



(12) **PATENTTIJULKAISU**  
**PATENTSKRIFT**

(10) **FI 123247 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.01.2013

(51) Kv.lk. - Int.kl.

**A61B 17/72** (2006.01)

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20085238

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

19.03.2008

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

19.03.2008

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

20.09.2009

**SUOMI – FINLAND**  
**(FI)**

**PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS**  
**PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN**

(73) Haltija - Innehavare

1 • **Aalto-korkeakoulu**säätiö, PL 11000, 00076 AALTO, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • **Haaja, Juha**, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)  
2 • **Ritvanen, Antti**, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)  
3 • **Turunen, Markus**, Villähde, SUOMI - FINLAND, (FI)  
4 • **Hallila, Harri**, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

**Leitzinger Oy**, High Tech Center, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Kehon sisäinen luodistraktioloite**  
**Intrakorporal bendistraktionsanordning**

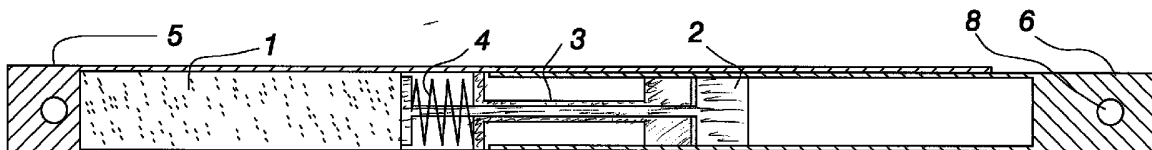
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 7063706 B2, US 6730087 B1, US 5415660 A, GB 2333457 A,  
Aalsma, A.M.M., et al., A completely intramedullary leg lengthening device [using SMA actuator]

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on kehonsisäinen luodistraktioloite, jossa on kaksi kiinnityspistettä (7,8) luuhun kiinnittymistä varten siten, että kiinnityspisteiden välistä etäisyyttä voidaan kasvattaa hallitusti, ja magnetostraktiivinen elin (1), joka tuottaa edestakaisen mekaanisen liikkeen muuttuvassa magneettikentässä. Magnetostraktiivinen elin on järjestetty olennaisesti pelkkää puristus- tai vetovoimaa vastaanottavaksi siten, että magnetostraktiivinen elin työntää yksisuuntaisen liikkeen sallivaa elintä, joka sallii kiinnityspisteiden välisen etäisyyden kasvaa ja magnetostraktiivisen elimen pituuden palautuessa toinen yksisuuntaisen liikkeen salliva elin sallii magnetostraktiivisen elimen palata alkuperäiseen mittaansa ilman, että distraktioliitteen kiinnityspisteiden välinen etäisyys muuttuu.

Uppfinningen avser en intrakorporal bendistraktionsanordning med två fixeringspunkter (7,8) för fästning vid ben så, att avståndet mellan fixeringspunkterna kan förlängas kontrollerat, och ett magnetostraktivt organ (1), som alstrar en fram och tillbaka gående rörelse i ett föränderligt magnetfält. Det magnetostraktiva organet har anordnats väsentligen enbart som tryck- eller dragkraft mottagande så, att det magnetostraktiva organet skjuter på ett en enkelriktad rörelse tillåtande organ, som möjliggör en ökning av avståndet mellan fixeringspunkterna och vid återgång av det magnetostraktiva organets längd tillåter ett andra en enkelriktad rörelse tillåtande organ återgången av det magnetostraktiva organet till sin ursprungliga längd utan, att avståndet mellan distraktionsanordningens fixeringspunkter förändras.



## Kehon sisäinen luudistraktiolaite

### Tekniikan ala

- 5 Hakemus liittyy kehon sisälle asennettavan potilasystävällisen distraktio-osteogeneesilaitteen yksityiskohtiin.

Distraktio-osteogeneesi on noussut 1980-luvun jälkeen tärkeäksi hoitokeinoksi vaikeissa murtumissa ja luun pidennyksissä. Tämän lisäksi hoitomuoto  
10 on yleistynyt myös kasvojen alueen luunpuutoksien hoidossa.

Distraktio-osteogeneesillä tarkoitetaan menetelmää, jolla pidennetään luita ja korjataan luiden rakenteellisia vaurioita, kuten vaikeita murtumia tai epämuodostumia. Menetelmä sopii käytettäväksi erityisesti pitkien luiden, kuten  
15 raajojen hoitamisessa. Lähtökohtana menetelmässä on luun katkaiseminen ja luun kyky muodostaa uutta luukudosta murtumakohtaan. Luun katkaisun jälkeen kiinnitetään luun osien välille distraktiolaite, joka venyttää luita erilleen noin yhden millimetrin (1 mm) päivänopeudella. Kun leikkauksesta on kulunut noin 5-12 päivää, alkaa uuden luukudoksen muodostuminen venytyskohtaan.  
20

Distraktiolaitteella on pystyttävä tuottamaan tarpeeksi voimaa. Raajojen osalta suurimmat distraktion tuottamiseen tarvittavat voimat ovat olleet maksimissaan noin 1000 newtonia. Laitteen invasiivisten eli kudoksen  
25 kanssa kosketuksissa olevien osien täytyy myös olla bioyhteensopivia. Lisäksi distraktiolaitteen toiminnan on säilyttävä luotettavana koko n. vuoden kestävä hoidon ajan.

### Tekniikan taso

30

Tällä hetkellä käytössä olevat distraktiolaitteet voidaan jakaa selkeästi osittain kehon ulkopuolisiin ja täysin kehon sisään implantoitaviin malleihin. Ke-

hon ulkoisten laitteiden huonona puolena on suuri infektioriski, ulkopuolisten laitteiden kömpelyys ja ulkonäkö, lisäksi luun pidentyessä pehmytkudokset venyvät tai repeytyvät, mikä aiheuttaa voimakasta kipua ja kudosaaurioriskin.

