minutter hver.

Benkskala mikrokosmos inneholdende ellevann fra omgivelsene ble eksponert for tre behandlinger og så holdt i 0, 2 og 8 dager av O₂-sulteperioder før innokulering av bakterieplater. Behandlingsnivåene ble opprettholdt ved konstante forhold i eksponeringsperioden. Duplikatprøver av ellevannet fra omgivelsene ble ofret ved dag 0, dag 2 og dag 8 og brukt til å innokulere bakteriekulturplater. Inkubasjonsperioden på 5 dager ble bestemt ved den tid som er nødvendig for å fremkomme med tilstrekkelig tetthet av bakteriekolonidannede enheter (CFU) til å tillate at realistiske og representative tall ble trukket over et bredt område av mulige responser.

Effektiviteten av behandlingene ble uttrykt som forskjellen mellom de første forhold ved dag 0 og forholdene ved 2 og 8 dager av eksponering for de 3 behandlingene. Resultatene av denne studien har også vært sammenliknet med oppfinnerens første studie av fremgangsmåten. På grunn av det begrensede antall plater (som duplikater) for hver behandling og kontroll, kunne ikke et statistisk nivå av betydning bli bestemt mellom behandlingene og kontrollene for de første forhold.

Denne AMRL/ODU-studie forsøkte å bestemme effektiviteten av bare den delen av oppfinnerens fremgangsmåte som var ansett for å ha tilstrekkelig behov for eksperimentelle

bevis innenfor helheten og hva som senere er påtenkt i beskrivelsen av alle elementene i oppfinnelsen. Fremgangsmåten er utformet for å redusere bakterienivået i store mengder av kyst-sjøvann til lave kostnader, ved bruk av utstyr "fra hyllen" i en presis konfigurasjon, for å være effektiv. Slikt vann inneholder både aerobe og anaerobe bakterier. Når oksygen er til stede, vil aerobe bakterier være den ekstremt dominante type. Noen anaerobe bakterier ville imidlertid være til stede, og ville ha kapasiteten for tilpasning og blomstring under kvelningsperioden, i det skapte miljø som inneholder lave til meget lave nivåer av oksygen. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen inneholder således et tiltak for å minimalisere slik blomstring ved å destruere eller svekke slike anaerobere. Den lave sannsynlighet for en anaerob oppblomstring og den iboende vanskelighet med å måle lave bestander av anaerobere hindret enhver kvantitativ analyse av kontrollen av den anaerobe bestand ved trykkluftinjeksjon, som ville destruere eller svekke den.

AMRL/ODU-studien skapte tre miljøer med redusert oppløst oksygen under gitte forhold for to tidsperioder. Resultatene ble bedømt uventet (på en positiv måte) og demonstrerte en høyere grad av effektivitet i reduksjon av aerobe bakterier fra Elizabeth River enn det som var forventet av både direktøren og assistentdirektøren for AMRL/ODU, som begge er eksperter på området.

Arbeidsplan for AMRL/ODU-studien

Denne studien var utformet for å evaluere den tidligere Solutions Lab "prinsippbevis"-studie, og for å bestemme effektiviteten av oppfinnerens nye vannbehandlingsprosess som beskrevet her. I denne studien, ble det anvendt en strengere tilnærming for å beregne effektiviteten av prosessen. Fordi AMRL/ODU-testen ble utformet på en ubeskyttet eiendomsrett-prosess, er de tre behandlingene identifisert i rapporten som behandlinger TA, TB og TC i økende styrke av vakuum, nemlig 0,068 bar, 0,135 bar og 0,203 bar som i den tidligere test.

En vannprøve fra Elizabeth River ble trukket like før begynnelsen av studien. En del av prøven ble satt til side som en ubehandlet, ufiltrert kontroll (CUF). Resten av prøvematerialet ble filtrert ved bruk av et 8 µm filter. En annen kontroll ble tatt fra den filtrerte prøven og satt til side som en filterkontroll (CF). Det resterende filtrerte prøvematerialet ble delt i tre prøveflasker for bruk som behandlinger TA, TB og TC som vist i de følgende tabeller 1, 2 og 3.

De tre behandlinger, (omrøring ved virvling og deretter tilføring av 0,068 bar, 0,135 bar og 0,203 bar vakuum i 2 minutter) ble utført på de tre prøveflaskene. Kontrollene ble ikke omrørt, og de ble heller ikke utsatt for et vakuum. Alle flaskene ble forseglet og etterlatt stående under laboratorieforhold. Dag 0 prøvene ble holdt i omkring 1 time før de ble brukt til å innokulere plater for bakteriekolonidannende enheter (CFU) tellinger.

Alle behandlinger og kontroller ble preparert i duplikat og i tilstrekkelig antall til å kunne gi offeserier. Dvs., for hver behandling eller kontroll, ble to flasker preparert for inokulering ved begynnelsen av studien (dag 0), 2 flasker for inokulering ved slutten av 2

dager (dag 2), og 2 flasker for inokulering ved slutten av 8 dager (dag 8). Duplikatflasker ble preparert for hver av behandlingene og kontrollene ved dag 0 og resultatene ble brukt til å evaluere den umiddelbare virkning av behandlingene, så vel som å etablere begynnelsesforhold.

For hver duplikatbehandling og kontroll, ble en serie uttynning for hver av fire uttynningsområder brukt til å inokulere bakterieplatene. Bakterie CFU tellingene ble basert på middelverdien av to plater i det uttynningsområdet som gir de mest realistiske tellinger.

