

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) FI 773236 A7

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **773236**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
B63H

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **28.10.1977**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **28.10.1977**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **02.05.1978**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(32) (33) (31) Etu oikeus - Prioritet - Priority

01.11.1976 DK 4930/76

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Arborg, Ole Jacob Mogens, Mordrupvej 52 Espergaerde, Danmark, TANSKA, (DK)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Arborg, Ole Jacob Mogens, Danmark, TANSKA, (DK)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

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

Ilmassa tai vedessä käytettävien kuljetusvälineiden kuljetussuutin

Framdrivningsdysa för transportmedel

Ole Jacob Mogens Arborg, Mørdrupvej 52, DK-3060 Espergaerde,
Tanska

5.4.
JATS

Ilmassa tai vedessä käytettävien kuljetusvälineiden propulsio-
suutin - Propulsionsdysa för transportmedel i luft eller vatten

Esillä olevan keksinnön kohteena on ilmassa tai vedessä käytettävien kuljetusvälineiden propulsiosuutin, jossa ympäröivästä kammioista lähetetään ilmaa tai vettä paineen alaisena suuttimeen eteen sovitettun rengasraon kautta.

Kuljetusvälineiden, kuten ilmatyynyalusten, lentokoneiden tai laivojen reaktiokäyttö potkurin tai tuulettimen avulla kehitetyn ilma- tai vesisuihkun avulla on tunnettua. Tällöin potkuri tai tuuletin kiihdyttää koko läpivirtaavaa ilma- tai vesimassaa lähettää sen ulos suihkuna, jonka ulostulonopeus on suurin keskosassa ja pienin kehällä. Tällöin suihku muodostaa leviämiskartion, niin että reaktiovoima pienenee akselin suuntaa vastaan kohtisuoralla komponentilla. Lisäksi potkuri muodostaa pyörrevirtoja potkurin napojen ympärille, josta on seurauksena tehon häviö. Lisäksi ilmapotkurien siipien kärkien liikenoisuus synnyttää niin voimakasta ilmamelua, että näiden potkurien käyttö rajoittuu asutuskeskusten ulkopuolisiin alueisiin.

Tanskalaisesta patenttijulkaisusta n:o 1928/72, jonka on 20.4.1972 jättänyt sisään ole Jacob Mogens Arborg ja joka on tullut julkiseksi 20.11.1973, tunnetaan ilmassa tai vedessä käytettävien kuljetusvälineiden propulsiosuutin, joka on tunnettu siitä, että suuttimen seinä edessä muuttuu ulospäin käyräksi pinnaksi ja että ympäröivästä kammioista syötetään ilmaa tai vettä paineen alaisena suuttimeen käyrän pinnan eteen sovitettun raon kautta siten, että väliaine virtaa tangentiaalisesti tämän kanssa pääasiassa kohtisuoraan poistovirran suuntaa vastaan.

Tämä propulsiosuutin perustuu siihen fyysiseen vaikutukseen, että suihkumoottorin suihku poikkeutetaan viereistä pintaa pitkin, minkä ensimmäistä kertaa havaitsi romanialainen insinööri Henri Coanda suorittaessaan kokeita suihkumoottorilla v. 1910. Hänen mukaansa tätä vaikutusta kutsutaan Coanda-vaikutukseksi. Tähän vaikutukseen ei tähän mennessä ole kiinnitetty paljonkaan huomiota, ja toistaiseksi sitä on käytännössä käytetty ainostaan ns. märkäpölynimurissa sekä suuttimessa kaasupeitteen kehittämiseksi suoja-kaasuhitsauksessa. Kukaan ei ole aiemmin osoittanut, että Coanda-vaikutusta kuljetukseen käyttämällä voitaisiin saavuttaa tiettyjä etuja.

Vasta yllä mainitun tanskalaisen patenttihakemuksen mukaisella keksinnöllä havaittiin, että on mahdollista rakentaa propulsiosuutin, jossa liikkeen paine kehitetään käyttämällä hyväksi Coanda-vaikutusta muuntamalla pienen, kohtisuoraan hyvin suurta tilavuusvirtaa vastaan lähetettävän tilavuusvirran paine-energia suuren tilavuusvirran nopeusenergiaksi, ja että tällöin voidaan saavuttaa huomattavia etuja verrattuna tähän asti tunnettuihin kuljetusvälineisiin.