5

Yksinkertaisesta rakenteesta ja melko vapaasta materiaalivalinnasta johtuen ulkoiset laitteet ovat pääosin huomattavasti implantoitavia laitteita halvempia, mikä on todennäköisesti tärkein syy siihen, että niitä edelleen käytetään.

#### 10 Kehon sisään istutettavat laitteet

Kehon sisään implantoitavilla laitteilla päästään eroon kehon ulkopuolisille laitteille ominaisista ongelmista. Erityisesti tulehdusriski pienentyy merkittävästi. Implantoitavia laitteita on tällä hetkellä jalkojen distraktio-  
15 osteogeneesihoitoon saatavilla vain kaksi mallia, joista kumpikaan ei ole maailmanlaajuisesti käytössä.

Laitteista laajemmalle levinnyt on Albizzia-luuydinnaulaan perustuva Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor (ISKD). ISKD:ssa distraktio saadaan aikai-  
20 seksi kiertämällä jalkaterää muutamia asteita, jolloin teleskooppimainen luuydinnaula pitenee siinä olevan mekanismin ansiosta. Tällöin myös luunosien välinen rako kasvaa. Pidentämistavasta johtuen hoito on potilaalle varsin kivuliasta, erityisesti heti implantoinnin jälkeen. Aktiivisten potilaiden tapauksessa ongelmaksi voi muodostua myös distraktion liian nopea eteneminen  
25 jalkaterän liiallisen kiertymisen vuoksi. Tästä syystä hoidon aikana voidaan joutua rajoittamaan potilaan normaalia toimintaa. Liian nopean distraktion seurauksena uuden luukudoksen muodostuminen ei nimittäin riitä täyttämään luunosien välille syntyvää rakoa ja seurauksena on hoidon epäonnistuminen. Laitteiston hienomekaaninen koneisto on kallis ja monimutkainen.

30

Saksalaisvalmisteinen Fitbone on ainoa saatavilla oleva sähköisesti ohjattava distraktio-osteogeneesilaitte. Laitteessa distraktion etenemisestä huolehtii

sähkömoottori, jonka pyöriminen muunnetaan planeettavaihteiston avulla luuydinnaulan pitenemiseksi. Energia tuodaan moottorille kehon ulkoisen kelan ja kehon sisään implantoitavan toisiokelan välistä induktiota hyödyntäen. Laitteesta on tosin saatavilla myös versio, jossa käytetään kehon ulkoisen kelan sijasta kehon sisään implantoitavaa paristoa virtalähteenä. Laite on monimutkainen ja kallis.

Edellä esiteltyjen laitteiden ohella on patentoitu useita luuydinnaulaukseen perustuvia ratkaisuja, mutta ne eivät ole jostain syystä tulleet markkinoille. Näiden lisäksi tällä hetkellä on kehitteillä muutamia uusia implantoitavia laitteita.

GB2333457 esittää luudistraktiolaitteen, jossa magnetrostriktiivinen elin toimii laitteen pääasiallisena tukielimenä ja yksisuuntaisen liikkeen sallivat elimet tukeutuvat itse magnetrostriktiiviseen elimeen. Tällöin on vaarana magnetrostriktiivisen elimen hajoaminen väännön seurauksena. Lisäksi koska yksisuuntaisen liikkeen sallivat elimet ovat magnetrostriktiivisen elimen ulkopinnassa, ne paksuntavat laitteen kokonaispaksuutta ja näin itse magnetrostriktiivinen elin jää läpimitaltaan niin pieneksi, ettei sen avulla saada riittävää voimaa aikaiseksi.

Keksinnön mukaisesti magnetrostriktiivinen elin järjestetään laitteen sisälle suuriläpimittaisemmaksi siirtämällä yksisuuntaisen liikkeen sallivat elimet magnetrostriktiivisen elimen etu ja/tai takapuolelle. Lisäksi magnetrostriktiivinen elin järjestetään poikittaissuunnassa vapaaksi, eli se vain työntää yksisuuntaisen liikkeen tuottavia elimiä, ilman että magnetrostriktiiviseen elimeen voi kohdistua vääntäviä tai kiertäviä voimia. Edellä mainitun julkaisun GB2333457 tapauksessa venyttävään raajaan kohdistuvat vääntö- tai kierto-voimat voivat rikkoa magnetrostriktiivisen elimen, jolloin potilaaseen kohdistuu vakava komplikaatiovaara. Samalla magnetrostriktiivisen osan bioyhteensopiva kapselointi hajoaa, venytettävänä oleva luulle on suuri nonunion mahdollisuus. Lisäksi rikkoutuva mekaaninen laite voi aina aiheuttaa vakavan

sisäisen verenvuodon. Biokapselointi on vaikea toteuttaa, koska kapseloinnin pitäisi sallia magnetrostriktiivisen materiaalin muodonmuutokset ja materiaalin pitäisi ottaa vastaa yhdensuuntaisen liikkeen sallivien väkästen aiheuttamat voimat.

5

Keksinnön tavoitteena on aikaansaada kehon ulkopuolelta langattomasti ohjattava älymateriaaleilla toteutettu implantoitava distraktio-osteogeneesilaitte, joka on aikaisempaa edullisempi valmistaa ja käyttää sekä toimintavarma ja yksinkertainen ja edullinen valmistaa ja muunnella potilaan mukaan.