Oppsamling og filtrering av vann fra Elizabeth River

Vannet ble oppsamlet fra enden av bryggen ved NAUTICUS i sentrum av Norfolk, Virginia. Det ble samlet 14. januar 1997 omkring kl. 2.30 ettermiddag. En bøtte med et tau påfestet ble senket ned i vannet for å hente prøven. Prøvesamlingsbøtten var skrubbet med en stor flaskebørste og uttynnet Liquinox såpe. Den ble grundig skylt med tappevann, og så skyllet 9 ganger med friskt ultrarent vann. Før prøven ble den skyllet 3 ganger med ufiltrert Elizabeth River vann. Dette vannet ble helt inn i en 20 liters gassballong, som ble pakket i aluminiumsfolie for å beskytte prøven mot direkte sollys. Ballongene ble skrubbet med en stor flaskebørste og uttynnet Liquinox såpe. De ble skyllet med tappevann, og så skyllet to ganger med 4N HCl, deretter 9 ganger med friskt ultrarent vann. Før tilsetning av det filtrerte eller ufiltrerte Elizabeth River vann, ble de skylt 3 ganger med det Elizabeth River vann det kunne inneholde. Omkring 19 liter av sjøvann ble samlet, hvilket levnet omkring 1 liter av rom i ballongen. Hele vannprøven ble umiddelbart transportert til Water Quality Laboratory ved NAUTICUS.

I laboratoriet, ble overlyset slått av slik at bare nødlysene var på under filtrering. 8 mikron Whitmann 40 askefritt filterpapir ble brukt til å filtrere sjøvannet.

Saksene ble skrubbet med børste og uttynnet Liquinox såpe. De ble skylt med tappevann, skyllet 9 ganger med friskt ultrarent vann, og deretter skyllet 3 ganger med det ufiltrerte vann fra Elizabeth River.

Vannet fra Elizabeth River i 20 liter ballong ble blandet ved inversjon, og deretter ble omkring 3 liter vann helt inn i en 5 liter ballong pakket i aluminiumsfolie. Noe av vannet i 5 liter ballongen ble brukt til å skylle laboratorieutstyret som trengte å bli skyllet med ufiltrert sjøvann (sakser, filtreringstårnene og de graderte sylindere). Delprøver av det ufiltrerte sjøvann fra 20 liter ballongen ble helt inn i graderte sylindere for filtrering. Filtreringstårnene, graderte sylindere og flasker ble skrubbet med en stor flaskebørste og uttynnet Liquinox såpe. Alle enheter ble grundig skyllet med tappevann, deretter skylt 2 ganger med 4N HCl, og 9 ganger med friskt ultrarent vann. Filtreringstårnene og de graderte sylindrene ble skyllet 3 ganger med ufiltrert sjøvann, og filtreringsflaskene ble skylt 3 ganger med filtrert sjøvann.

Vannet fra Elizabeth River ble filtrert i 2 liters glass vakuumfiltreringsflasker, med vakuumtrykk lik eller mindre enn 0,507 bar. Omkring 10 liter filtrert sjøvann ble plassert i en 20 liter ballong som ble pakket i aluminiumsfolie. Filtreringen ble fullført mellom 3 og

4.30 ettermiddag den 14. januar 1997. Vannprøvene fra Elizabeth River ble så transport til Applied Marine Research Laboratory fra Water Quality Laboratory ved NAUTICUS.

AMRL Aquatic Toxicology laboratory mottok de filtrerte og ufiltrerte vannprøver fra Elizabeth River og holdt dem i laboratorietemperatur (19 til 21 °C) mens de ble beskyttet mot direkte eksponering av lys. Fem behandlinger ble utført: Ufiltrert kontroll (CUF); filtrert kontroll (CF); og filtrert behandling A (TA), B (TB), og C (TC). De 260 ml Erlenmeyer flasker med enten bomullplugg eller gummistoppere brukt som mikrokosmoskar i denne studien ble autoklavet før begynnelsen på testen. Flaskene ble så fylt med 200 ml av den passende andel av Elizabeth River vann, filtrert eller ufiltrert. Begge kontrollbehandlingene ble stoppet med steril bomull, og tillatt å stå i likevekt med omgivelsenes lufttrykk. Behandlingsflaskene ble utstyrt med ett hulls gummistoppere gjennomtrengt ved et glassrør forbundet med Tygon rør utstyrt med slangeklemme.

De tre behandlingsnivåene (dvs. 2 minutter av omrøring med respektive vakuumnivåer på 0,068 bar, 0,135 bar og 0,203 bar ble anvendt på mikrokosmosene (250 ml flasker) inneholde vann fra Elizabeth River, og flaskene ble forseglest fra omgivelsenes luft. Starttid for hver gjentakelse ble registrert, og ble definert som den tid ved hvilken gjentakelsen nådde det passende behandlingsnivå. All kontroll og behandlingsflasker ble holdt i et mørkt kammer for varigheten av behandlingsintervallene. Duplikater av de passende prøver ble gitt til bakteriologene i en tidsserie, 1 time etter begynnelsen, etter 2 dager og 8 dager av eksponering for behandlingen.

Mikrokosmosene ble prøvet innen 1 time etter overføringen til bakteriologilaboratoriet. Deretter ble en trefoldig desimal oppløsningsserie fremstilt ved bruk av en 1 ml prøve fra hver mikrokosmos og steril NaCl oppløsning (15 psu). Delprøver (110 ml) fra hvert uttynningsrør så vel som fra selve mikrokosmosen, ble spredt på petriskåler inneholdende Marine Agar 2216 (Difco). Platene ble inkubert ved romtemperatur (19 °C) i 5 dager, ved hvilken tid koloni-dannende enheter (CFU) ble tellet ved hjelp av et lysbord og forstørrelseslinser.

