

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 862987 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 862987

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
B01D 61/00
C02F 1/08
C02F 1/44
B01D 1/22

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 21.11.1985

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 18.07.1986

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 18.07.1986

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

(86) Kansainvälinen hakemus - 21.11.1985 PCT/AU1985/000287
Internationell ansökan - International
application

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

21.11.1984 AU PG_8224

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Syrx Research Pty. Ltd., Level 65, MLC Centre Sydney, Australia, AUSTRALIA, (AU)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Lefebvre, Michel Serge Maxime, Australia, AUSTRALIA, (AU)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Osmoottinen konsentrointi membraanin avulla.

Osmotisk koncentration med hjälp av membran.

Osmoottinen konsentroidi membraanin avulla

Tekniikan ala

5 Kyseinen keksintö koskee nesteen konsentroidintia käyttäen hyväksi kahden nesteen välistä osmoottisen paineen eroa, ja siihen sopivaa laitteistoa.

Tunnettu tekniikka

10 Käänteisosmoosin soveltaminen liuosten konsentroidintiin, esimerkiksi laimeiden ruokatuotteiden, sekä juomaveden tai vähennetyn suolapitoisuuden omaavan veden tuottamiseksi merivedestä, on useissa tapauksissa johtanut merkittäviin kustannussäästöihin verrattuna tavanomaisiin haihdutus- ja tislauksen menetelmiin kumpikin erikseen. Silti on mahdollisuuksia vielä suurempiin, merkittäviin kustannusvähennyksiin poistamalla hydrofiilisiin käänteisosmoosimembraaneihin liittyvä likaantumisongelma. Näiden membraanien koostuvuus saa aikaan läheisen kontaktin lik-
15 aineiden, kuten orgaanisten väriaineiden, erilaisten epäorgaanisten suolojen, sekä suspendoituneen ja kolloidisen materiaalin kiinni tarttumiseen. Likaantuminen on eräissä tapauksissa vähentynyt saostamalla ja suodattamalla esikäsitteilyvaiheissa. Kuitenkin, tämä lisää merkittävästi kokonaisprosessin kustannuksia, siten vähentäen
20 käänteisosmoositekniikan puoleensavetävyyttä.

25 Hydrofoobisia huokoisia esteitä (esim. diffuusioesteitä, kuten hydrofoobisia huokoisia tai mikrohuokoisia membraaneja), joissa on erilaisia huokoskokoja, on kehitetty erilaisin sovellutuksin, esim. membraanitislausta ja keinoitekoista hapettamista varten.

30 Hydrofoobiset membraanit valmistetaan yleensä hydrofoobisesta polymeeristä, esim. polytetrafluorietyleenistä (TEFLON) tai polypropyleenistä, kuten membraanit, jotka on valmistettu nimellä CELGARD.

35 Hydrofoobisia membraaneja voidaan valmistaa myös hydrofiilisistä polymeereistä, jotka on erityisesti käsitelty siten, että polymeerin pinnassa on verkkomaisia fluorihiilivetyradikaaleja.

Hydrofoobisia membraaneja käytetään laajalti lääketieteellisyydessä veren keinotekoisessa hapettamisessa. Sellaiset keinotekoiset hapetus-yksiköt hylätään käytön jälkeen, ja niitä on helposti saatavissa sairaaloista käytön jälkeen.

Sellaiset membraanitislausmenetelmät ovat tunnettuja, jotka perustuvat kahden liuoksen väliseen lämpötila-gradienttiin. Kuitenkin membraanitislaus- tai osmoottista tislauksen menetelmää, joka perustuu kahden liuoksen väliseen osmoottisen paineen eroon, ei ole aiemmin kuvattu.

Keksinnön kuvaus

Tämän keksinnön kohteena on menetelmä huokoisen esteen tai membraanin hydrofoobisuuden lisäämiseksi ja mainitulla menetelmällä valmistetut membraanit.

Lisäksi tämän keksinnön kohteena on menetelmä, sekä laitteisto nesteen konsentroimiseksi käyttäen hyödyksi osmoottisen paineen eroa (s.o. osmoottista painegradienttia) kahden nesteen välillä.

Kyseisen keksinnön toinen kohde on tällaisten membraanierotusmenetelmässä käytettävien, membraanihapetusyksikköjen uudelleenkierrätys käyttäen siirtävänä voimana kahden nesteen välistä osmoottisen paineen eroa, jotta saavutettaisiin alemman osmoottisen paineen omaava liuoksen konsentraatio, tai jotta saataisiin talteen osa kahden erilaisen nesteen kahden erilaisen potentiaalienergian välisestä energiasta, joka potentiaalienergioiden ero johtuu näiden kahden nesteen välisestä osmoottisen paineen erosta.

Lisäksi tämän keksinnön kohteena on vielä menetelmä, sekä laitteisto laimean liuoksen konsentroimiseksi osmoottisella tislauksen menetelmällä tunnetaan myös membraanihaihdutus- tai membraanitislausena) siirtämällä liuotinta laimeasta liuoksesta höyrytilassa hydrofoobisen (ei-kostuvan) huokoisen esteen läpi korkeamman osmoottisen paineen omaavaan konsentroituu liuokseen.

Vielä toinen tämän keksinnön kohde on menetelmä liuoksen fraktioimiseksi tai liuottimen talteenottamiseksi siitä yhdistämällä osmoottinen tislauksen- ja käänteisosmoosimenetelmät.

5 Nämä sekä muut keksinnön kohteet ilmenevät seuraavasta keksinnön kuvauksesta.

10 Kyseisen keksinnön erään näkökohdan mukaan esitetään huokoinen este tai diffuusioeste alhaisen osmoottisen paineen omaavan laimean liuoksen konsentroimiseksi osmoottisella tislauksella, joka este käsittää hydrofoobisen, huokoisen tai mikrohuokoisen matriisin, jossa liuotin siirretään puolelta toiselle esteen läpi, laimeasta liuoksesta, höyrytilassa, osmoottisen painegradientin vaikutuksesta.

15 Keksinnön mukaan tällaisen diffuusioesteeseen valmistamismenetelmä käsittää huokoisen matriisin käsittelyn kemiallisesti yhdisteellä hydrofoobisuuden tai sen ei-kostuvuusominaisuuksien lisäämiseksi.

20 Kyseisen keksinnön toisen näkökohdan mukaan esitetään osmoositislauksen- (tai membraanitislauksen-) menetelmä suhteellisen alhaisen osmoottisen paineen omaavan ensimmäisen nesteen konsentroimiseksi kierrättämällä mainittua nestettä hydrofoobisen, huokoisen esteen tai membraanin toisella puolella sekä samanaikaisesti kierrättämällä suhteellisen korkean osmoottisen paineen omaavaa toista nestettä esteen vastakkaisella puolella, jolloin liuotin siirtyy mainitusta ensimmäisestä nesteestä höyrytilassa, membraanin läpi toiseen nesteeseen johtaen ensimmäisen nesteen konsentroitumiseen.

30 Edelleen keksinnön erään näkökohdan mukaan esitetään laitteisto alhaisen osmoottisen paineen omaavan primäärin nesteen fraktioimiseksi ja liuottimen talteenottamiseksi siitä, joka laitteisto käsittää:

35 1) huokoisen esteen osmoottiseen tislaukseen, joka este käsittää hydrofoobisen huokoisen matriisin, jolloin liuotin siirretään primäärisestä nesteestä huokoisen esteen

toisella puolella huokoisen esteen läpi, höyrytilassa, korkeamman osmoottisen paineen omaavaan toiseen nesteeseen huokoisen esteen vastakkaiselle puolelle osmoottisen painegradientin vaikutuksesta; ja

- 5 ii) diffuusioesteen käänteisosmoosia varten, jolloin edellisen vaiheen laimennettu, toinen neste voidaan seuraavaksi jakaa toisen nesteen uudelleen muodostamiseksi ja kierrättämiseksi ja primäärisestä nesteestä siirretyn liuottimen talteenottamiseksi.

10 Vielä, keksinnön toisen näkökohdan mukaan esitetään menetelmä liuottimen (esim. juomavesi) talteenottamiseksi suhteellisen alhaisen osmoottisen konsentraation omaavasta, primäärisestä nesteestä (esim. merivesi), joka menetelmä käsittää:

- 15 i) primäärisen nesteen osmoottisen tislauksen käyttäen huokoista estettä, joka erottaa primäärisen nesteen, korkeamman osmoottisen konsentraation omaavasta toisesta nesteestä, jolle on tunnusomaista, että mainittu huokoinen este käsittää hydrofoobisen, huokoisen matriisin ja jossa on osmoottinen painegradientti mainitun ensimmäisen ja toisen nesteen välillä, jolloin liuotin primäärisestä nesteestä diffuusioesteen toiselta puolelta siirtyy huokoisen esteen läpi höyrymuodossa toiseen nesteeseen huokoisen esteen vastakkaiselle puolelle; ja
- 20 ii) edelleen edellisestä vaiheesta saadun laimennetun toisen nesteen käänteisosmoosin käänteisosmoosin keinoin, jolloin liuotin (esim. juomavesi) saadaan talteen.

Osmoottinen tislauk tai membraanitislauk on menetelmä, jolla laimeita liuoksia, kuten merivettä, hedelmätuoremehuja, maitoa ja kahvia voidaan konsentroida siirtämällä vettä höyrytilassa ja osmoottisen painegradientin vaikutuksesta hydrofoobisen (ei-kostuvan), likaantumattoman huokoisen esteen tai membraanin läpi meriveteen tai konsentroituun suolaveteen (esim. magnesiumsulfaatti, MgSO_4 -liuos), jossa ei ole likaavaa materiaalia. Jälkim-

35

mäinen liuos voidaan sitten käsitellä käänteisosmoosilla sen uudelleen konsentroimiseksi ja uudelleen kierrättämiseksi osmoottiseen tislauksyksikköön ja, meriveden käsittelyn ollessa kyseessä, juomaveden talteenottamiseksi.

5 Tällä tavoin käänteisosmoosimembraanien odotettavissa olevaa ikää voidaan pidentää merkittävästi.

Lyhyt kuvaus piirroksista

Keksintöä kuvataan edelleen viitaten piirroksiin, joissa:

10 Kuvio 1 kuvaa kaavamaisesti hedelmätuoremehun konsentroitua merivettä tai konsentroitua suolavettä vasten osmoottisella tislauksella.

Kuvio 2 kuvaa kaavamaisesti keksinnön mukaista laitetta, jossa membraanitislauputki on yhdistetty käänteisosmoosiyksikköön, käytettäväksi esim. suolanpoistossa-
15 s.o. erittäin puhtaan juomaveden tuottamiseksi suolapitoisesta vedestä tai merivedestä.

Kuvio 3 on suurennettu kuva membraaniseinästä kuvion 2 mukaisessa membraanitislauslaitteistossa, se kuvaa kaavamaisesti sen, että yksi tärkeimmistä voimista
20 veden siirtämiseksi merivedestä membraaniseinän läpi MgSO_4 -liuokseen on osmoottisen painegradientin synnyttämä höyrupainegradientti.

Kuvio 4 on kaavio, joka kuvaa käänteisosmoosivuota
25 MgSO_4 -konsentraatiota vasten käyttöpaineessa 4130 kPa (40,8 atm) kuviossa 2 kuvatun tyyppisessä laitteessa.

Kuvio 5 on kaavio, joka kuvaa membraanitislauvuota MgSO_4 -konsentraatiota vasten tislattu vesi/ MgSO_4 -
systeemille (30 kPa:n veden vastapaineessa).