10

### Toimintaperiaate

Laite on kehon sisään implantoitava pitenevä luuydinnäula, jota ohjataan magneettikentällä kehon ulkopuolelta. Pituuden muutos saadaan aikaiseksi hyödyntämällä magnetrostriktiivisen materiaalin, esim. Terfenol-D kauppanimellä myytävän aineen kykyä muuttaa pituuttaan ulkoisessa magneettikentässä (Joulen magnetrostriktio). Laitteen koneisto toteutetaan askelmoottoriperiaatteella. Näin magnetrostriktiivisen materiaalin lyhyt kertavenymä saadaan muutettua distraktioon riittäväksi kokonaisvenymäksi. Laitetta ohjataan kehon ulkopuolella olevan kelan aiheuttamilla lyhyillä magneettipulsseilla, jolloin kehon sisään ei tarvitse viedä lainkaan elektroniikkaa. Askelmoottorin toteuttamiseen on kehitetty kaksi erilaista ratkaisua, mutta myös uusia toteutusmalleja tutkitaan. Terfenol-D nimellä myytävä aine on koostumukseltaan  $Tb_xDy_{(1-x)}Fe_y$ , jossa X on noin 0.3 ja Y noin 1. Ainetta kutsutaan tässä hakemuksessa yleisesti tunnetulla kauppanimellä, mutta sen tilalla voidaan käyttää mitä tahansa vastaavaa ainetta, josta käytetään termiä Giant Magnetrostriktive Material. Terfenol-D:n etuna on suuri magnetrostriktiivinen liike, mutta yleisesti tunnetaan muitakin vastaavia ja tässä sovelluksessa käyttökelpoisia materiaaleja.

30

### Piirustusten lyhyt kuvaus ja keksinnön selostus

Kuviot 1A–1B esittävät ensimmäisen suoritusmuodon mukaista laitetta sen jaksollisen toiminnan eri vaiheissa,

5 Kuvio 2 esittää toisen suoritusmuodon mukaisen laitteen periaatepiirustuksen,

Kuvio 3 esittää edellisen laitteen yksityiskohdan,

10 Kuviot 4A–4B esittävät toisen suoritusmuodon mukaisen laitteen jaksollisen toiminnan sen pidentyessä,

Kuvio 5 esittää prototyyppilaitteen kokonaisenemää pulssien määrän funktiona, ja

15 Kuvio 6 esittää prototyyppilaitteen magnetrostriktiivisen elimen venymää magneettikentän funktiona.

20 Kuviossa 1 on esitetty luun sisäinen laite, jossa on ulkoputki 5 ja sisäputki 6, jotka on kiinnitetty luuhun kiinnityspisteistä 8. Laitteisto on siinä määrin yksinkertainen, että osia voidaan vaihtaa ennen laitteen leikkaamista kehon sisälle ja näin voidaan muuttaa laitteen pituutta ja maksimipidentymää. Laitteen osia voidaan jopa lyhentää jälkikäteen. Tämä mahdollistaa laitteen soveltamisen kullekin potilaalle vielä hoitavassa sairaalassakin.

25 Laitteen pidennysvoiman tuottaa magnetrostriktiivinen tai magneettimuistimateriaalinen elin 1, joka on edullisesti esimerkiksi Terfenol-D:tä. Magnetrostriktiivinen elin 1 on kuvattu kuvassa 1A tilassa, jossa magneettikenttä ei tuota pidentävää voimaa. Kuvassa 1B elin 1 on pidentynyt ja työntää osaa 2 edellään. Koska osan 2 sisäputkeen tarttuvaan pintaan on järjestetty yhdensuuntaisen liikkeen sallivat elimet (ei piirretty kuvaan), osa 2 työntää sisäputkea edellään. Kuvassa 1 C magnetrostriktiivinen elin 1 palaa taas alkutilaansa  
30 magneettikentän sammuttua. Tällöin osa 3 pidättää sisäputkea palaamasta

takaisin ja jousi 4 työntää magnetostriktiivistä elintä kasaan ja vetää samalla elimen 2 takaisin uutta toimintasykliä varten.

Laitteen yhden sovellusmuodon mukaan jousi 4 voidaan korvata superelasti-  
5 sesta materiaalista valmistetulla osalla, esimerkiksi langalla tai ohuella tan-  
golla, joka on järjestetty kulkemaan osan 1 läpi tai sen ympärillä. Sopiva su-  
perelastinen materiaali on NiTi, nikkelititaani. Sitä myydään kauppanimellä  
Nitinol, ja sitä saa eri variaatioina eri lämpötila-alueille ja eri käyttöihin. Tässä  
10 nimenomaisessa käyttötarkoituksessa lämpötila on hyvin vakio ja sopivan  
materiaalin valinta ei ole vaikeaa. Jousi 4 voidaan näin korvata kompaktilla  
laitteella, jonka tuottama jousivoima säilyy työsyklin ajalla lähes vakiona.  
Lisäksi NiTi on erittäin kestävä ja pysyvä materiaali, jota käytetään myös lää-  
ketieteessä jo nyt.

15 Yhdensuuntaisen liikkeen sallivat elimet voivat olla esimerkiksi jousiteräkses-  
tä tehtyjä väkäksiä, jotka pureutuvat sisäputken pintaan ja sallivat liikkeen  
vain toiseen suuntaan. Yhdensuuntaisen liikkeen sallivat elimet voi olla jär-  
jestetty monella muullakin tavalla kuin tässä on kuvattu. Esimerkiksi toinen  
elin voi olla sisäputken ulkopinnassa vaikuttamassa suoraan ulkoputkeen.  
20 Tällöin itse jouset voivat olla myös sisäputken sisällä. Lisäksi voidaan käyttää  
NiTi-materiaalia myös yhdensuuntaisen liikkeen tuottavien elinten ohjaami-  
seen. Tällöin laitteen alkupitus voidaan säätää lämmittämällä muistimetallia  
riittävästi kuumentamalla koko laitetta ja laitteen jäähtyttyä yhdensuuntai-  
sen liikkeen sallivat elimet alkavat taas toimia. Lämmittäminen on mahdolis-  
25 ta tehdä myös implantaatioleikkauksen yhteydessä lämmittämällä elimiä pai-  
kallisesti esimerkiksi induktiivisesti tai sopivalla työkalulla. Lisäksi toimintaa  
voidaan edesauttaa muokkaamalla putken sisäpintaa, esimerkiksi urittamalla  
tai karhentamalla.