Resultater

Ved begynnelsen av eksperimentet, var det tilnærmet like antall kultiverbare bakterier i alle behandlinger og kontroller (tabell 1). Etter anvendelse av den beskrevne behandling og en 48 timers kvelningsperiode, var antallet kultiverbare bakterier redusert omkring tifoldig, og det var øket variasjon inne i behandlingene enn før. På den 8. dag, var kontrollene og behandlingene merkbart forskjellige. Reduksjonen i kultiverbare bakterier fortsatte i behandlingene TA, TB og TC, men antallene øket med 2 til 3 størrelsesordener i kontrollene.

Tabell 1

Antallet bakteriekolonidannende enheter (CFU) per ml fra den løpende studie blant kontrollene og behandlingene ved dag 0, dag 2 og dag 8 (duplikatresultater er rapportert). CUF = kontroll, ufiltrert; CF = kontroll filtrert; TA til TC fra minst til mest aggressive 5 behandlinger.

TA: 2 minutter, 0,068 bar vakuum

TB: 2 minutter, 0,135 bar vakuum

TC: 2 minutter, 0,203 bar vakuum

	CUF	CF	TA	TB	TC
Dag 0	29.000	31.000	44.700	30.600	31.300
Dag 1	20.000	23.700	39.800	28.400	31.600
Dag 2	1.540	4.370	1.680	2.640	2.580
Dag 2	2.110	2.880	3.840	1.640	2.590
Dag 8	1.064.000	692.000	229	515	865
Dag 8	4.640.000	480.000	445	523	436

Resultatene av den tidligere Solutions Lab studie har indikert sterkt at 10 vakuumbehandlingene var effektive til å redusere CFU bestand under testforholdene. Disse resultatene er reproduert i tabell 2 for sammenlikning med resultatene fra AMRL/ODU-studien. Forskjellene mellom de to studiene omfatter: 1) AMRL/ODU-studien brukte 15 duplikater av hver behandling for hver dag i en offer-serie som reduserer muligheten for krysskontaminering av mikrokosmosene; 2) kilden av vann for Solutions Lab-studiene synes å ha inneholdt en større konsentrasjon av levedyktige bakterier ved begynnelsen på studien; 3) prøver for AMRL/ODU-studien ble omrørt med en virvlende håndbevegelse og så utsatt for 2 minutter av relevant vakuum, mens prøvene som ble brukt i Solutions Lab-studien ble livlig omrørt med en håndrystende bevegelse i hele 2 minutters perioden som det relevante 20 vakuum ble tilført; 4) AMRL/ODU-studien benyttet en trefoldig uttynningsserie for å tillate trekking av responser over et større område av CFU, og 5) prøvene ble samlet ved forskjellige tidspunkter.

Tabell 2

Antallet bakteriekolonidannende enheter (CFU) per ml blant kontrollene og 25 behandlingene på dag 0, dag 2 og dag 8 fra en tidligere studie. CUF = kontroll, ufiltrert; CF = kontroll, filtrert; TA til TC fra minst til mest aggressive behandlinger.

	CUF	CF	TA	TB	TC
Dag 0	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
Dag 2	225.000	150.000	120.000	100.000	75.000
Dag 8	150.000	100.000	80.000	20.000	<2.000

Dataene fra Solutions Lab-studien (tabell 2) antyder en økende effektivitet med økende behandlingsnivåer. Når disse dataene uttrykkes som prosent reduksjon fra startforholdene (tabell 3), er mønsteret åpenbart.

5

Tabell 3

Resultatene av AMRL/ODU-studiene er sammenliknet med Solutions Lab-studiene uttrykt som prosentreduksjon i kolonidannende enheter (CFU/ml) fra den første tilstand (CFU/ml ved dag 0).

10

Solutions Lab Studie					
	CUF	CF	0,068 bar TA	0,135 bar TB	0,203 bar TC
Dag 2	10 %	40 %	52 %	60 %	70 %
Dag 8	40 %	60 %	68 %	92 %	99 %
AMRL/ODU-studie					
	CUF	CF	TA	TB	TC
Dag 2	94 %	89 %	91 %	93 %	92 %
Dag 8	*	*	99 %	98 %	98 %

Merk: * = Resultatene demonstrerte en uventet økning i bakteriebestanden til 89 ganger den første CFU/ml for ufiltrert kontroll, og 18 ganger starttilstanden for filtrerte kontroller.

15

Reduksjonen av CFU i alle behandlingsprøvene overskred alle kontrollene, både filtrerte og ufiltrerte. Dette tyder på at filtrering er nyttig, men ikke definitiv. Vakuum/omrøringsbehandlingene med passende kvelningsperiode, som er et hovedtrekk med oppfinnelsen, resulterer i vesentlige reduksjoner av CFU-antall. Variasjoner i disse reduksjonene var mer betydningsfull med økningen i kvelningstid valgt for den første testing enn med de valgte vakuumnivåer. Oppfinnelsen foreslår ikke en tidsgrense for vakuumnivåene, og nivåer høyere enn de som er valgt for disse første testene kan vise en mer betydningsfull virkning i en kortere tids kvelning. Disse testene viser en klar positiv korrelasjon mellom CFU-reduksjoner og enten høyere vakuum/omrøringsaktivitet eller kvelningstid, eller begge.

20

25

Ved slutten på dag 8, viste alle 3 behandlinger av AMRL/ODU-studien en reduksjon i CFU på omkring 98 % fra utgangstilstanden. Resultatene av AMRL-studien ble erklært "bemerkelsesverdig" idet de meget nært tilsvarer resultatene av behandlingen TC (2 minutter/0,203 bar) i den tidligere studie av oppnådde reduksjoner. I AMRL/ODU-studien ble behandlingsforholdene holdt konstant over eksponeringsvarigheten, mens i den tidligere studie er det uklart om behandlingsforholdene var holdt konstant i samme perioden. Det skal

30

bemerket at hvis dag 8-antallene ble sammenliknet med resultatene av filtrerte og ufiltrerte kontroller på dag 8, ville behandlingen synes å være mer enn 99 % effektiv.