30 Kuvio 6 on kaavio, joka kuvaa membraanitislauvuota sisääntulevan tislattun veden ja sisääntulevan MgSO_4 -liuoksen lämpötilojen välistä eroa vasten.

Kuvio 7 on kaavio, joka kuvaa membraanitislauvuota MgSO_4 -konsentraatiota vasten merivesi/ MgSO_4 -systeemille
35 (30 kPa:n meriveden vastapaineessa).

Kuvio 8 on kaavio, joka kuvaa membraanitislausvuota sisääntulevan meriveden ja sisääntulevan MgSO_4 -liuoksen lämpötilojen välistä eroa vasten (30 kPa:n meriveden vastapaineessa).

5 Kuvio 9 on kaavio, joka kuvaa membraanitislausvuota meriveden virtausnopeutta vasten (14 % MgSO_4 , 40 kPa:n meriveden vastapaine, 0,71 l/min MgSO_4).

10 Kuvio 10 on kaavio, joka kuvaa membraanitislausvuota MgSO_4 -liuoksen virtausnopeutta vasten (14 % MgSO_4 , 40 kPa:n meriveden vastapaine, 1,36 l/min meriveden virtausnopeus).

Kuvio 11 on kaavio, joka kuvaa membraanitislausvuon ja MgSO_4 -konsentraation suhdetta tämän esimerkin edullisissa olosuhteissa.

15 Keksinnön paras suoritusmuoto

Piirroksissa, kuvio 1 kuvaa kaavamaisesti appelsiinimehun konsentroitua ontelokuitu-osmoottinen tislauksyksikössä, missä tuore appelsiinituoremehu, jonka konsentraatio on 12^oBrix, johdetaan ontelokuitukimpun keskusauk-
 20 koiden kautta osmoottiseen tislauksyksikköön ja merivesi johdetaan vastavirtaan osmoottisen tislauksyksikön vaippatilassa, joka ympäröi ontelokuitukimppua. Membraanitai osmoottinen tislauksyksikkö sisältää sylinterimäisen polykarbonaattiulkokuoren (halkaisija 100 mm, pituus
 25 300 mm), jossa on kartiomaiset sisääntulo- (yläosa) ja ulostulo- (pohja) kammiot konsentroitavalle appelsiinituoremehulle. Sisääntulo- ja ulosmenokammiot on yhdistetty noin 62 000 hydrofoobisella polypropyleeni-ontelokuitumembraaneilla (sisähalkaisija 200 μm , seinän pak-
 30 suus 25 μm , tehollinen pituus 140 mm, keskimääräinen huokoshalkaisija 700 Å, huokoisuus 50 %, kokonaispinta-ala 5,4 m²), jotka on suljettu yhteen molemmista päistä polyuretaanihartsilla (kittausyhdiste), siten että ne ovat
 35 vaippaan sisällytettyinä sisääntulo- ja ulosmenoaukkojen kanssa. Suodatettu merivesi, joka ei sisällä suspentoitu-

nutta tai kolloidista materiaalia, pumpataan tämän vaipan läpi arviolta vastavirtaan sisäiseen virtaukseen nähden.

Puhdas appelsiinituoremehu, joka pumpataan membraanitislauusputken läpi alhaisessa paineessa, tulee konsentroiduksi kulkiessaan ontelokuitujen läpi johtuen veden siirtymisestä kuitujen seinämien läpi meriveteen. Siirtävä voima tälle siirtymiselle on höyrynpainegradientin (tai osmoottisen paineen) ja lämpötilagradientin yhdistetty vaikutus, joka saadaan aikaan kohottamalla appelsiinituoreme-
 5
 10
 15
 15 hūn höyrynpainetta varovasti kuumentamalla sitä ennen kuin se tulee putkeen, sekä alennetulla meriveden höyrynpaineella, joka on lähtöisin sen suhteellisen korkeasta osmoottisesta paineesta. Membraanin hydrofoobisuus estää nestemäisen veden siirtymisen ja hydrofiilisiin membraaneihin liittyvät likaantumisongelmat.

Kuviossa 2 esitetään membraanitislauusputken ja käänteisosmoosiyksikön kytkentä, joka soveltuu suolanpoistoon merivedestä tai suolapitoisesta vedestä.

Sopiva membraanitislauusputki sisältää sylinterimäisen polykarbonaatti-ulkokuoren (halkaisija 100 mm, pituus 300 mm), jossa on kartiomaiset sisääntulo- (ylä-
 20
 25
 30
 35 osa) ja ulosmeno- (pohja) kammiot konsentroitavalle liuokselle. Sisääntulo- ja ulosmenokammioita yhdistää noin 62 000 hydrofoobista polypropyleeni-ontelokuitumembraania, (sisähalkaisija 200 μ m, seinän paksuus 25 μ m, tehollinen pituus 140 mm, keskimääräinen huokoshalkaisija 700 Å, huokoisuus 50 %, kokonaispinta-ala 5,4 m²), jotka on suljettu yhteen molemmista päistä polyuretaanihartsilla (kittausyhdiste), siten että ne sisältyvät vaippaan sisääntulo- ja ulosmenoaukkojen kanssa. Konsentroidu suolaliuos (esim. magnesiumsulfaatti, MgSO₄), joka ei sisällä suspentoitunutta tai kolloidista materiaalia, pumpataan tämän vaipan läpi arviolta vastavirtaan sisäiseen virtaukseen nähden.

Normaali (laimea) merivesi, jota pumpataan membraanitislauusputken läpi alhaisessa paineessa, tulee konsentroiduksi kulkiessaan ontelokuitujen läpi, johtuen veden

siirtymisestä kuitujen seinämien läpi MgSO_4 -liuokseen. Siirtävä voima tälle siirtymiselle on höyrynpainegradientti, joka saadaan aikaan kohottamalla laimean liuoksen höyrynpainetta kuumentamalla sitä ennen kuin se tulee putkeen, ja alennetulla MgSO_4 -liuoksen höyrynpainella, joka on lähtöisin sen korkeasta osmoottisesta paineesta. Membraanin hydrofoobisuus estää nestemäisen veden siirtymisen ja hydrofiilisiin membraaneihin liittyvät likaantumisongelmat.

10 Laimennettu MgSO_4 -liuos pumpataan käänteisosmoosi- (R.O.) yksikköön, missä juomavesi ekstrahoidaan käyttäen ontelokuitu-R.O.-membraaneja. Testilaitteistossa on varustettuna kaksi R.O.-membraanimodulia, joista kumpikin sisältää nimellisesti noin 1300 ontelokuitua (tehollinen
15 pituus 760 mm, kokonaispinta-ala modulia kohden $0,9 \text{ m}^2$). MgSO_4 valittiin suolaliuokseksi johtuen siitä, että käänteisosmoosimembraani hylkii sitä voimakkaasti.

Kuvio 3 kuvaa kaavamaisesti, että pääasiallinen siirtävä voima veden siirtymiselle merivedestä (suhteellisen alhainen osmoottinen paine) membraaniseinän läpi
20 MgSO_4 -liuokseen (suhteellisen korkea osmoottinen paine) on höyrynpainegradientti. Yhdistettynä kahden liuoksen välisen lämpötilagradientin vaikutukseen esitetään keinot, joilla merkittävästi lisätään vesivuota membraanitislaus-
25 menetelmällä.

Membraanihaihdutusyksikkö tuottaa suuria vuota korkeilla MgSO_4 -konsentraatioilla (jolloin MgSO_4 -virta hydratoituu) sekä MgSO_4 -virran ja merivesivirran välisillä korkeilla lämpötilaeroilla.

30 Käänteisosmoosiyksikkö toimii parhaiten alhaisella MgSO_4 -konsentraatiolla, joten yhdistettäessä kaksi yksikköä oli tehtävä kompromissi korkean vuon ja alhaisten MgSO_4 -konsentraatioiden mahdollistamiseksi H_2O -läpäisyssä.

Käyttöolosuhteiden optimointitutkimukset suoritettiin sekä membraanitislaus- että käänteisosmoosijärjestelmällä, jotta saataisiin aikaan kahden yksikön tehokas kyt-

kentä. Kokeet suunniteltiin sellaisen käyttöolosuhdeyhdistelmän varmistamiseksi, joka mahdollistaisi maksimaalisen juomavesisaannon merivedestä.

5 Kokeellisessa laitteistossa, joka sisälsi Syrinx Research 4-putkimembraanihaidutusyksikön yhdistettynä sopivaan 2-putki-käänteisosmoosiyksikköön, havaittiin käänteisosmoosivuon kasvavan lineaarisesti syöttöpaineen mukaan aina kokeiltuun 4130 kPa:n (40.8 atm tai 600 p.s.i.) maksimaaliseen, turvalliseen käyttöpaineeseen asti. Kaik-
10 ki testaus suoritettiin tässä paineessa.

Kuvio 4 kuvaa käänteisosmoosivuota (R.O.vuo) MgSO_4 -konsentraatiota vasten ja osoittaa, että merkittäviä vuota ei voida saavuttaa käytetyssä paineessa MgSO_4 -liuoksilla, joiden konsentraatiot ovat suurempia kuin
15 noin 14 %. R.O.-membraani hylkii (tai retentioi) MgSO_4 :a vähemmän sen konsentraation kasvaessa.

Nämä tulokset osoittavat tästä sovellutuksesta, että maksimivuon ja maksimimaalisen MgSO_4 :n hylkimisen saavuttamiseksi R.O.-yksikköä olisi käytettävä 4130 kPa:n
20 paineessa käyttäen pienintä mahdollista MgSO_4 -konsentraatiota. Kuitenkin, todellinen yhdistetyssä systeemissä käytettävä konsentraatio on suuresti riippuvainen konsentraatiosta, joka vaaditaan hyväksyttävän membraanitislausvuon saavuttamiseksi.

25 Jotta määritettäisiin eräitä membraanitislausmenetelmän peruskäyttöominaisuuksia ja jotta täydellisemmin ymmärrettäisiin meriveden käyttäytyminen tässä menetelmässä, alkuperäisiin koesarjoihin sisältyi tislattun veden johtaminen meriveden sijasta ontelokuitumembraanien lävitse.
30

a) MgSO_4 -liuos/tislattu vesi -systeemi

Kuvioon 5 viitaten, nähdään, että membraanitislausvuo kasvaa eksponentiaalisesti kasvavan MgSO_4 -konsentraation mukaan. Tämä johtuu luultavasti veden höyrynpaineen aleneman lisääntymisestä membraanin MgSO_4 -liuoksen puolella johtaen veden höyrynpainegradientin kasvamiseen membraanin poikki.
35

Ulostulevan vesivirran ajoittainen analyysi osoitti, ettei MgSO_4 :a vuotanut membraanin läpi, siten varmistaen jälkimmäisen hydrofoobisuuden.

5 Kuvio 6 kuvaa vuota sisääntulevan veden ja sisääntulevan MgSO_4 -liuoksen lämpötilojen välistä eroa vasten. Havaittu vuon kasvu kasvavan lämpötilgradientin mukana on seurausta vahvistuneesta veden höyrynpaineesta membraanin vesipuolella suhteessa MgSO_4 -liuoksen puolelle.

b) MgSO_4 -liuos/verivesi-systeemi

10 Kuvio 7 kuvaa vuota MgSO_4 -konsentraatiota vasten. Tislatun veden tapauksessa vuo kasvaa kasvavan MgSO_4 -konsentraation mukana. Kuitenkin, merivesivuot ovat merkittävästi alhaisempia kuin tislattulla vedellä samoissa MgSO_4 -konsentraatioissa, johtuen meriveden korkeasta osmoottisesta paineesta. Todellakin, aineensiirtoa merivedestä ei
15 havaittu 9 - 10 % alemmissa MgSO_4 -konsentraatioissa.