30 Kuviossa 2 on kuvattu toisen suoritusmuodon mukainen malli. Toinen mah-  
dollinen tapa toteuttaa askelmoottori on soveltaa jo olemassa olevia laakeri-  
koneistoja tiettävästi täysin uudella tavalla. Askelmoottori muodostuu tällöin

- seuraavista osista: kuularuuvi 14, kaksi kuularuuvin mutteria sekä kaksi vapaakytkintä 12, 13. Vapaakytkimet L3 sisältävät kaksi osaa, ulomman ja sisemmän kuoren. Ne ovat toiminnaltaan sellaisia, että pyöritettäessä sisempää kuorta toiseen suuntaan, ei ulompi kuori pyöri mukana. Vastaavasti toiseen suuntaan pyöritettäessä myös ulompi kuori pyörii mukana eli tällöin laakeri välittää vääntömomentin. Terfenol-D:n venyessä työntyy kuvassa vasemmalla oleva laakerikoneisto 12 hieman oikealle. Tällöin myös kuularuuvi liikkuu oikealle, sillä vasemman koneiston 12 vapaakytkin on asetettu siten, ettei mutteri pääse pyörimään kuularuuvin ympäri työntävän liikkeen aikana.
- 5
- 10 Samalla oikeanpuoleisessa laakerikoneistossa 13, kuularuuvin 14 mutteri L1 pyörii, sillä siinä oleva vapaakytkin L3 on asetettu toisinpäin edelliseen verrattuna. Vastaavasti magnetrostriktiivisen elimen 1 lyhentyessä vasemmalla puolella oleva koneiston 12 kuularuuvin mutteri L1 pyörii ja oikealla olevassa koneistossa 13 mutterin pyörimisen estävä vapaakytkin L3 estää kuularuuvin
- 15 vetäytymisen Terfenolin mukana takaisin vasemmalle. L2 on laakeri joka ottaa vastaa pitkittäisvoimat sallii pyörimisen. Itse kuularuuvi 14 ei tässä esimerkissä pyöri, vaan se toimii vain työntävänä elimenä ja kuulamutterit toimivat yhdensuuntaisen liikkeen sallivina yliminä. Sisäputki 6 on tässä soveluksessa kokonaan ulkoputken 5 sisäpuolella, ja kiinnittyminen luuhun tapahtuu kiinnikkeen 7 avulla ulkoputkessa olevan uran läpi kuulamutteriin. Sisäputki 6 toimii työntävänä elimenä. Edullisesti luuhun kiinnittyvä elin voi ulkoputkeen tukeutuva laajempi elin ja sisäputken tässä esitetyn toiminnan korvaa hahlo, joka vaikuttaa elimen 12 laakeriin.
- 20
- 25 Kuvioissa 4A-4C on toisen sovellusmuodon mukaisen laitteen pitenemisliikkeen jaksot. Kuviossa 4A magnetrostriktiivinen elin on pidentyneenä, ja sisäputki painaa kuulamutterikoneistoa 12. Koska koneisto 12 ei salli pyörimistä, kuulamutteri liikkuu ja lukittuu uuteen asemaansa. Koneisto 13 sallii liikkeen.
- 30 Kuviossa 4B kuulamutterikoneisto 12 sallii liikkeen ja sisäputki 6 palautuu takaisin. Tällöin kuulamutterikoneisto 13 ei salli liikettä ja kuularuuvi jää paikalleen.



Sama kuviossa 4C toistuu kuvion 4A toiminta ja kuviossa 4D kuvion 4B toiminta, ja kuularuuvi liikkuu seuraavan syklin eteenpäin.

- 5 Molemmilla toteutustavoilla päästään eroon kehon ulkopuolisiin laitteisiin liittyvistä ongelmista, kuten suuresta tulehdusriskistä sekä psykologisista ja sosiaalisista haittatekijöistä. Käyttämällä magnetostriktiivista ja superelastista materiaalia liikkeen tuottamiseen edellä kuvatulla tavalla saadaan aikaan toimintavarma, yksinkertainen ja luotettava laitteisto. Edelleen laitteiston
- 10 yksinkertaisuudesta johtuen sen osia on helppo vaihtaa ja varioida, jolloin saadaan aikaan eri potilaille sopivan pituinen laitteisto aikaisempaa helpommin.

Tämän lisäksi distraktion etenemistä voidaan ohjata tarkasti, sillä laboratoriossamme kehitetyllä alustavalla prototyypillä on mahdollista edetä muutamia

15 mikrometrejä kerrallaan. Hidas pidennysnopeus voi vaikuttaa kudoksiin syntyviin rasiustiloihin ja näin nopeuttaa elimistön toipumista hoidosta.

Lisäksi laitteen rakenne on varsin yksinkertainen mikä mahdollistaa hyvän

20 toimintavarmuuden ja luotettavuuden. Toisaalta yksinkertainen rakenne mahdollistaa todennäköisesti myös laitteen alhaisen hinnan, mikä voi vaikuttaa merkittävästi laitteen menestymisedellytyksiin markkinoilla ja tarjoaa samalla potilasystävällisen distraktio-osteogeneesihoidon mahdollisimman monien saataville.