Coanda-vaikutuksesta johtuen väliaineen ulosvirtausnopeus on suurin suuttimen kehää pitkin. Tämän ansiosta suihku säilyttää poikkileikkauksensa poistuessaan suuttimesta, niin että reaktivoima vaikuttaa ainoastaan akselin suunnassa. Lisäksi voidaan tulopuolen energiatason (paine ja nopeus) ja lähtöpuolen energiatason (paine ja nopeus) välistä suhdetta säätää siten, että ulosvirtausnopeus suuttimesta on ihanteellisessa suhteessa aluksen nopeuteen (nopeushäviökerroin), niin että syötetty energia tulee optimaalisesti hyväksi käytetyksi.

Tällä tavoin saavutetaan seuraavat edut:

- ilman liikkeen paine voidaan kehittää siten, että kuljetusteho muodostuu suureksi ja melutaso jää pieneksi,
- kaupunkialueiden pikaliikenne voidaan hoitaa ilmatyynyaluksilla, ilmatyynyamfibioaluksilla, "STOL-koneilla" jne.,
- kuljetusjärjestelmään ei sisälly "avoimesti" pyöriviä osia, ja
- kuljetusjärjestelmä voi toimia samalla hyötysuhteella eri nopeuksilla.

Mainitun tanskalaisen patenttihakemuksen mukaisella propulsiosuuttimella on edullisesti pyöreä poikkileikkaus, mutta tiettyihin käyttöihin myös soikea tai suorakulmainen poikkileikkaus, tai suutin voi olla rakomainen.

Yllä mainitussa tunnetussa propulsiosuuttimessa, jossa väliaine lähetetään raosta pääasiassa kohtisuoraan poistovirran suuntaa vastaan, on ympäröivällä painekammiolla pakostakin oltava suuret poikkileikkausmitat verrattuna suuttimen poikkileikkauspintaan. Tästä johtuen suutin, joka kuljetuspaineensa puolesta sopii käytettäväksi esim. ilmatyynyalukseen, muodostuu niin suureksi, ettei sitä voida käytännössä käyttää aluksessa. Lisäksi suuri projisoitu pinta-ala kuljetussuunnassa antaa liian korkean ilmastuksen.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti on nyt yllättäen todettu, että mainitulaisessa propulsiosuuttimessa voidaan saavuttaa yhtä hyvä energian hyväksikäyttö, kun väliaine lähetetään raosta terävässä kulmassa poistovirran suunnan kanssa.

Tämän mukaisesti keksinnön mukainen propulsiosuutin on tunnettu siitä, että rako on sovitettu siten käyrän pinnan suhteen, että väliaine lähetetään terävässä, alle 45° kulmassa poistovirran suunnan kanssa, ja että rengasraon sisäreuna ei ulotu suuttimen kapeimman ympäryksen (kaulan) sisäpuolelle.

Tämän ansiosta voidaan suuttimen ulkomittoja huomattavasti pienentää pienentämättä suuttimen sisäistä hyötysuhdetta, joten suutin sopii käytännön käyttöön.

Keksinnön mukaisen suuttimen eräs käytännön suoritusmuoto, joka on antanut erinomaisia tuloksia syötetyn energian hyväksikäytössä, kun suutinta käytetään ilmassa, on tunnettu siitä, että väliaine lähetetään ulos raosta n. 15° :n kulmassa poistovirran suunnan kanssa.

Suutinputken suipennuksella ulospäin on myös merkitystä

syötetyn energian hyväksikäytön kannalta, jotta suuttimen poistoaukossa saavutettaisiin mahdollisimman suuri kuljetuspaine. Tavalisissa läpivirtauksen Venturi-olosuhteissa voitaisiin parhaita tuloksia odottaa n. 30° :n suipennuksella, mutta tämä pätee ainoastaan, kun koko ilmamassan läpivirtaus on lähes homogeeninen. Yllä mainitulla keksinnön mukaisella suutinrakenteella suoritettut kokeet ovat osoittaneet, että optimaaliset tulokset saavutetaan, kun suuttimen poistoaukko suippenee ulospäin n. $7\frac{1}{2}^{\circ}$:n verran.