Jälkimmäinen havainto on johdonmukainen MgSO_4 - ja NaCl -liuosten tunnettujen osmoottisten paineiden kanssa. Kuten on osoitettu kuviossa 7, merivesi käyttäytyy samalla
20 tavalla kuin 2,6-%:inen (0,44-molaarinen) NaCl -liuos. 2,6-%:isen (0,44-molaarinen) NaCl -liuoksen osmoottinen paine (noin 19 atm) vastaa 0,78-molaarisen (9,4 %) MgSO_4 -liuoksen arvoa 25°C:ssa. Sen vuoksi, lämpötilagradientin puuttuessa höyrynpainegradientti membraanin poikki esiin-
25 tyy ainoastaan, jos MgSO_4 -konsentraatio ylittää 9,4 %.

Kuvio 8 kuvaa vuota sisääntulevan meriveden ja sisääntulevan MgSO_4 -liuoksen lämpötilojen välistä eroa vasten. Kuvio 8 on selvää, että lämpötilagradientin kasvaessa on selvä suuntaus korkeampia vuota kohden. MgSO_4 -
30 konsentraation ollessa 12 %, noin 0,5 l/m²/päivä:n suuruisen vuo havaitaan lämpötilagradientin puuttuessa (kuvio 7). Kuitenkin, kuvio 8 osoittaa, että tämä vuo voi merkittävästi kasvaa käyttämällä lämpötilagradienttia 30 - 35°C.

35 Kuvio 9 kuvaa vuota meriveden virtausnopeutta vasten. MgSO_4 -liuoksen virtausnopeuden ollessa 0,71 l/minuutti, vuo kasvaa meriveden virtausnopeuden kasvaessa. Tämä

johtuu ilmeisesti meriveden peruskerroksen nopeammasta korvautumisesta, jossa kerroksessa suolakonsentraatio kasvaa, kun höyryn siirtymistä tapahtuu. Rajakerrokseen muodostuva suola aiheuttaisi paikallisen kasvun osmoottisessa paineessa ja siten lisäisi höyrynpainegradienttia.

Kuvio 10 kuvaa vuota MgSO_4 -liuoksen virtausnopeutta vasten. Meriveden virtausnopeuden ollessa 1,36 l/minuutti, vuo pienenee hieman MgSO_4 -liuoksen konsentraation kasvaessa. Kuten kasvavan meriveden virtausnopeuden tapauksessa yllä, tämä luultavasti aiheuttaa rajakerroksen nopeampaa korvautumista, tällä kertaa MgSO_4 -liuoksen puolella membraania. MgSO_4 :n muodostuminen rajakerrokseen ja siten osmoottisen paineen kasvu on edullista tässä tapauksessa, koska höyrynpainegradientti kasvaa.

Optimointitutkimuksien tuloksista on ehdotettavissa, että membraanitislausyksikön käyttöolosuhteet tulisi valita seuraavien arviointien perusteella:

1) Meriveden vastapaineen tulisi olla vähintään 30 kPa.

2) Lämpötilagradientin esiintyminen membraanin poikki on yleensä suositeltavaa. Kun lämmönlähde on helpposti saatavissa, sitä voidaan käyttää kyseenä olevan keksinnön menetelmässä, koska lämpötilagradientin läsnäolo voi olla suositeltava tekijä kasvatettaessa membraanivuota. Tässä yhteydessä kuvattuun yksittäiseen sovellutukseen nähden membraanien valmistajat ovat määritelleet ylemmän lämpötilarajan noin 75°C :ksi ja siten meriveden sisään-tulolämpötilaksi suositellaan noin 70°C :a ja MgSO_4 -liuoksen lämpötilaksi suositellaan ympäristön lämpötilaa.

3) Meriveden virtausnopeuden tulisi olla niin suuri ja MgSO_4 -sisennysliuoksen virtausnopeuden niin pieni kuin käytännöllistä. Tästä näkökulmasta on muistettava, että laajuus, jossa MgSO_4 -liuosvirtaa kuumennetaan putkessa, kasvaa sen virtausnopeuden kasvaessa. Tämän virran liiallinen kuumentaminen vähentää keskimääräistä lämpötilagradienttia membraanin poikki ja vaatii tehokkaampaa jäähdyttämistä

ennen käänteisosmoosiyksikön saavuttamista. Nämä tekijät huomioonottaen suositellaan meriveden virtausnopeudeksi noin 2 l/minuutti ja MgSO_4 -liuoksen virtausnopeudeksi noin 0,5 l/minuutti.

- 5 4) Vaaditaan MgSO_4 -konsentraatio, joka on suurempi kuin 9 - 10 %. Kuitenkin, kaikkein sopivin konsentraatio on määritettävä kokeilemalla käyttää veden vastapaineen, lämpötilagradientin ja virtausnopeuksien optimiolosuhteita. Myös, käänteisosmoosiyksikön kapasiteetti siirtää vettä
- 10 MgSO_4 -liuoksesta samalla nopeudella kuin sitä siirretään merivedestä membraanitislausyksikössä on otettava huomioon määritettäessä tätä konsentraatiota. Vuon ja MgSO_4 -liuoksen konsentraation suhde optimiolosuhteissa on esitetty kuviossa 11. Tässä tapauksessa vuo-asteikko on annettu litraa/-
- 15 päivä 4-putki-yksikölle, valmistaja Syrinx Research, yhdistettäväksi käänteisosmoosiyksikön kanssa. Kuviot 4 ja 10 osoittavat, että 14-%:inen MgSO_4 -liuos antaa membraanitislausvuon: 50 l/päivä ja että laimennettu MgSO_4 -liuos voidaan uudelleen konsentroida käänteisosmoosiyksikön avulla
- 20 edellyttäen, että molemmat membraanimodulit ovat käytössä. MgSO_4 -konsentraation ollessa 14-%, kahden käänteisosmoosimembraanimodulin yhdistetty vuo on noin $2,5 \text{ l/m}^2/\text{tunti}$ (55 litraa/päivä). Kuvio 13 osoittaa, että selvästi korkeammat membraanitislausvuot voidaan saavuttaa korkeammilla
- 25 MgSO_4 -konsentraatioilla (esim. noin 90 litraa/päivä 18-%:isella MgSO_4 :lla). Kuitenkin, ne erityiset membraanimodulit, joita käytetään tässä yksittäisessä sovellutuksessa, ovat samanaikaisesti vaaditun korkean paineen avulla kykeneviä ylittämään sellaisten liuosten osmoottisen paineen.
- 30

Yhteenvedossa tulokset osoittavat, että paine-ero membraanin poikki on ehkä pääasiallisin vuohon vaikuttava muuttuja. Paine-ero johtuu osmoottisen paineen eroista ja lämpötilaerosta membraanin poikki.

- 35 Kokeelliset tulokset osoittavat, että MgSO_4 -konsentraatio sekä MgSO_4 -virran ja merivesivirran lämpötilat ovat

erittäin tärkeitä vuota määrittäviä muuttujia. Tämä johtuu siitä, että MgSO_4 -konsentraatio liittyy suoraan virran osmoottiseen paineeseen annetussa lämpötilassa. Toinen tärkeä muuttuja on meriveden virtausnopeus.

5 Nesteen osmoottinen paine liittyy höyrynpaineeseen tasapainossa yhtälöllä;

$$\pi V^1 = RT \ln \frac{P^0}{P} \quad (I)$$

10 missä:

π = osmoottinen paine
 V_1 = liuoksen partiaalinen moolitilavuus
 R = yleinen kaasuvakio
 T = absoluuttinen lämpötila
 15 P ja P^0 = höyrynpaineet nesteen kahdessa erilaisessa tilassa (s.o. liuonneen aineen kanssa ja ilman sitä)

20 Tämä yhtälö on käyttökelpoinen edellyttäen, että höyry käyttäytyy, kuten ideaalikaasu ja neste on kokoonpuristumaton.

Jos tarkasteltava liuos käyttäytyy ideaalisesti, niin Raoult'n laki on voimassa ja $P/P^0 = 1 - x_2$ on liuonneen aineen mooliosuus.

25
$$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

missä n = molekyylien lukumäärä annetussa tilavuudessa

n_1 = liuottimen moolimäärä

n_2 = liuonneen aineen moolimäärä

30 Tästä syystä, mikä tahansa liuennut aine alentaa liuottimen höyrynpainetta, ja kahden nesteen, joilla on erilaiset osmoottiset paineet, välisellä kaasurajapinnalla tapahtuu liuottimen siirtymistä alemman osmoottisen paineen omaavasta nesteestä korkeamman osmoottisen paineen omaavaan nesteeseen.

35

Tätä menetelmää voidaan kuvata keinotekoisista hape-
tinta, joka on japanilaisen Terumo yhtymän kehittämää
seuraavaa tyyppiä:

Tyyppi:

TERUMO CAPIOX II 16-

5

ontelokuituhapetin
integroidulla lämmön-
vaihtimella

Koodinumero:

CX_{*}MP16H

Tehollinen pinta-ala:

1,6 m²

10

Maksimaalinen veren virtausnopeus:

2 l/min

Maksimaalinen käyttöpaine:

1 000 mm Hg.

Ontelokuitumembraanit valmistetaan polypropylee-
nistä, ja niiden huokoskoko on 700 Å. Tätä laitetta käyte-
tään yleensä veren keinotekoiseen hapettamiseen, jolloin
15 verta kierrätetään ontelokuitujen läpi ja happi-kaasua
kierrätetään ontelokuituja ympäröivässä vaipassa, s.o.
ontelokuitujen ulkopuolella. Tässä tapauksessa tapahtuu
happi-kaasun siirtymistä ontelokuitujen ulkopuolelta
vereen, joka kiertää ontelokuitujen sisällä.

20

Tämän kaltaisessa lääketieteellisessä sovellutuk-
sessa sellaiset ontelokuituhapettimet yleensä hävitetään
yhdessä käytön jälkeen. Kuitenkin, kyseisen keksinnön erään
näkökohdan mukaisen opetuksen mukaan on mahdollista kier-
rättää sellaisia ontelokuituhapettimia erilaisia sovellu-
25 tuksia varten.

Ottamalla sellaisen hapetusyksikön, ja puhdistam-
alla yksikkö sopivalla puhdistusaineella, esim.

PYRONEGillä, kuivaamalla yksikkö ja lisäämällä kuidun
hydrofoobisuutta kemiallisella käsittelyllä, saadaan
30 yksikkö, jota voidaan käyttää osmoottiseen konsentroin-
tiin.

Ontelokuitujen kemiallinen käsittely hydrofoobi-
suuden lisäämiseksi on toivottavaa yksikön pitkäaikaisten
käyttöominaisuuksien säilyttämiseksi osmoottisissa kon-
35 sentrointimenetelmissä.

Seuravassa on annettu esimerkki ontelokuitujen kemiallisesta käsittelystä:

1. Puhtaalla typellä täytetyn ontelokuituyksikön esi-säteilytys käyttäen koboltti-60-lähdettä säteilytasolla 2 megaradia.

2. Täytetään yksikkö Freon-sarjan fluorihiilivety-kaasulla.

3. Huuhdellaan tislatussa vedellä.

Jos sellaisessa yksikössä kierrätetään puhdasta vettä ontelokuitujen sisällä, ja merivettä kierrätetään ontelokuituja ympäröivässä vaippatilassa, puhdasta vettä haihtuu huokosten sisällä ja tiivistyy meriveden puolella, vuon ollessa noin $12 \text{ l/m}^2/\text{päivä}$, huoneenlämpötilassa.