25

#### Keksinnön muut sovellusalat

Laitteen miniatyrisoiminen mahdollistaa myös kasvojen distraktio-osteogeneesihoidon. Miniatyrisoinnissa magnetostriktiivinen Terfenol-D korvataan esimerkiksi magneettisella muotomuistimetallilla, jolla päästään suurempiin kertavenymiin. Terfenol-D voidaan korvata, koska kasvojen alueen distraktiohoidossa ei vaadita yhtä suuria voimia kuin raajojen yhteydessä.

30

Laitteen moottoriyksikölle voi löytyä sovelluksia myös muista terveysteknologian sovelluksista, kuten esimerkiksi lääkeaineannostelijoista, joissa se voisi toimia erilaisten pumppujen ja venttiileiden toiminnallisena osana. Tarkalle  
 5 lineaarimoottorille voi löytyä sovelluksia myös muilta tekniikan aloilta. Edelleen superelastisen lämpöherkän muotomuistimetallin ja magneettisen muistimetallin tai magnetostriktiivisen metallin yhdistelmä on lineaarimoottorina käyttökelpoinen monessa muussakin sovelluksessa, joissa tarvitaan yhden-  
 10 suuntaista liikettä. Palautuselimenä superelastinen muistimetalli on edullinen ominaisuuksiensa takia, ja yhdensuuntaisen liikkeen tuottavissa elimissä käytetty muistimetalli sallii laitetta tai elimiä lämmittämällä laitteen palauttamisen alkutilaansa tai laitteen purkamisen esimerkiksi puhdistusta varten.

#### Demonstraatio tulokset

15

Kuvat 5 ja 6 esittävät keksinnön idean toimivuuden. Kokeessa testattiin moottoriyksikön toimintaa erisuuruudessa pulssitetussa ulkoisessa magneettikentässä. Kuvan 5 data esittää distraktiolaitteen pituuden kokonaismuutosta eli etenemää ulkoisella magneettikentällä annettujen pulssien funktiona. Tästä  
 20 nähdään, että distraktiohoitoon vaadittava yhden millimetrin päiväpitenemä saavutetaan noin 5-6 minuutissa pulssien taajuuden ollessa 2Hz. Yksittäisen askeleen pituus on 69mT kentällä 1.8  $\mu\text{m}$  ja siihen voidaan vaikuttaa ulkoista magneettikenttää muuttamalla.

25

Kuva 6 esittää distraktiolaitteen moottoriyksikön magnetostriktiivisen materiaalin venymää ulkoisen magneettikentän funktiona kuvan 1 koetilanteessa. Kuvasta 6 nähdään, että kerta-askeleen pituuteen voidaan vaikuttaa ulkoista magneettikenttää muuttamalla erityisesti kuvaajan jyrkän nousun kohdalla. Tätä tukevat kuvan 5 mittaukset, joista kolmen suurimman magneettikentän aiheuttamat pitenemät ovat lähes identtisiä. Nämä magneettikentän vuontiheydet osuvat kuvan 6 kuvaajan jälkimmäiseen taitekohtaan.  
 30

## Patenttivaatimukset

1. Kehonsisäinen luudistraktiolaite, jossa on kaksi kiinnityspistettä (7, 8) luumun kiinnittymistä varten siten, että kiinnityspisteiden välistä etäisyyttä voidaan kasvattaa hallitusti, liikettä tuottava elin (1), joka tuottaa edestakaisen mekaanisen liikkeen muuttuvassa magneettikentässä ja elimet mekaanisen liikkeen muuttamiseksi kiinnityspisteiden välistä etäisyyttä kasvattavaksi liikkeeksi, siten, että liikettä tuottava elin (1) on järjestetty siten, että liikettä tuottava elin (1) työntää yksisuuntaisen liikkeen sallivaa elintä, joka sallii  
5 kiinnityspisteiden välisen etäisyyden kasvaa ja liikettä tuottava elimen (1) pituuden palautuessa toinen yksisuuntaisen liikkeen salliva elin sallii magnetostriktiivisen elimen palata alkuperäiseen mittaansa ilman että distraktiolaitteen kiinnityspisteiden välinen etäisyys muuttuu, **tunnettu** siitä, että liikettä tuottava elin (1) on magnetostriktiivinen elin, joka on järjestetty olennaisesti  
10 pelkkää puristus- tai vetovoimaa vastaanottavaksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kehonsisäinen luudistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että magnetostriktiiviseen elimeen vaikuttaa superelastisesta materiaalista tehty elin, joka tuottaa magnetostriktiiviseen elimeen (1) palautusvoiman esijännitystä.  
20

3. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luudistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että laitteen yksisuuntaisen liikkeen salliviin elimiin kuuluu muistimetallieliin.  
25

4. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luudistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että laitteen pituus ja maksimivienymispituus on muokattavissa katkaisemalla tai valitsemalla sopivat osat.

5. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luudistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että magnetostriktiivinen elin on yksisuuntaisen liikkeen sallivien elinten välissä ja liikkuu sisäputkea pitkin askeleittain.  
30

6. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen 1–4 mukainen luodistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että magnetostriktiivinen elin vaikuttaa yksisuuntaisen liikkeen tuottaviin elimiin, jotka ovat kaikki samalla puolella magnetostriktiivisesta elimestä katsottuna.

5

7. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luodistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että yksisuuntaisen liikkeen sallivat elimet käsittävät väkisiä tai räikkälaitteita.

10

8. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luodistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että yksisuuntaisen liikkeen sallivat elimet käsittävät kuulamutterin ja vapaakytkimen.