Keksinnön mukaisessa suuttimessa paineväliaine johdetaan sisään ympäri kiertävän raon kautta, joka on sovitettu suuttimen kapeimman ympäryksen (kaulan) eteen ja sen ulkopuolelle suuttimen poikkileikkauksesta katsottuna. Ympäröivän painekammion määrättyssä paineessa on raon kokonaispinta-ala määräävä raon kautta suuttimeen syötettävän väliaineen tilavuusvirran kannalta. Raon pinta-alan ja kaulan pinta-alan välinen suhde on myös tärkeä syötetyn energian muuntamisen kannalta kuljetusenergiaksi suuttimen poistoaukossa. Keksinnön mukaisesti on todettu, että ilmassa tapahtuvaa kuljetusta varten on normaalisti käytettävä raon pinta-alan ja kaulan pinta-alan välistä suhdetta välillä 1:3...1:12.

Keksinnön mukainen suutin voidaan tehdä poikkileikkaukseltaan pyöreäksi, soikeaksi tai suorakulmaiseksi, tai se voi olla rakomainen. Keksinnön mukaisesti on suuttimen suorakulmainen poikkileikkaus todettu edullisimmaksi, koska suutin voidaan tällöin valmistaa yksinkertaisen käyristä levyistä, mikä suuressa määrin alentaa valmistuskustannuksia.

Yleensä ollaan, kuten edellä jo mainittiin, kiinnostuneita siitä, että suutinrakenne muodostaa mahdollisimman pienen projisoidun pinta-alan kulkusuunnassa, niin että ilman vastus muodostuu mahdollisimman pieneksi. Tähän päästään yleensä poikkileikkausmuodolla, jolla on mahdollisimman pieni ympärys poikkileikkauspintaan verrattuna. Tämä muoto on tunnetusti ympyrä ja suorakulmaisessa poikkileikkauksessa nelikulmio. Samalla on rakenteellisista syistä suotavaa, että suuttimen korkeus on mahdollisimman pieni. Keksinnön mukaisesti on havaittu, että paras kompromissi näiden kahden seikan välillä saavutetaan poikkileikkaukseltaan suorakulmaisessa suuttimessa, kun suuttimen korkeuden ja leveyden välinen suhde on n. 4:7.

Keksinnön mukaisen ilmassa käytettävän suuttimen eräässä tarkoituksenmukaisessa suoritusmuodossa paineilmaa syötetään paine-

kammioon alhaaltapäin, jolloin ilma virtaa ylös kammion sivuosien läpi kammion yläosaan, samalla kun paineilmaa virtaa ulos etumaisena painekammiossa olevan raon kautta. Jotta tilavuusvirta pysyisi muuttumattomana raon kaikkien osien läpi, voidaan painekammion tilavuutta pienentää painekammion ao. osan läpi kulkevaa ilmamäärää vastaavasti, niin että dynaaminen paine on sama kaikkialla. Tähän päästään käytännössä kaventamalla painekammiota asteittain, niin että se on levein pohjasta, kapeampi sivuja pitkin ja kapein suuttimen yläosassa.

On todettu, että keksinnön mukaisen suuttimen yllä mainittuja parametrejä voidaan yhdistää sellaisella tavalla ilmatynnyaluk- sen kuljetukseen käytettävässä suuttimessa, jolloin tällaisia suuttimia tarvitaan kaksi, että propulsiosuuttimiin voidaan syöttää paineilmaa kahdesta säteispuhaltimesta, jotka ovat samanlaisia kuin ilmatynnyyn paineilmaa syöttävät puhaltimet. Tällä tavoin saadaan ilmatynnyaluksen rakenne erittäin yksinkertaiseksi, jolloin käyttömoottori voi sekä nostaa että kuljettaa alusta pelkästään painamalla useita samalle akselille kiinnitettyjä puhaltimia.

Keksintöä kuvataan seuraavassa suoritusesimerkin muodossa viitaten piirustukseen, jossa

kuvio 1 esittää pystyleikkauksena keksinnön mukaisen, ilmatynnyaluksessa käytettävän propulsiosuuttimen,

kuvio 2 esittää käyrän muodossa energia/pinta-alasuhdetta 250 kp:n pylväspaineella ja

kuvio 3 esittää $0,1 \text{ m}^2$:n reaktiosuuttimeen syötetyn ilmamäärän ja reaktiopaineen funktiodiagrammaa.