Samalla tavalla, jos puhdas vesi korvataan millä tahansa nesteellä, jonka osmoottinen paine on alempi kuin meriveden, niin silloin mainittu neste konsentroituu sen vesimäärän jatkuvan haihtumisen ja merivesipuolella tiivistymisen tuloksena.

Viitaten yllä olevaan yhtälöön (1), liuotinvuo systeemin läpi on suhteellinen erotukseen $P - P^0$, joka on suhteessa osmoottisen paineen, Π , eroon. Vuohon vaikuttaa myös sekä terminen gradientti ja painegradientti kahden liuoksen välillä. Esimerkiksi, käyttäen samaa membraania, jos kierrätetään liuosta, jossa on 200 grammaa NaCl:a vedessä, kuitujen ulkopuolella, ja värillistä liuosta, jossa on 1 % metyleenisinisistä tislatussa vedessä, kuitujen sisällä, ja käyttäen 100 kPa:n sisäistä painetta tälle liuokselle ja kohdistamatta mitään painetta natriumkloridiliuokseen, ja käyttäen kahden liuoksen välillä 20°C :n lämpötilaeroa (esim. 40°C vedelle + metyleenisiniselle ja 20°C natriumkloridiliuokselle), niin saavutettava vuo on noin $85 \text{ l/m}^2/\text{päivä}$.

Kyseistä keksintöä kuvaillaan edelleen viitaten seuraaviin, ei-rajoittaviin liitteisiin eräistä muista mahdollisista keksinnön sovellutuksista.

Suhteellisen alhaisen osmoottisen paineen omaavien nesteiden konsentrointi käyttäen merivettä

Esimerkkeihin nesteistä, joita voidaan konsentroida tällä menetelmällä, kuuluvat elintarvikkeet, kuten maito, 5 hera, kahvi, tee, hedelmä- ja vihannestuoremehut, ja sokerriruokomehu. Muihin esimerkkeihin kuuluvat sovellutukset farmaseuttisessa ja hienokemikaaliteollisuudessa, missä lämpöherkät tuotteet voidaan konsentroida osmoositolauksella. Konsentroituvaa nestettä kierrätetään membraanin 10 toisella puolella ja merivettä kierrätetään toisella puolella. Vuon kasvu saavutetaan lisäämällä konsentroitavan nesteen staattista painetta, ja edullisesti kohottamalla sen lämpötilaa verrattuna meriveden lämpötilaan, esimerkiksi käyttämällä talteenotettua jäätelämpöä tehtaan 15 muista lähteistä. Tähän nähden, useimmat keinotekoiset hapettimet on jo varustettu jonkun tyyppisellä lämmönvaihtimella, jota voidaan käyttää tähän tarkoitukseen.

Osmoottinen konsentrointi suolaliuosta vasten

Suhteellisen alhaisen osmoottisen paineen omaavien 20 nesteiden, kuten maidon, heran, hedelmä- ja juurestuoremehujen sekä sokerriruokomehun konsentrointi, kuten yllä on kuvattu, voidaan saada aikaan menetelmällä, jossa käytetään sellaisten liuosten välistä osmoottisten paineiden eroa ja voimakkaasti konsentroitua suolaliuosta, esim. 25 NaCl. Tässä tapauksessa Na-liuoksen konsentraatio pidetään yllä jollakin seuraavista menetelmistä:

i) käyttämällä aurinkolammikkoa, missä veden haihtuminen auringon avulla pitää yllä suolan korkean konsentraation, joka on tarpeellinen, jotta säilytettäisiin osmoottisen paineen gradientti, joka esiintyy konsentroitavan 30 liuoksen ja konsentroidun suolaliuoksen välillä. Tässä suhteessa menetelmässä esitetään tapa ottaa talteen ja hyödyntää aurinkoenergiaa nesteiden konsentroimiseksi. Esimerkiksi, vaikka ei ole mahdollista käyttää aurinkoenergiaa suoraan maidon konsentroimiseksi, sitä voidaan käyttää 35 tässä menetelmässä suolaliuoksen konsentraation ylläpitä-

miseksi, jota vuorostaan käytetään maidon osmoottiseen konsentrointiin.

Tässä suhteessa tämä tekniikka on erittäin tärkeä sellaisille maille, kuten Israel ja Jordania, joissa on paljon hedelmärehun tuotantoa ja helposti saatavissa konsentroitua suolavettä, esim. Kuolleesta merestä. Tässä suhteessa keksinnössä esitetään tapa konsentroidun suolaveden korkean potentiaalienergian hyödyntämiseksi teollisissa sovellutuksissa, alueella, missä vaihtoehtoiset energialähteet ovat suhteessa erittäin kalliita, erityisesti, kun tarvitaan kuumentamisen käyttöä, kuten hedelmätuoremehujen konsentroimiseksi.

ii) Käänteisosmoosiyksikön käyttö korkean osmoottisen paineen omaavan suolaliuoksen konsentraation säilyttämiseksi poistamalla vettä käyttäen paineella toimivaa menetelmää. Tämä sovellutus on erityisen tärkeä, koska käänteisosmoosia ei voida käyttää johtuen käänteisosmoosimembraanien suomuuntumis- ja likaantumisongelmista, jos niitä käytetään monien nesteiden, esim. maidon, suoraan konsentrointiin. Tässä sovellutuksessa, maitoa tai hedelmätuoremehua konsentroidaan osmoottisella konsentroinnilla likaantumattoman membraanin läpi (membraanin ollessa hydrofoobinen se ei tule kontaktiin nesteen kanssa), ilman lämmönjohtumista (mikä on tärkeää, esim. liuoksen esikonsentroimiseksi ennen leofilisointia, esim. pikakahvia valmistamiseksi), piirissä, joka on täydellisesti eristetty ulkopuolelta, ollen eristetty kaasufaasista. Toisaalta käänteisosmoosiyksikön on vain säilytettävä puhtaan liuoksen suolakonsentraatio, esim. $MgCl_2$:a vedessä, joka ei muodosta mitään likaa, ja jossa käänteisosmoosimembraanien membraanien ikä näissä olosuhteissa voi olla suuruusluokkaa aina 10 vuoteen asti. Koska käänteisosmoosimembraaneilla ei ole 100 %:n hylkimistä, on tärkeää valita erittäin hylkivä membraani, esim. 99,5 %, jolloin suolahäviö korvataan tarvittavalla pienellä lisäyksellä.

Energian tuotto ja talteenotto

Keksintöä voidaan myös käyttää energian tuottamiseksi ja talteenottamiseksi, osa potentiaalienergiasta, joka on kahden virran välillä, joista toisella on korkea osmoottinen paine, esim. merivesi, suolavedet, jne. ja toisella virralla on alhainen osmoottinen paine, esim. tuore jokivesi, mukaan luettuna suolapitoinen vesi ja myös viemäriveresi jne. Kaikissa näissä sovellutuksissa veden siirtymistä alhaisen osmoottisen paineen puolelta korkean osmoottisen paineen puolelle käytetään paineistamaan korkean osmoottisen paineen omaavaa nestettä, ja energia otetaan talteen millä tahansa klassisista tavoista käyttäen kahta erilaisen paineen omaavaa nestettä, esim. korkeapaineturbiineilla, pietsosähköisillä kennoilla, käyttäen oskilloivaa painetta.

Käänteisosmoosin käyttö täydennyksenä

Edelleen keksinnön näkökohtana on menetelmän käyttö käänteisosmoosimenetelmien täydennyksenä puhtaan veden tuottamiseksi merivedestä tai suolapitoisesta vedestä. Useimpien käänteisosmoosimembraanien hylkimiskerroin on suuruusluokkaa 95 % NaCl:lle (kun membraanit on suunniteltu korkealle ominaisvuolle) mutta niillä on suuret hylkimisominaisuudet, esimerkiksi 99,7 %, muille suoloille (esim. magnesiumsulfaatti).

Edelleen keksinnön sovellutuksena on käyttää erittäin konsentroitua suolaliuosta, jota käänteisosmoosimembraani helposti hylkii, korkean osmoottisen paineen omaavana liuoksena, ja käyttää merivettä (tai suolapitoista vettä) alhaisen osmoottisen paineen omaavana liuoksena (verrattuna toiseen liuokseen) ja ekstrahoida vettä siitä.

Tässä tapauksessa, ilman merivesivirran esikäsittelyä, puhdasta vettä tuotetaan korkean paineen omaavan liuoksen käänteisosmoosilla. Tässä suhteessa keksinnössä esitetään tehokas suolanpoistomenetelmä juomaveden tai olennaisesti vähennetyn suolapitoisuuden omaavan veden

talteenottamiseksi merivedestä tai suolapitoisesta vedestä. Talteenotettua vettä voidaan täydentää tarvittaessa lisäämällä suoloja, mineraaleja ja/tai muita lisäaineita.

Edelleen, selektiivisellä suolojen valinnalla konsentroitavaa suolaliuosta varten on mahdollista käyttää avoimempia membraaneja konsentrointiin ja uudelleen kiertättää laimennettua, korkean osmoottisen paineen omaavaa liuosta ja/tai talteenottaa niistä vettä. Esimerkiksi, valitsemalla suola, jolla liuoksessa on suuri anioni ja pieni kationi (esim. akotiinihappo, jolla on suuri anioni ja vapaa happofunktio), on mahdollista valita avoimempi membraani, jolla kuitenkin on riittävä huokoskoko suuren anionin hylkimiseen. Jos tämä membraani on positiivisesti varautunut johtuen sulfoklorinoinnista ja aminoinnista, niin käytettävissä on huokoinen membraani, joka hylkii H^+ -ioneja varauksen vaikutuksesta ja joka hylkii anioneja koon vaikutuksesta.

Vastaavasti, kun liuos sisältää emäksen, jossa on suuri kationi ja pieni anioni (esim. OH^-), niin membraani valitaan siten, että se hylkii kationia koon vuoksi ja että se voi hylkiä OH^- :a membraanin negatiivisen varauksen avulla.

Membraanin ominaisuuksia

1. Membraanin hydrofoobisuuden säilyttämiseksi tarvitaan huokosia, jotka eivät ole 5 mikrometriä suurempia. Korkea ominaishuokoisuus; vuon/m^2 ollessa suhteellinen huokosen pinta-alaan.

2. Membraani on niin ohut kuin mahdollista, edullisesti alle 50 mikrometrin paksuinen. Johtuen membraanin poikki muodostuvasta höyrynpaineen erosta vuo on suoraan suhteellinen huokosen pituuteen, jossa paine-ero muodostuu.

3. Membraanin tulisi olla täydellisesti hydrofoobinen kaasulukon säilyttämiseksi kahden nesteen välissä, muutoin esiintyy suolojen diffuusiota ja se on ei-toivottua. Ilmalukkojen välttämiseksi, ja jotta varmistettaisiin, että

huokoset täyttyvät liuottimesta ainoastaan sen kaasumaisessa muodossa, yksikkö täytetään alunperin kaasulla, joka on hyvin liukeneva liuottimeen, esim. CO_2 . Korkean hydrofoobisuuden säilyttämiseksi, tarvitaan yleensä membraanin pinnan käsittely pitkäikäisyyden varmistamiseksi, myös silloin kun membraani sisältää hydrofoobisen polymeerin.

4. Membraanin on oltava riittävän kestävä kemiallisesti/termisesti käsiteltäville nesteille ja käsittelyolosuhteille - s.o. membraania on käytettävä membraanin sisältämän polymeerin lasiutumispisteen lämpötilan alapuolella.

5. Puhdistusaineet on valittava huolellisesti polymeerin kostumisen välttämiseksi. Esimerkiksi etyylialkoholi kostuttaa polypropyleenin ja tuhoaa hydrofoobisuuden.