Konklusjoner til studiene

5 Prosessen anvendt ved 3 vakuum/omrøringsnivåer i de utførte studiene viser at teknikken var effektiv til å redusere naturlig CFU-bestand fra prøver samlet fra Elizabeth River, Virginia. De forskjellige data viste forskjellige følsomheter for vakuum/omrøringsnivåer og forskjellige kvelningstider. Begge studiene indikerte økede reduksjoner i CFU som et positivt korrelat til høyere vakuumnivåer i vakuum/omrøringsstrinnet og lengre
10 kvelningstider. Man må anta at lengre tidsperioder i vakuumkammeret og høyere nivåer av vakuum og/eller omrøring som ligger i vakuum/omrøringsbehandlingene alle vil være positive korrelater. Begge studiene ble utført uten noen interferens av oppfinneren med den akademiske integritet av AMRL/ODU eller noen interferens med den kommersielle integritet av Solutions Lab og/eller den person som utførte testene.

15 AMRL/ODU bekrefter resultatene av Solutions Lab-studien, hvor det største nivå av effektivitet var omkring 99 % ved det høyeste vakuum/omrørings-nivå. Dette nivå av effektivitet er overraskende, og var ikke ventet av forskerne fra AMRL/ODU (direktøren og assistentdirektøren for ARML).

 Den tilsynelatende økning i bakteriebestand som ble observert i ARML-studien
20 mellom dag 2 og dag 8 for filtrerte og ufiltrerte kontroller var uventet av forskerne, men betydningsfull for demonstrasjonen av oppfinnelsens grad av effektivitet. Hvis en sammenligning gjøres mellom dag 8 behandlede prøver og dag 8 kontroller, er effektiviteten av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen mer enn 99 %. Tilbakevirkningen (økningen i CFU-bestand) som er sett i de filtrerte og ufiltrerte kontrollene viser klart at fremgangsmåten
25 ifølge oppfinnelsen har en betydelig destruksjonseffekt på CFU-bestandene som ble funnet i vannprøven fra Elizabeth River, selv når en tilbakevirkning i stor skala oppstår innenfor kontrollene. Det er ukjent om tilbakevirkningen ville oppstå i alle tilfeller hvor vann fra omgivelsene eller naturlig vann tas fra det verdensomfattende miljø. Tilbakevirkningen fra vannet i Elizabeth River, som er brukt i AMRL/ODU-testene, tjener imidlertid til å vise at
30 oppfinnelsen er tilstrekkelig effektiv til å oppnå en høy destruksjonsrate for mikroorganismer selv når de er i miljøer som er ledende for rask reproduksjon.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å behandle ballastvann, i et rom som definerer et lasterom
5 eller ballasttank i et skip, for å redusere en første bestand av mikroorganismer i
ballastvannet, hvor mikroorganismene omfatter aerobe mikroorganismer, **karakterisert ved**
at den omfatter trinnene:

deoksidering av ballastvannet som inneholder de aerobe mikroorganismer ved å
omrøre ballastvannet under vakuum i en første tidsperiode, hvor deoksideringstrinnet fjerner
10 oppløst oksygen fra ballastvannet; og

etter det nevnte deoksideringstrinn, forsegling av rommet som inneholder det
behandlede ballastvann for en andre tidsperiode inntil en prosentandel av den første bestand
som er destruert er minst 50 %.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den andre tidsperiode er
15 omkring 2 dager.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den videre omfatter det trinn
å tette rommet til en prosentandel av den første bestand som er destruert er minst 90 %.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den andre tidsperiode er
omkring 8 dager, og prosentandelen er minst 97 %.

20 5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, **karakterisert ved** at prosentandelen er større enn
99 %.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, **karakterisert ved** at den første tidsperiode er
omkring 2 minutter.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 5, **karakterisert ved** at den videre omfatter det trinn,
25 etter deoksideringstrinnet, å innføre en reduserende gass i ballastvannet for ytterligere å øke
prosentandelen av bestanden som vil bli destruert.

8. Fremgangsmåte ifølge krav 7, **karakterisert ved** at den reduserende gass består
av forbrenningseksosgasser.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 3, **karakterisert ved** at mikroorganismene også
30 omfatter anaerobe mikroorganismer, hvor prosessen videre omfatter det trinn, før
deoksideringstrinnet, å oksidere ballastvannet som inneholder de anaerobe mikroorganismer
slik at de anaerobe mikroorganismer blir destruert eller svekket til et punkt hvor deres
reproduksjonsrate er vesentlig redusert, selv under den andre perioden hvor de anaerobe
mikroorganismer er i et anaerobt habitat.

35 10. Fremgangsmåte ifølge krav 9, **karakterisert ved** at hvert av de nevnte
deoksideringstrinn og oksideringstrinn har varigheter i størrelsesorden sekunder og minutter,
og hvor den andre tidsperiode har en varighet i størrelsesorden dager.

11. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den videre omfatter det trinn
å måle prosentandelen ved slutten av den andre tidsperiode.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 3, **karakterisert ved** at den videre omfatter de trinn:
å pumpe ballastvannet ut av rommet før deoksideringstrinnet; og
å returnere ballastvannet til rommet etter deoksideringstrinnet.