Kuvion 1 mukainen suutin on poikkileikkaukseltaan suorakulmainen ja muodostuu ulkopuolelta tasaisista pinnoista ja sisäpuolelta yksinkertaisen käyristä pinnoista. Kuten kuvioista 1 ilmenee, paineilmaa puhalletaan ylös painekammion 1 pohjasta, johon on keskelle suutinta pitkin sovitettu ilmanjakolevy, joka on lovettu reunoiltaan 3. Havaitaan, että painekammio on levein alhaalta ja kapein ylhäältä.

Painekammioista 1 ilma virtaa ulos raon 4 kautta, joka on sovitettu kulmaan $\alpha = 15^\circ$ suuttimen pituussuunnan kanssa. Pakoauk- koon on sovitettu ohjauslevyjä 5 suuttimen pituussuunnan suuntaisesti sellaisen välimatkan päähän toisistaan, joka on 3 kertaa raon leveys. Näiden raon etureunaan päättyvien ohjauslevyjen tehtävänä

on varmistaa ilman tasainen ulosvirtaus ja samalla jäykistää rakoa rajoittavaa vannetta.

Suuttimen sisempi putki 2 on pienin kohdassa 6 (kaulassa), mistä lähtien se suippenee ulospäin virtauksen suunnassa $7\frac{1}{2}^{\circ}$:n verran. Raon kokonaispinta-alan ja kaulan kokonaispinta-alan välinen suhde on esitettyssä suuttimessa 1:4,12. Suutinputkessa raosta 4 suurella nopeudella lähetettävän pienen tilavuusvirran energia muunnetaan sen suuren tilavuusvirran energiaksi, joka joutuu putken sisäosaan 2 ja lähetetään ulos suuttimen reaktioaukosta 7 pienemmällä nopeudella.

Keksinnön mukaisella suuttimella suoritetuissa kokeellisissa mittauksissa on havaittu yhteys suihkuvirran nopeuden, poikkeaman säteen, "kaulan halkaisijan" ja suuttimen pituuden välillä. Suihkuvirran paine ja nopeus edustavat yhtä energiatasoa, ja paine ja ilman nopeus ulos suuttimesta edustavat toista energiatasoa. Näiden välinen suhde voi olla yli 0,9, mikä käytännössä merkitsee sitä, että tässä on kysymys energian muuntamisen muodosta, jonka hyötysuhde on hyvin korkea. Suutin ei siis ole "energian nielijä", minkä lisäksi kuljetustuulettimien mittoja voidaan pienentää syötetyn ja luovutetun ilmamäärän välistä suhdetta vastaavasti. Viimeksi mainittua suhdetta voidaan valaista suorittamalla vertailu keskipakoistuulettimia käyttävään suoraan reaktiokuljetukseen.

Suurinta reaktioaukoista kohdistuvaa kuljetuspainetta alukseen, joka ei ole liikkeessä, nimitetään tässä "pylväspaineeksi" p_p , joka määritellään aukon ominaisilmanpaineena kertaa aukon pinta-ala.

Kuljetusjärjestelmän päätietojen laskemiseksi suorassa reaktiokuljetuksessa kirjoitetaan seuraavat lausekkeet:

- 1) $p_p = p_r \cdot f$, jossa p_r on reaktiopaine ja f on aukon pinta-ala;
- 2) f valitaan;
- 3) $p_r = \frac{p_p}{f}$, jossa p_r asetetaan dynaamista painetta p_d vastaavaksi;
- 4) ilman nopeus aukossa $v_r = \sqrt{\frac{p_r \cdot 2g}{\gamma}} = \sqrt{p_r \cdot 15,95}$;

jossa γ on ilman massatäyttö, joka 20°C :ssa asetetaan arvoon 1,23;

- 5) ilmamäärä aukosta ulos $Q = v_r \cdot f$;
- 6) tehon kulutus $N = \frac{p_r \cdot Q}{75 \cdot \eta}$, jossa η on puhaltimien hyötysuhde, joka tässä asetetaan 0,8:ksi.

Reaktioaukon pinta-alan poikkileikkauksen pienentyessä tehon kulutus nousee määrätyn pylväspaineen saavuttamiseksi.