6. Membraanin huokoskoon on oltava riittävän pieni verrattuna käsiteltävän liuoksen kuplimispisteeseen. - Edelleen huokoskoon on oltava riittävän pieni, jotta kuplimispisteen paine on korkeampi kuin menetelmässä käytettävä paine.

Vaikkakin keksintöä on yllä olevassa kuvattu viitaten esimerkkeihin ja edullisiin sovellutuksiin, on huomattava, että keksintöä voidaan soveltaa muissa muodoissa tai suorittaa toisilla tavoilla silti luopumatta sen hengestä tai olennaisista ominaisuuksista. Yllä oleva kuvaus on sen vuoksi nähtävä kaikista näkökulmista, kuvailevana ja ei-rajoittavana, ja kaikki yhdenmukaisuuden tarkoitukseen ja laajuuteen tulevat muutokset on tarkoitettu siihen liitettäväksi.

Patenttivaatimukset:

1. Hydrofoobinen huokoinen este alhaisen osmoottisen paineen omaavan liuoksen konsentroimiseksi osmoottisella tislauksella, t u n n e t t u siitä, että se käsittää hydrofoobisen, huokoisen esteen tai matriisin alhaisen osmoottisen paineen omaavan liuoksen erottamiseksi korkeamman osmoottisen paineen omaavasta liuoksesta, missä liuotin siirretään alhaisen osmoottisen paineen omaavasta liuoksesta esteen läpi toiselta puolelta vastakkaiselle puolelle, höyrytilassa osmoottisen painegradientin vaikutuksesta.

2. Patenttivaatimuksessa 1 määritellyn huokoisen esteen valmistusmenetelmä osmoottista tislausta varten, t u n n e t t u siitä, että se käsittää huokoisen matriisin kemiallisen käsittelyn yhdellä tai useammalla yhdisteellä sen hydrofoobisuuden tai kostumattomuusominaisuuksien lisäämiseksi.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää huokoisen matriisin peittämisen tai kyllästämisen typellä, mainitun matriisin kohdistamisen koboltti-60-lähteestä tai vastaavasta tulevalle säteilylle, säteilytetyn matriisin käsitlemisen Freon-sarjan fluorihiilivetykaasulla, ja käsitellyn matriisin huuhtelemisen, tislautulla vedellä.

4. Osmoottinen tislauksen menetelmä suhteellisen alhaisen osmoottisen paineen omaavan ensimmäisen nesteen konsentroimiseksi, t u n n e t t u siitä, että mainittua nestettä kierrätetään toisella puolella hydrofoobista, huokoista estettä, joka on patenttivaatimuksessa 1 määritellyn tyyppinen, ja samanaikaisesti kierrätetään toista, suhteellisen korkean osmoottisen paineen omaavaa nestettä huokoisen esteen vastakkaisella puolella, jolloin liuotin siirtyy mainitusta ensimmäisestä nesteestä huokoisen estematriisin läpi, höyrytilassa, osmoottisen painegradientin vaikutuksesta toiseen nesteeseen johtaen ensimmäisen nesteen konsentroitumiseen.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä,
 t u n n e t t u siitä, että huokoinen este käsittää
 ontelokuituputkiyksikön, jossa ensimmäistä nestettä kier-
 rätetään ontelokuitukimpun sisempien kanavien tai aukkojen
 5 läpi ja jossa toista nestettä kierrätetään ontelokuitukimp-
 pua ympäröivässä tilassa, jolloin liuotinta siirtyy onte-
 lokuitujen seinämien mikrohuokoisen matriisirakenteen
 läpi osmoottisen painegradientin vaikutuksesta.

6. Patenttivaatimuksen 4 tai 5 mukainen menetelmä,
 10 t u n n e t t u siitä, että laimennettu toinen neste käsi-
 tellään myöhemmin käänteisosmoosilla liuottimen erottami-
 seksi ja toisen liuoksen konsentroimiseksi kierrätykseen
 sopivaksi.

7. Suolanpoistomenetelmä merivedestä (tai suola-
 15 pitoisesta vedestä), t u n n e t t u siitä, että se käsit-
 tää:

i) meriveden osmoottisen tislauksen merivettä kor-
 keamman osmoottisen paineen omaavaa suolaliuosta vasten,
 jossa merivesi ja suolaliuos erotetaan hydrofoobisella,
 20 huokoisella esteellä, joka on tässä yhteydessä määriteltä-
 tyyppeä, jolloin vettä siirtyy merivedestä huokoisen esteen
 läpi, höyrytilassa, osmoottisen painegradientin vaikutuk-
 sesta, huokoisen esteen vastakkaiselle puolelle suolaliuok-
 seen siten laimentaan suolaliuoksen; ja

25 ii) laimennetun suolaliuoksen käänteisosmoosikäsi-
 telyn, jolloin vesi erotetaan suolaliuoksesta, ja suola-
 liuos konsentroidaan sopivaksi, kierrätystä varten.

8. Menetelmä energian talteenottamiseksi kahden nes-
 teen väliltä, joilla nesteillä on erilaiset potentiaali-
 30 energiat johtuen näiden kahden nesteen välisestä osmoottis-
 ten paineiden erosta, t u n n e t t u siitä, että alemman
 osmoottisen paineen omaava neste erotetaan korkeamman os-
 moottisen paineen omaavasta nesteestä tässä määritellyn
 tyyppisen hydrofoobisen huokoisen esteen avulla, jolloin
 35 liuotinta siirtyy ensin mainitusta nesteestä huokoisen este-

matriisin läpi höyrytilassa toiseen mainittuun nesteeseen osmoottisen painegradientin vaikutuksesta, joka gradientti on ensimmäisen ja toisen nesteen välillä, siten vähentäen toisen nesteen osmoottista painetta, ja saatavilla oleva energia otetaan talteen jollakin sopivalla tavalla, kuten korkeapaineturbiinien avulla tai pietsosähköisillä kennoilla.

9. Laitteisto alemman osmoottisen konsentraation omaavan ensimmäisen nesteen fraktioimiseksi ja liuottimen talteenottamiseksi siitä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

i) tässä yhteydessä määritellyn tyyppisen huokoisen esteen osmoottista tislausta varten, joka huokoinen este käsittää hydrofoobisen, huokoisen matriisin, jossa liuotinta voidaan siirtää ensimmäisestä nesteestä huokoisen esteen toiselta puolelta huokoisen esteen läpi, höyrytilassa, toiseen, korkeamman osmoottisen konsentraation omaavaan nesteeseen huokoisen esteen vastakkaiselle puolelle osmoottisen painegradientin vaikutuksesta; ja

ii) diffuusioesteen käänteisosmoosia varten, jolla laimennettu toinen neste edellisestä vaiheesta voidaan myöhemmin erottaa toisen nesteen uudelleen muodostamiseksi ja kierrättämiseksi ja ensimmäisestä nesteestä siirretyn liuottimen talteenottamiseksi.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että mainittu huokoinen este käsittää yhden tai useampia ontelokuitu-membraanitislauksikköjä, joista jokainen käsittää putkimaisen vaipan, kimpun osmoottiseen tislaukseen käytettäviä mikrohuokoisia ontelokuituja järjestettynä vaippaan sen akselin suuntaisesti; vastavirtanestekammion, muodostettuna ontelokuitukimpun ulkopintojen ja vaipan sisäpinnan välille; ensimmäiset sisääntulo- ja ulosmenoaukot toisen nesteen johtamiseksi sisään ja ulos mainitusta nestekammioista; jakavat seinämät, jotka tukevat ontelokuitukimppua, erottaen onte-

lokuitujen avoimet päät nestekammioista ja määräten nestekammion pituuden; ja toiset sisääntulo- ja ulosmenoaukot ensimmäistä nestettä varten, mainittujen toisten sisääntulo- ja ulosmenoaukkojen ollessa yhteydessä kunkin ontelokuidun sisätilan tai aukon kanssa, jokaisen ontelokuidun ulkoseinän sisältäessä mikrohuokoisen matriisin, jonka kautta liuotin voi siirtyä ensimmäisestä nesteestä matriisin toiselta puolelta matriisin läpi, höyrytilassa, toiseen nesteeseen matriisin vastakkaiselle puolelle osmoottisen painegradientin vaikutuksesta.

Patentkrav

1. Diffusionsbarriär för koncentrationen av en lösning med lågt osmotiskt tryck genom mebrandestillation, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar en hydrofobisk, mikroporös matris för separerande av lösningen med lågt osmotiskt tryck från en lösning med högre osmotiskt tryck, varvid lösningsmedel från lösningen med lågt osmotiskt tryck leds genom diffusionsbarriären från ena sidan till motsatta sidan i ångform under inflytande av en osmotisk tryckgradient.

2. Förfarande för framställning av en diffusionsbarriär för membrandestillation av en typ som definierats i patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar kemisk behandling av en mikroporös matris med ett eller flera medel för ökande av hydrofobiteten eller dess icke-vätbara egenskaper.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar täckande eller måttande av den mikroporösa matrisen med kväve, utsättande av matrisen för bestrålning från en kobolt-60-källa eller liknande, behandlande av den bestrålade matrisen med en fluorkolvätegas ur freonserien, och sköljande av den behandlade matrisen med destillerat vatten.

4. Förfarande för membrandestillation för koncentrationen av en första vätska med relativt lågt osmotiskt tryck, k ä n n e t e c k n a t därav, att den nämnda vätskan cirkuleras på ena sidan av en mikroporös, hydrofobisk diffusionsbarriär av en typ som definierats i patentkravet 1 medan samtidigt en andra vätska av relativt högt osmotiskt tryck cirkuleras på den motsatta sidan av diffusionsbarriären, varigenom

lösningsmedel från den första vätskan leds genom diffusionsbarriärmatrisen i ångform under inflytande av en ångtrycksgradient till den andra vätskan, vilket resulterar i koncentration av den första vätskan.

5 5. Förfarande enligt patentkravet 7, k ä n -
n e t e c k n a t därav, att diffusionsbarriären om-
fattar en rörenhet av ihåliga fibrer, varvid den primä-
ra vätskan cirkuleras genom de inre kanalerna eller
öppningarna i ett knippe av ihåliga fibrer och den
10 andra vätskan cirkuleras i utrymmet som omger knippet
av ihåliga fibrer, varigenom lösningsmedel leds genom
den mikroporösa matrisstrukturen i väggarna av de ihå-
liga fibrerna under inflytande av en ångtrycksgradient.

15 6. Förfarande enligt patentkravet 4 eller 5,
k ä n n e t e c k n a t därav, att den utspädda andra
vätskan sedan utsätts för omvänd osmosbehandling för
separerande av lösningsmedlet och för koncentrerande av
den andra vätskan, så att den lämpar sig för återcirku-
lation.

20 7. Förfarande för avsaltning av havsvatten
(eller bräckt vatten), k ä n n e t e c k n a t därav,
att det omfattar:

(i) utsättande av havsvattnet för membrandes-
tillation mot en saltlösning av högre osmotiskt tryck
25 än havsvattnet, varvid havsvattnet och saltlösningen
separeras av en mikroporös, hydrofobisk diffusionsbar-
riär av den här definierade typen, varvid vatten från
havsvattnet går genom diffusionsbarriären i ångform
under inflytande av en ångtrycksgradient in i saltlös-
ningen på den motsatta sidan av diffusionsbarriären
30 under utspädande av saltlösningen; och

(ii) utsättande av den utspädda saltlösningen
för omvänd osmosbehandling, varigenom vatten separeras

från saltlösningen, och saltlösningen koncentreras i lämplig grad för återcirkulering.