13. Fremgangsmåte ifølge krav 12, **karakterisert ved** at returtrinnet blir utført før
5 forseglingsstrinnet.

14. Fremgangsmåte ifølge krav 12, **karakterisert ved** at returtrinnet utføres etter
forseglingsstrinnet.

15. Fremgangsmåte ifølge krav 3, **karakterisert ved** at den videre omfatter de trinn:
å pumpe ballastvannet ut av rommet før deoksideringstrinnet;

10 å pumpe vannet inn i en behandlingstank;

å utsette ballastvannet i behandlingstanken for det nevnte omrøringstrinn og
vakuum;

å pumpe det behandlede ballastvann tilbake i rommet for den andre tidsperiode; og

å bestemme prosentandelen av bestanden som er destruert.

15 16. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at vakuumet over det omrørte
ballastvann er på 0,068 – 0,203 bar.

17. Fremgangsmåte ifølge krav 18, **karakterisert ved** at vakuumet over det omrørte
ballastvann er på 0,068 – 0,135 bar.

18. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at forseglingsstrinnet gjør
20 rommet i det minste regntett.

19. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den videre omfatter dekking
av en eksponert overflate av det behandlede ballastvann med en barriere som er i det
vesentlige ugjennomtrengelig for oksygen O₂.

20. Fremgangsmåte ifølge krav 19, **karakterisert ved** at barrieren er et teppe av
25 gass som har et oksygen O₂ innhold på omtrent 10 % eller mindre i volum for å hindre
reoksidering av det behandlede ballastvann.

21. Fremgangsmåte ifølge krav 20, **karakterisert ved** at gassen er eksosgass fra en
stempelforbrenningsmotor.

22. Fremgangsmåte ifølge krav 1 for behandling av ballastvann mens det blir
30 pumpet fra omgivelsenes vann langs skipssiden inn i et lasterom eller en ballasttank i et skip,
karakterisert ved at prosessen videre omfatter det følgende trinn:

å pumpe vannet for å skape turbulens i dette som produserer omrøring av vannet.

FIG. 1

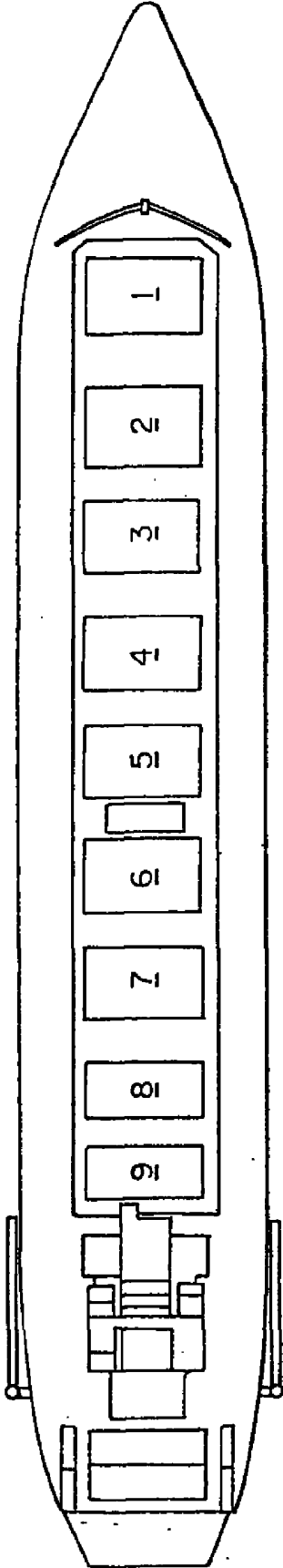
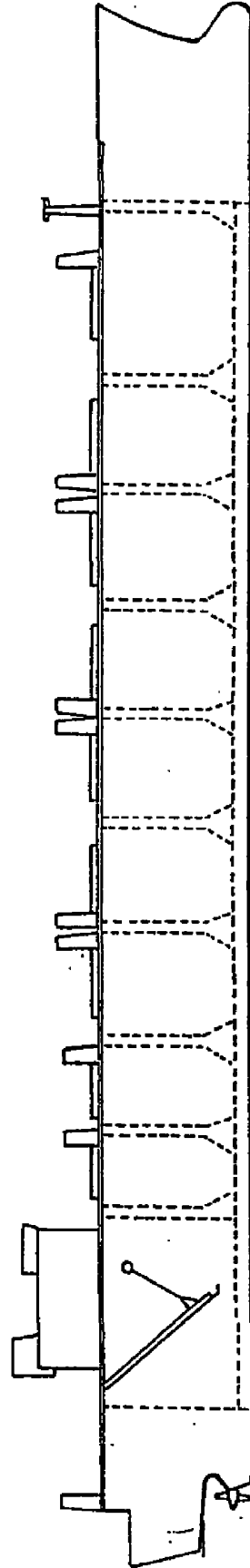