15

9. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen luodistraktiolaite, **tunnettu** siitä, että laite käsittää magneettivuota ohjaavat välineet tai siinä on kestromagneetti magnetostriktiivisen elimen yhteydessä tai biassoimassa magneettivuota.

**Patentkrav**

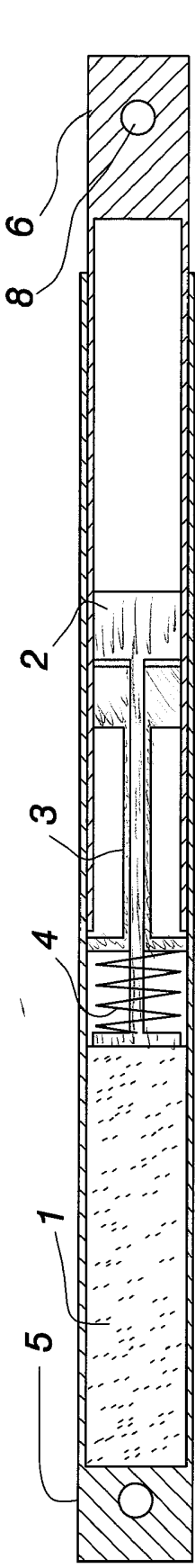
1. Intrakorporal bendistraktionsanordning med två fixeringspunkter (7, 8) för fästning vid ben så att avståndet mellan fixeringspunkterna kan ökas kontrollerat, ett  
5 rörelseframbringande organ (1), som alstrar en fram- och tillbakagående mekanisk rörelse i ett föränderligt magnetfält, och organ för förändring av den mekaniska rörelsen till en rörelse som ökar på avståndet mellan fixeringspunkterna, så att det rörelseframbringande organet (1) är anordnat så att det rörelseframbringande organet (1) skjuter på ett en enkelriktad rörelse tillåtande organ som möjliggör ökning  
10 av avståndet mellan fixeringspunkterna och vid återgång av det rörelseframbringande organets (1) längd tillåter ett andra en enkelriktad rörelse tillåtande organ återgången av det magnetostriktiva organet till sin ursprungliga längd utan att avståndet mellan distraktionsanordningens fixeringspunkter förändras, **kännetecknad** av att det rörelseframbringande organet (1) är ett magnetostriktivt organ, som är anordnat väsentligen enbart som tryck- eller dragkraftmottagande.  
15
2. Intrakorporal bendistraktionsanordning enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att på det magnetostriktiva organet verkar ett av superelastiskt material utformat organ, som alstrar återgångskraftsförspänning i det magnetostriktiva organet (1).  
20
3. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att de en enkelriktad rörelse tillåtande organen i anordningen uppvisar ett minnesmetallorgan.
- 25 4. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att anordningens längd och maximala töjningslängd är avpassningsbara genom avkapning eller val av lämpliga delar.
- 30 5. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att det magnetostriktiva organet är beläget mellan de en enkelriktad rörelse tillåtande organen och rör sig stegvis längs ett innerrör.
6. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven 1–4, **kännetecknad** av att det magnetostriktiva organet verkar på de en enkelriktad rörelse

alstrande organen, som alla befinner sig på samma sida från det magnetostriktiva organet sett.

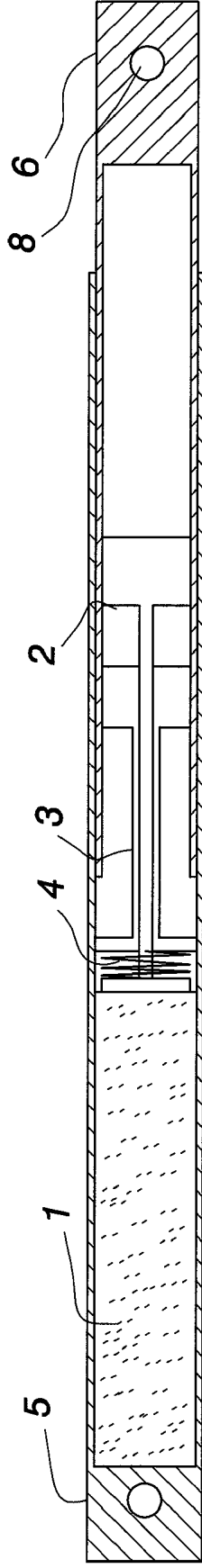
7. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **känne-**  
5 **tecknad** av de en enkelriktad rörelse tillåtande organen omfattar hullingar eller spärranordningar.

8. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **känne-**  
10 **tecknad** av att de en enkelriktad rörelse tillåtande organen omfattar en kulmutter och en envägskoppling.

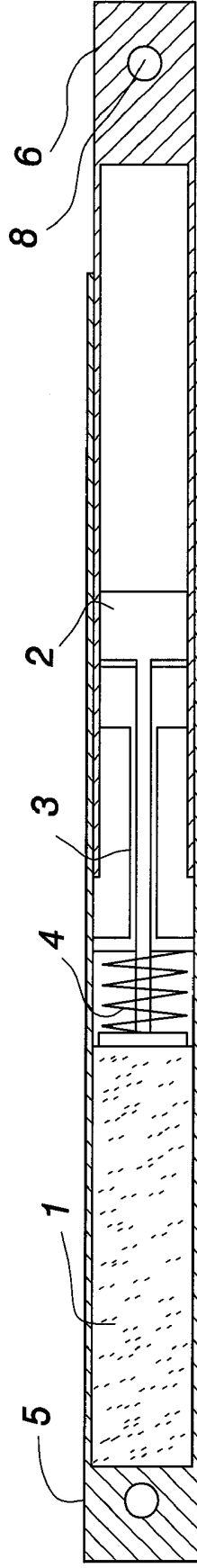
9. Bendistraktionsanordning enligt något av de föregående patentkraven, **känne-**  
15 **tecknad** av att anordningen omfattar medel som styr det magnetiska flödet eller att en permanentmagnet är anordnad i anknytning till det magnetostriktiva organet eller för biasering av det magnetiska flödet.