8. Förfarande för utvinning av energi som är tillgänglig mellan två vätskor med två olika potentiella energier som resultat av skillnaden i osmotiskt tryck mellan de bägge vätskorna, k ä n n e t e c k - n a t därav, att vätskan med lägre osmotiskt tryck separeras från vätskan med högre osmotiskt tryck medelst en mikroporös, hydrofobisk diffusionsbarriär av den här definierade typen, varigenom lösningsmedel från den förstnämnda vätskan leds genom diffusionsbarriärmatrisen i ångform in i den andra vätskan under inflytande av ångtrycksgradienten som föreligger mellan den första och andra vätskan, varigenom det osmotiska trycket hos den andra vätskan ökar, och att den tillgängliga energin utvinns medelst något lämpligt medel, såsom medelst högtrycksturbiner eller piezoelektriska celler.

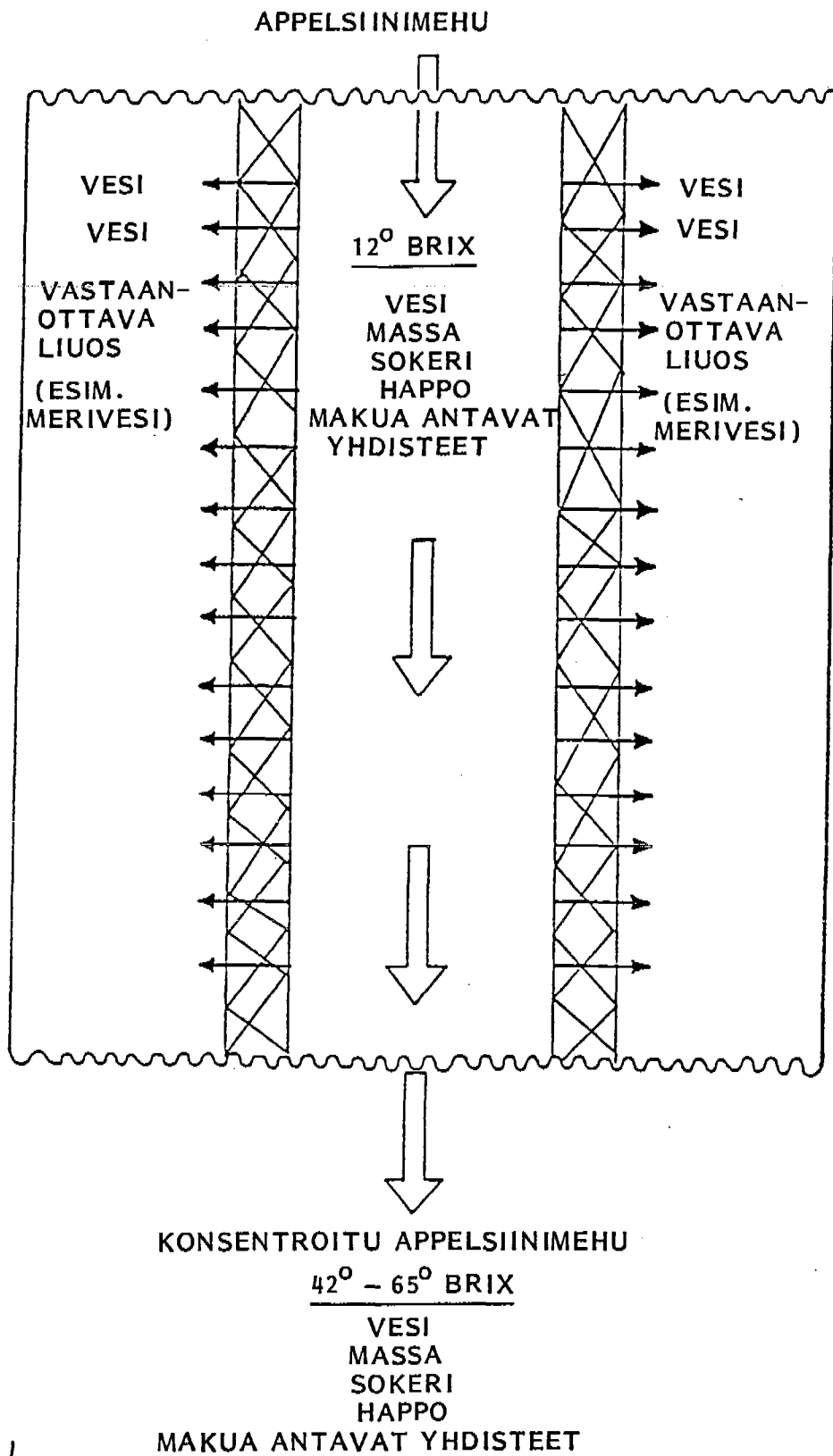
9. Apparat för fraktionering av en primär vätska med låg osmotisk koncentration och för utvinning av lösningsmedlet ur denna, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar:

(i) en diffusionsbarriär för membrandestillation av den här definierade typen och omfattande en hydrofobisk, mikroporös matris, varvid lösningsmedel från den primära vätskan på ena sidan av diffusionsbarriären kan ledas genom diffusionsbarriären i ångform till en andra vätska av högre osmotisk koncentration på den motsatta sidan av diffusionsbarriären under inflytande av en osmotisk tryckgradient; och

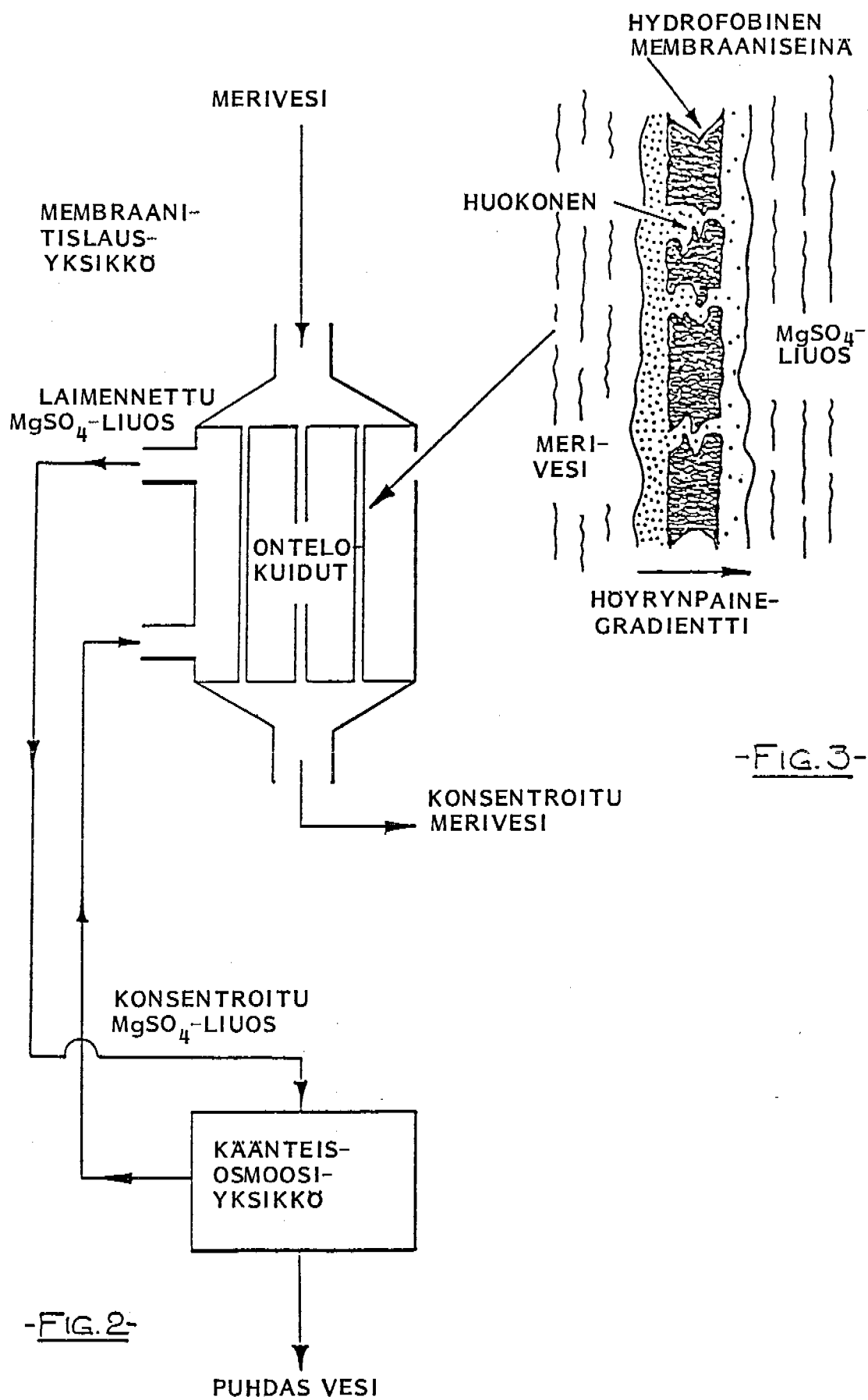
(ii) en andra diffusionsbarriär för omvänd osmos, varvid den utspädda andra vätskan från det föregående steget sedan kan separeras för återupprättning och återcirkulation av den andra vätskan och för utvinning av

lösningsmedlet som överförs från den primära vätskan.

10. Apparat enligt patentkravet 9, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att nämnda diffusionsbarriär om-
fattar en eller flera av ihåliga fibrer bestående
5 membrandestillationsenheter, vilka var och en omfattar
ett rörformat hus; ett knippe av för osmotisk destil-
lation avsedda mikroporösa, ihåliga fibrer, vilka
anordnats i huset i dess axiella riktning; en vätske-
motströmningskammare, vilken bildats mellan de yttre
10 ytorna av de av ihåliga fibrer bestående knippena och
inre ytan av huset; första inlopps- och utloppsportar
för ledande av den andra vätskan in i och ut ur den
nämnda vätskekammaren; mellanväggar som uppbär knippe-
na av ihåliga fibrer, separerar de öppna ändarna av de
15 ihåliga fibrerna från vätskekammaren och definierar
längden av vätskekammaren; och andra inlopps- och ut-
loppsportar för den primära vätskan, varvid de andra
inlopps- och utloppsportarna står i förbindelse med
inre utrymmet eller öppningarna i var och en ihålig
20 fiber, och varje ihålig fiber har en yttre vägg som om-
fattar en mikroporös matris, varigenom lösningsmedel
från den primära vätskan på ena sidan av matrisen kan
ledas genom matrisen i ångform till den andra vätskan
på den motsatta sidan av matrisen under inflytande av
25 en osmotisk tryckgradient.