FIG. 2



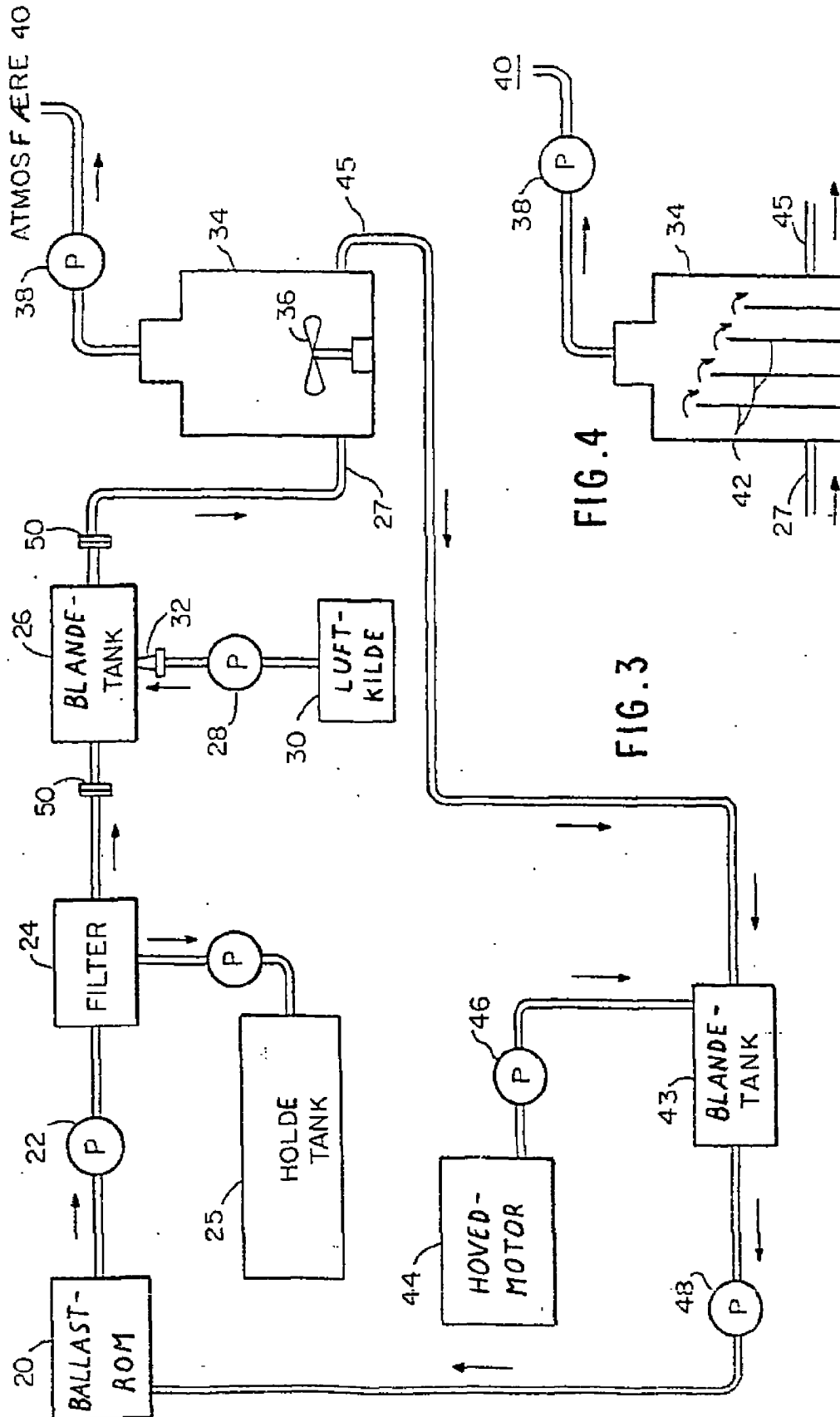


FIG. 5