**Fig. 1A**



**Fig. 1B**



**Fig. 1C**

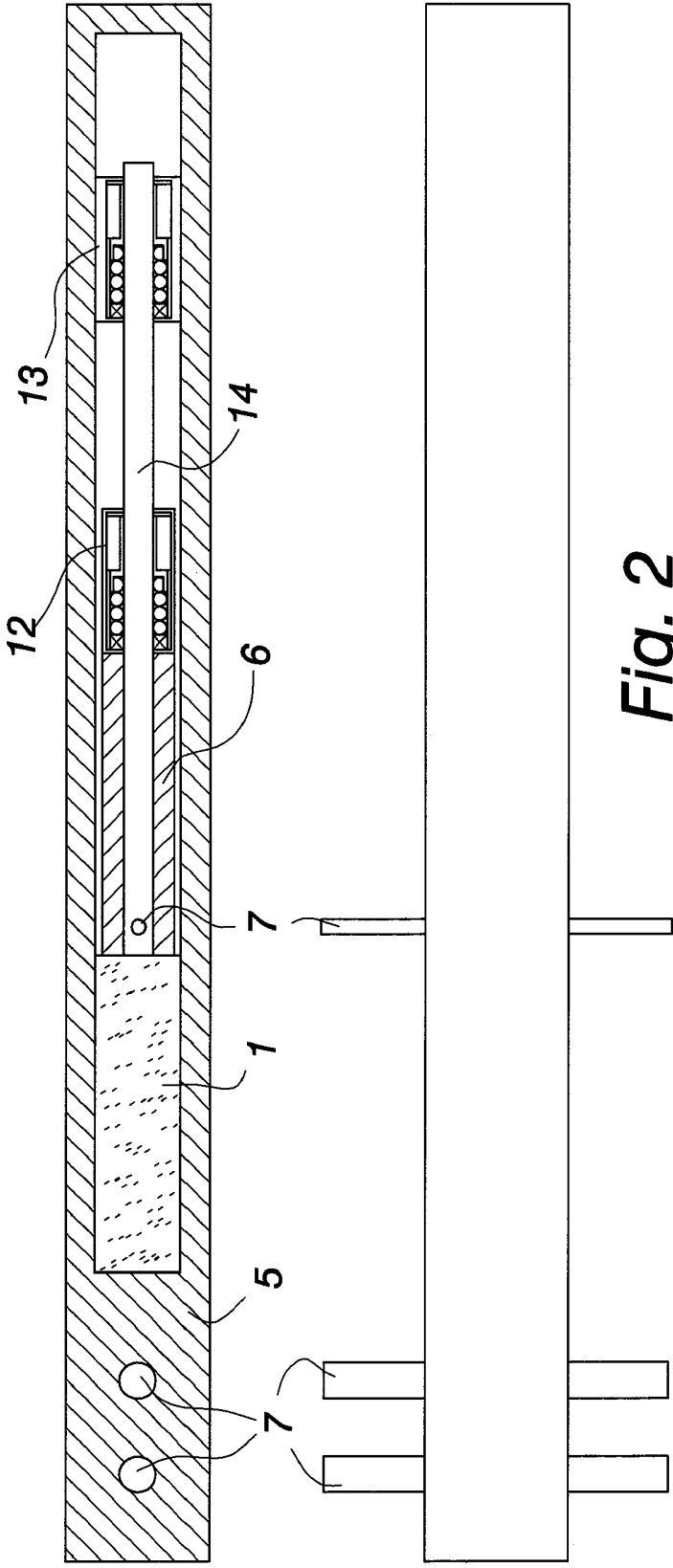


Fig. 2

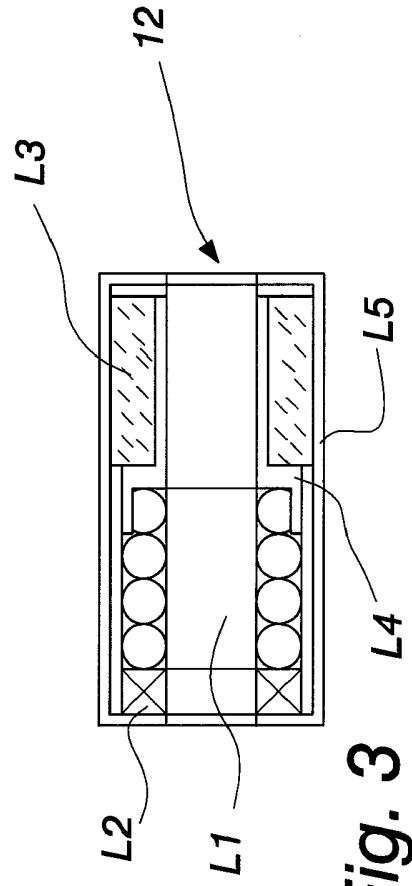
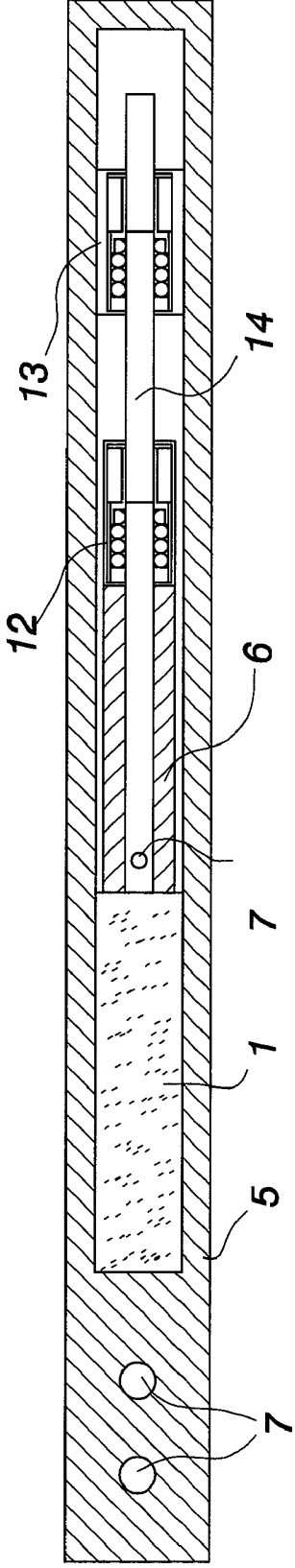