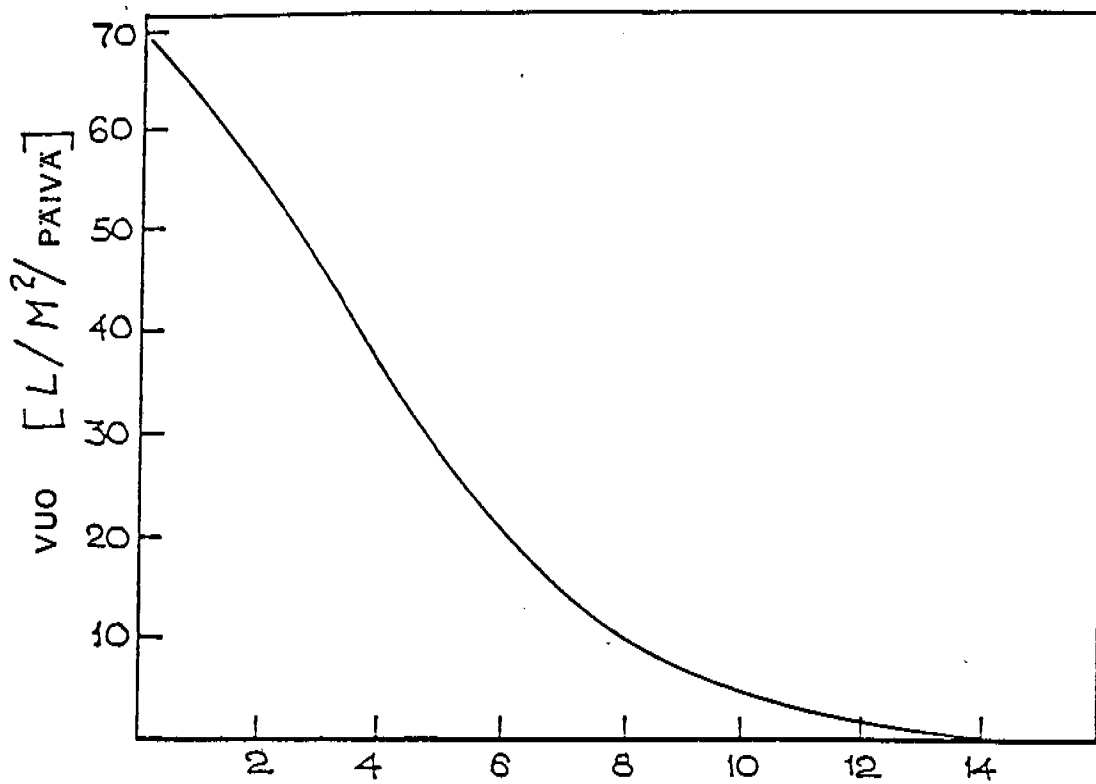


-FIG. 1-

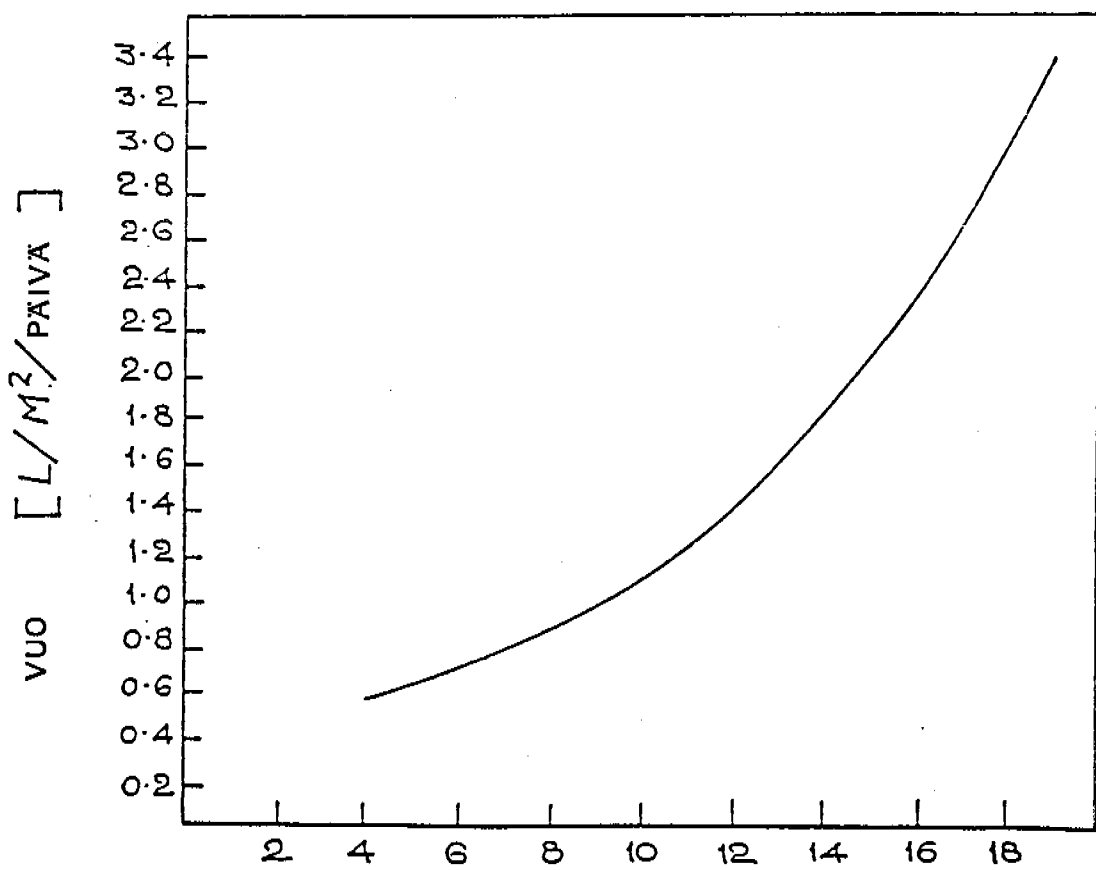


-FIG. 3-

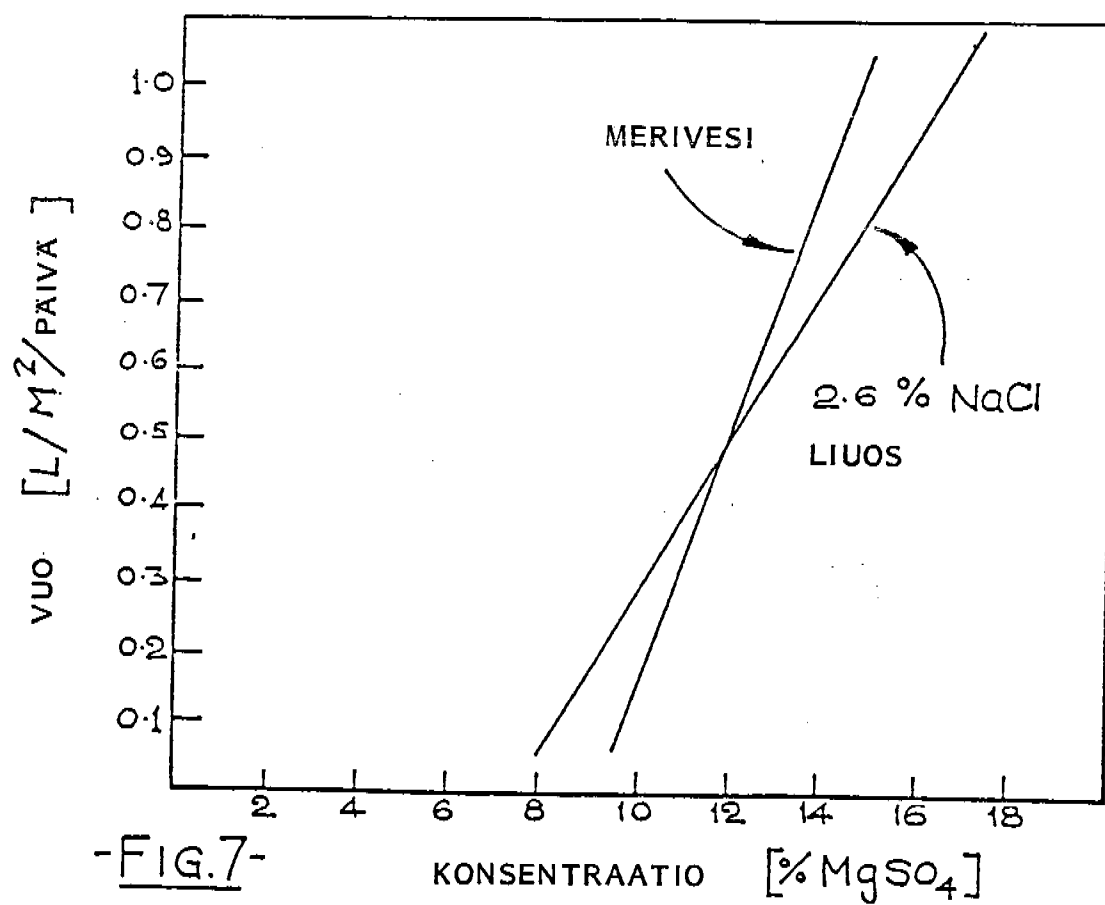
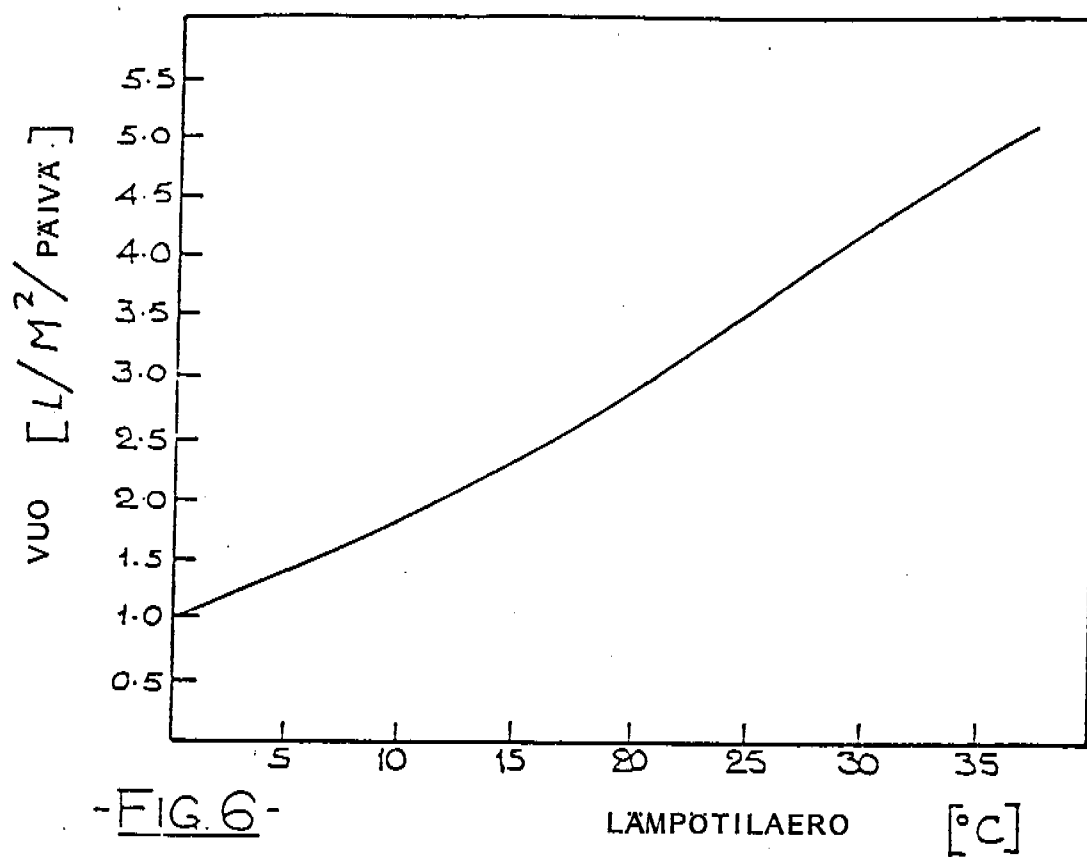
-FIG. 2-