Aukon pinta-ala on primäärinen rakennesuure, joka määrää tilavuusvirran, puhaltimen koon ja tehon tarpeen.

Aukon pinta-alan valinnan täytyy sen tähden tapahtua pinta-ala/tehosuhteen perusteella, jota voidaan valaista laskemalla useita esimerkkejä, joissa pylväspaine on vakio ja aukon pinta-alat ovat välillä $0,5 \text{ m}^2 \dots 2,5 \text{ m}^2$.

Tällöin saadaan vakiopylväspaineelle $p_p = 250 \text{ kp}$:

piste	f	Q	N
a	$0,5 \text{ m}^2$	$44,6 \text{ m}^3/\text{s}$	595 HK
b	1,0 "	63,2 "	263 "
c	1,5 "	77,3 "	215 "
d	2,0 "	89,3 "	186 "
e	2,5 "	99,8 "	166 "

Tehon tarpeen ja aukon pinta-alan välistä suhdetta 250 kp :n pylväspaineella on havainnollistettu kuviossa 2 esitetyllä käyrällä, jossa tarvittava tilavuusvirta on ilmoitettu jokaisessa edellä esitetyssä pisteessä a, b, c, d ja e.

Kuten nähdään, on käyrän alue suoralle ulosvirtaukselle pisteessä e) edullinen energian kannalta, mutta koska $n. 100 \text{ m}^3/\text{s}$ tilavuusvirta vaatii hyvin suuria tuulettimia ja suuttimia, on ratkaisu rakenteellisesti epäedullinen.

Käyrän piste f) on "työpiste" keksinnön mukaiselle propulsosuuttimelle, jota on edellä kuvattu kuvion 1 yhteydessä ja jonka reaktioaukon pinta-ala on 1 m^2 . Tämän pisteen arvot on laskettu koesuuttimen mitoista mittakaavassa 1:10 reaktioaukon pinta-alan ollessa $0,1 \text{ m}^2$, kuten kuviossa 3 esitetystä käyrästä 2 ilmenee. Havaitaan, että 25 kp :n pylväspaineelle (lähellä pistettä 8) tarvitaan tilavuusvirta $5500 \text{ m}^3/\text{h} = 1,53 \text{ m}^3/\text{s}$. Tähän käytetään painetta $p_r 440 \text{ mmVS}$, ja kun puhaltimien hyötysuhde asetetaan 0,8:ksi, tarvitaan tehoa 11,2 HK. Koska tuloksissa esiintyy tiettyä hajaantumaa, oletetaan, että joka tapauksessa on käytettävä vähemmän kuin 15 HK. Täyteen mittakaavaan muunnettaessa saadaan tämän jälkeen kuviossa 2 esitetyn käyrän piste f), ts. että 250 kp :n pylväspaineen saavuttamiseksi tarvitaan tilavuusvirtaa $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ja korkeintaan 150 HK :n tehoa.

Käy siis ilmi, että keksinnön mukaisessa suuttimessa, jonka tehon tarve on pienempi, tarvitaan vain n. $1/6$ siitä ilmamäärästä ja n. $2/5$ siitä aukon pinta-alasta, joita tarvitaan saman kuljetuspaineen saamiseksi suorassa puhallinkuljetuksessa.

Patenttivaatimukset:

1. Ilmassa tai vedessä käytettävien kuljetusvälineiden propulsiosuutin, jossa ympäröivästä kammioista (1) lähetetään ilmaa tai vettä paineen alaisena suuttimeen eteen sovitetun rengasraon (4) kautta, t u n n e t t u siitä, että rako (4) on sovitettu siten käyrän pinnan suhteen, että väliaine lähetetään terävässä, alle 45° kulmassa poistovirran suunnan kanssa, ja että rengasraon (4) sisäreuna ei ulotu suuttimen kapeimman ympäryksen (kaulan) (6) sisäpuolelle.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen propulsiosuutin, t u n n e t t u siitä, että väliaine lähetetään raosta (4) n. 15° :n kulmassa poistovirran suunnan kanssa.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen propulsiosuutin, t u n n e t t u siitä, että suuttimen poistoaukko suippenee ulospäin n. $7\frac{1}{2}^{\circ}$:n verran.

4. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen propulsiosuutin, t u n n e t t u siitä, että raon (4) pinta-alan ja kaulan (6) pinta-alan välinen suhde on 1:3...1:12.

5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen propulsiosuutin, t u n n e t t u siitä, että sillä on suorakulmainen poikkileikkaus.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen propulsiosuutin, t u n n e t t u siitä, että suuttimen korkeuden ja leveyden välinen suhde on n. 4:7.

Patentkrav:

1. Propulsionsdysa för transportmedel i luft eller vatten, i vilken från en omgivande kammare (1) sändes luft eller vatten under tryck in i dysan genom en framför anordnad ringspalt (4), k ä n n e t e c k n a d därav, att spalten (4) är anordnad sålunda i förhållande till kurvytan, att mediet utsändes i en spetsig, under 45° :s vinkel med utgångsströmmens riktning, och att ringspaltens (4) innerkant inte sträcker sig innanför dysans smalaste omkrets (strupen) (6).

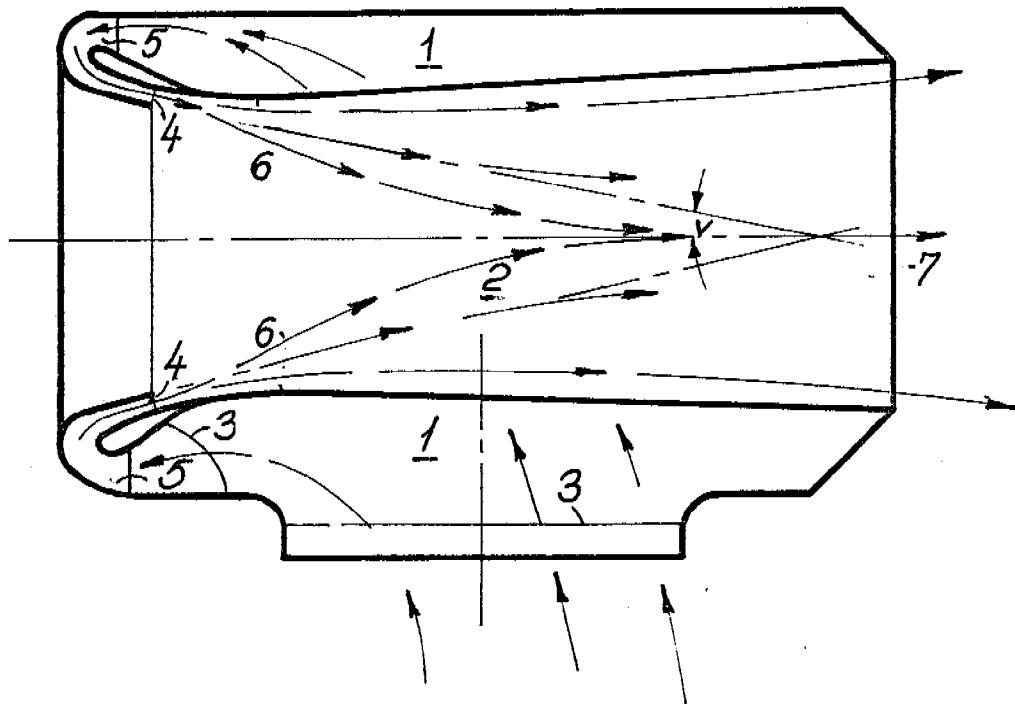
2. Propulsionsdysa enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att mediet utsändes från spalten (4) i en vinkel med utgångsströmmens riktning på omkring 15° .

3. Propulsionsdysa enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att utgången i dysan har en spetsning utåt omkring $7\frac{1}{2}^{\circ}$.