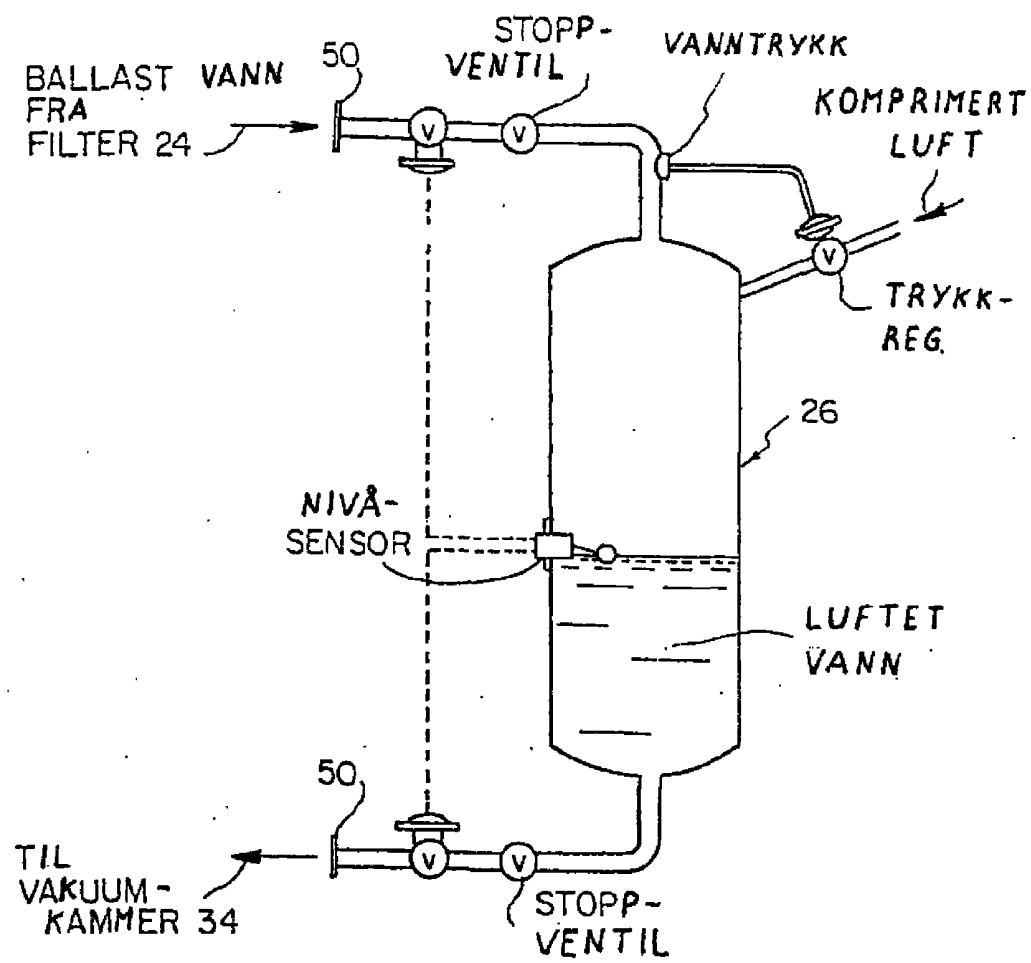
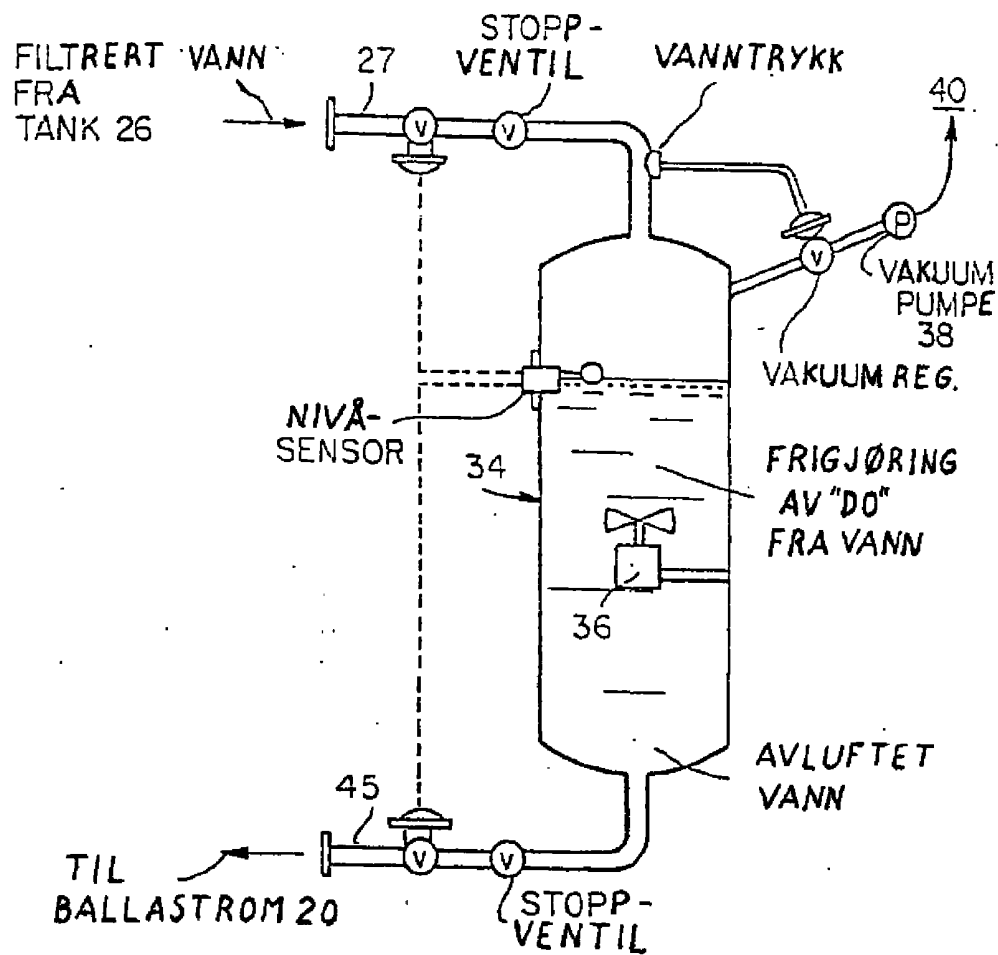