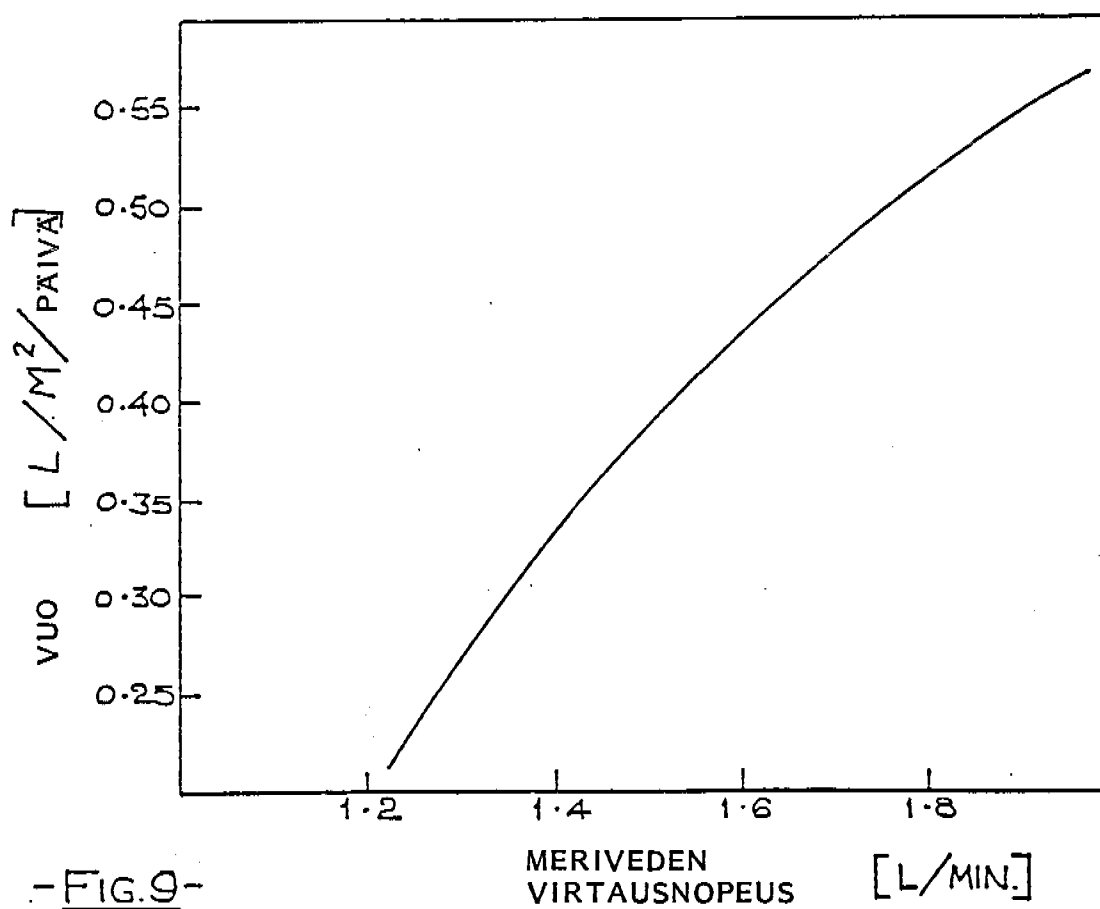
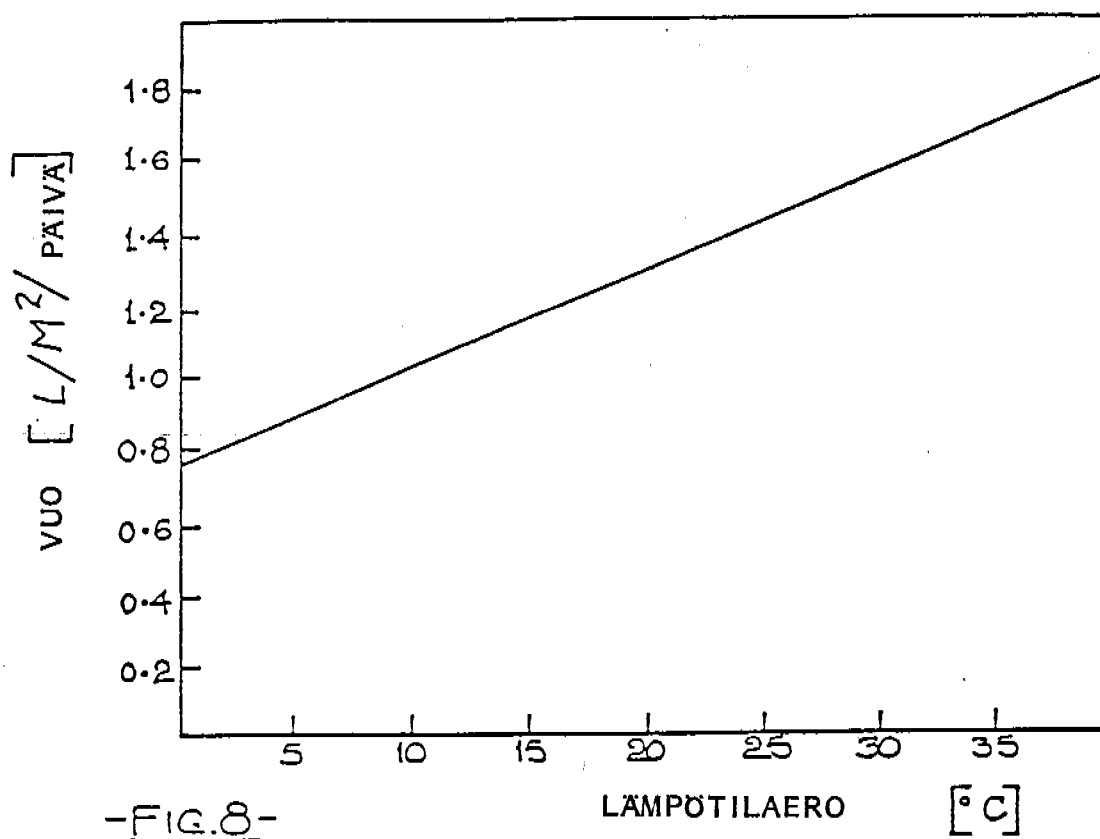


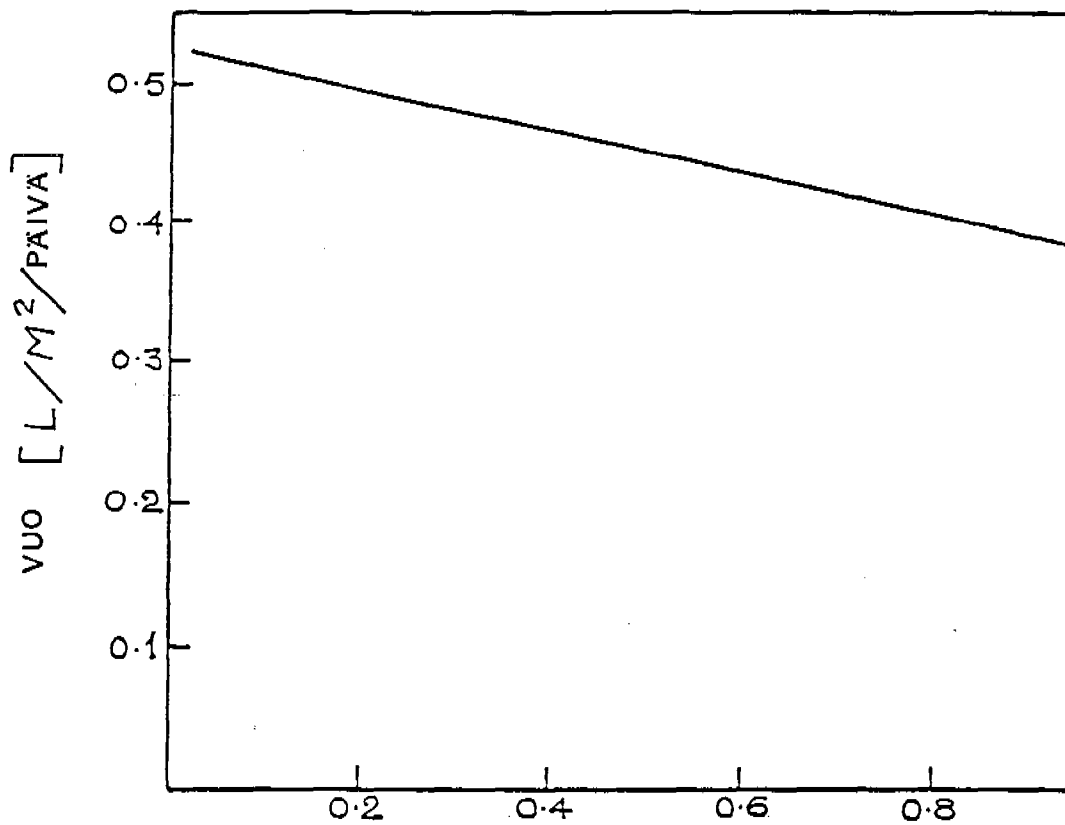
-FIG.4-



-FIG 5-

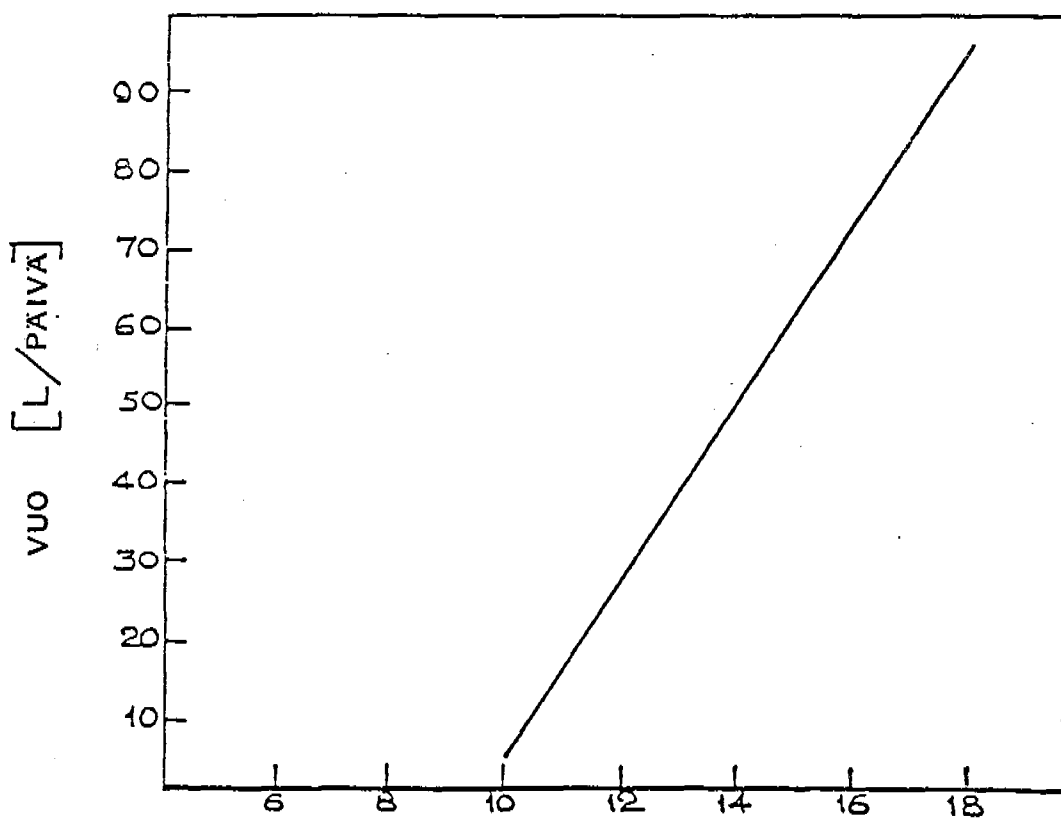






-FIG. 10-

MgSO₄:N VIRTAAUS-NOPEUS [L/MIN]



-FIG. 11-

KONSENTRAATIO [%Mg SO₄]