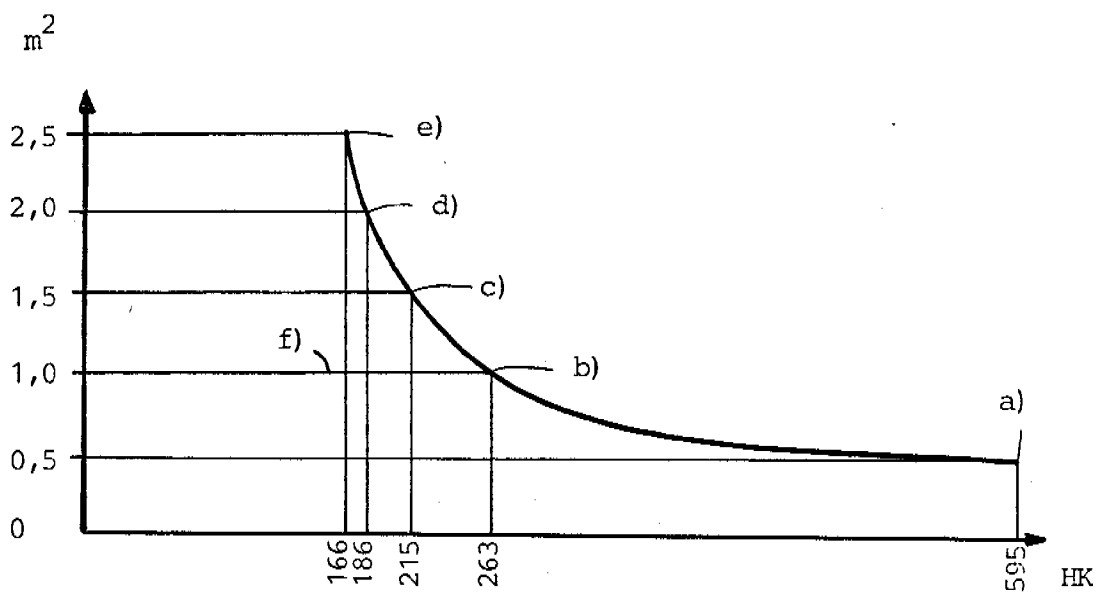
4. Propulsionsdysa enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a d därav, att förhållandet mellan spaltarean och struparean är mellan 1:3 och 1:12.

5. Propulsionsdysa enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a d därav, att den har rektangulärt tvärsnitt.

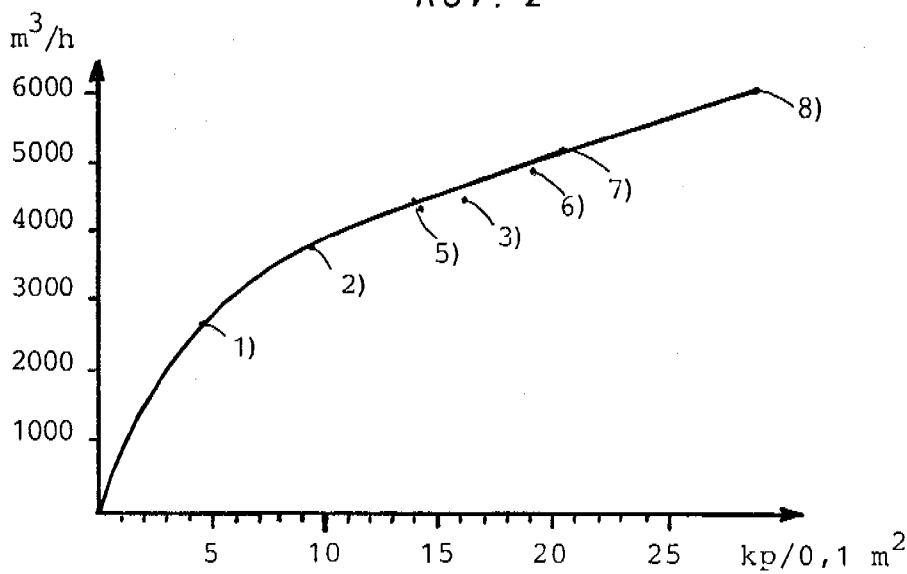
6. Propulsionsdysa enligt patentkravet 5, k ä n n e t e c k n a d därav, att förhållandet mellan dysans höjd och bredd är omkring 4:7.



KUVIO 1



KUV. 2



KUV. 3

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar:

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer, utläggnings- och patentskrifter:

Suomi - Finland _____
 Iso-Britannia - Storbritannien 1 431 810 (F 04 F 5100)
 Norja - Norge _____
 Ranska - Frankrike _____
 Ruotsi - Sverige _____
 Saksa - BRD - Tyskland _____
 Sveitsi - Schweiz _____
 Tanska - Danmark _____
 USA _____

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

12.11.82

Kimmo Rake

Allekirjoitus