FIG. 5A



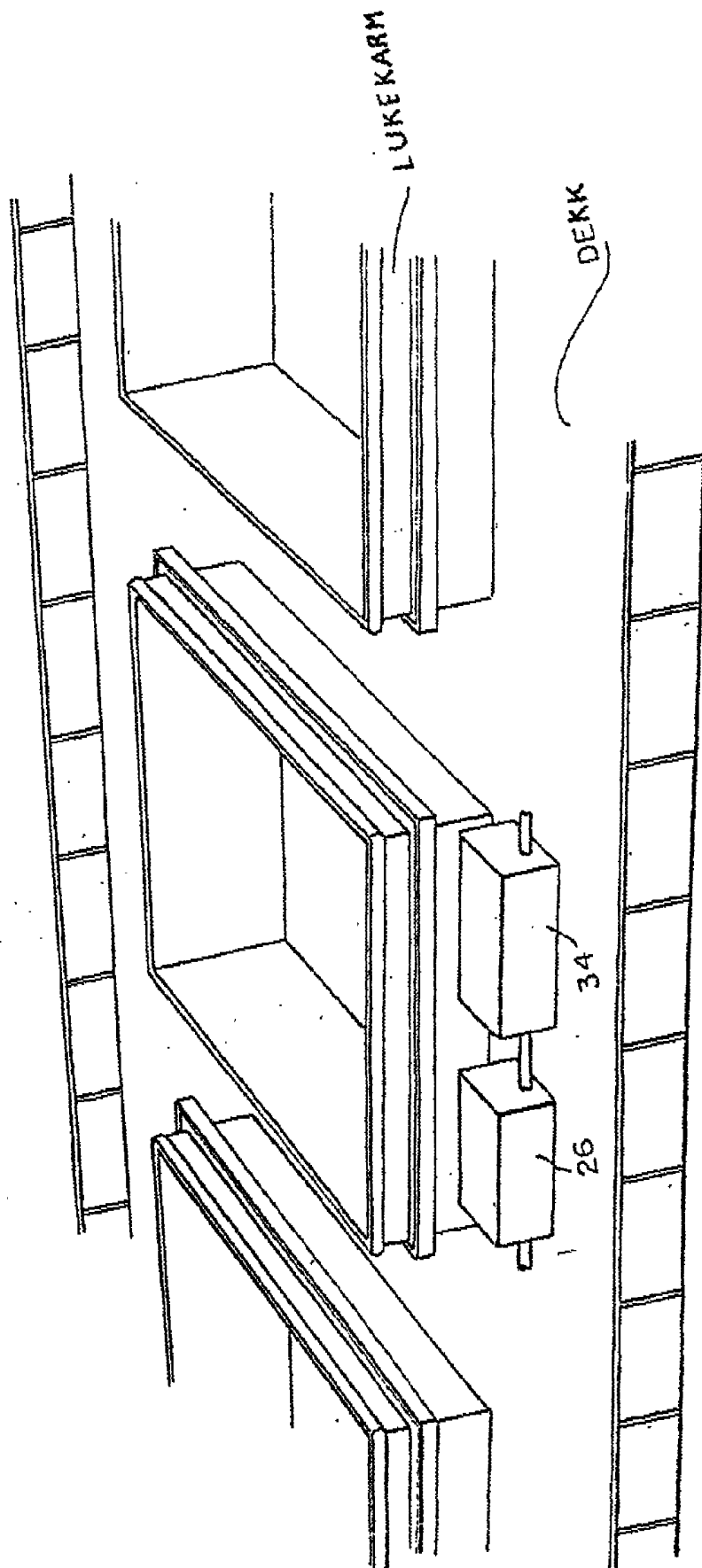


FIG. 6

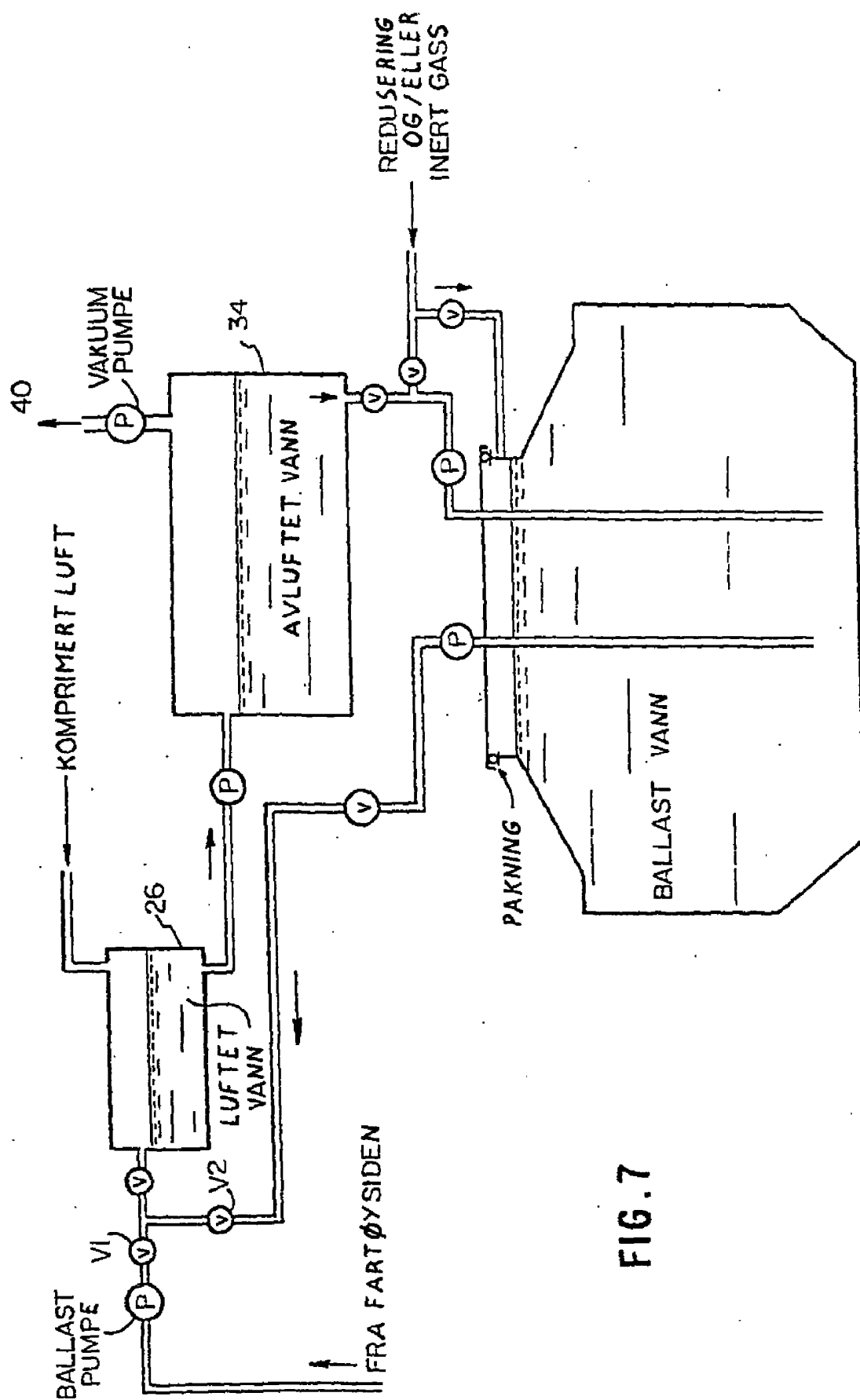


FIG. 7