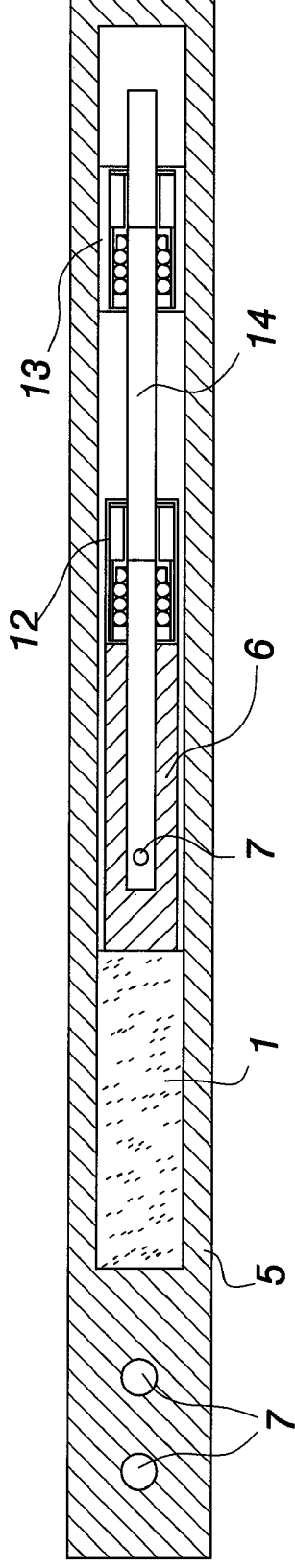


Fig. 3

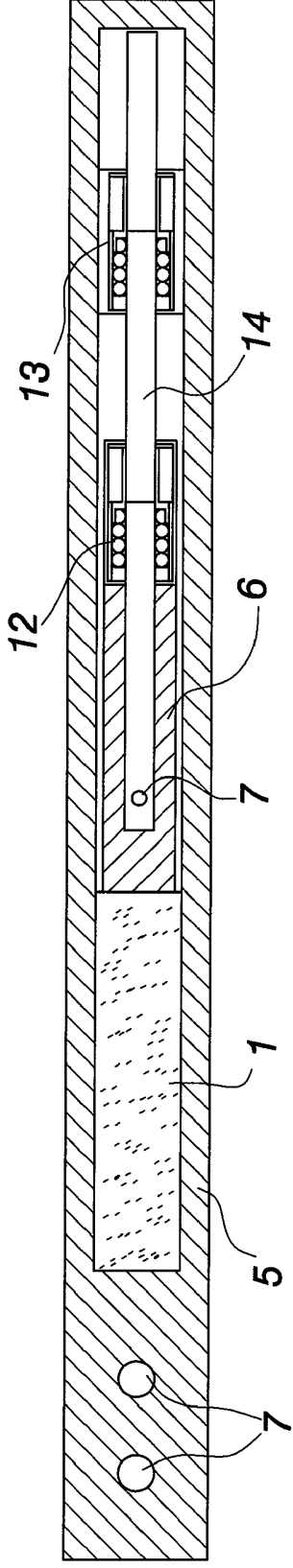




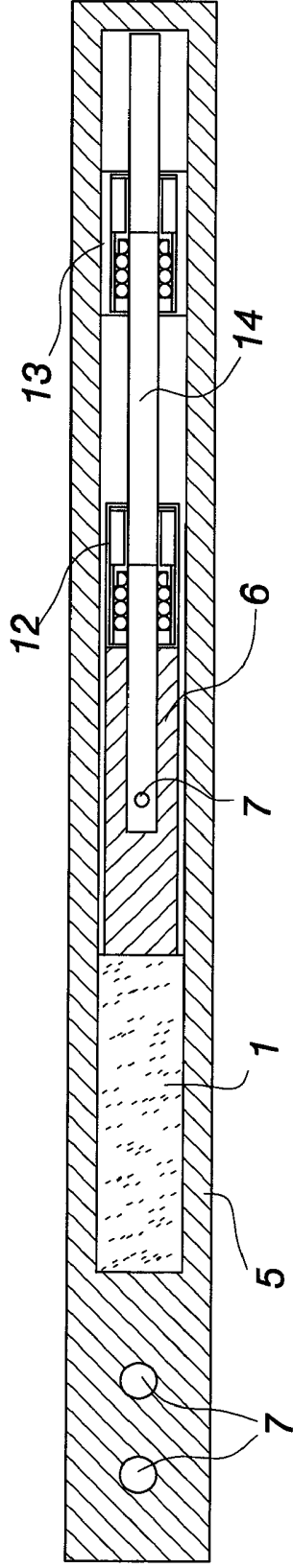
**Fig. 4A**



**Fig. 4B**



**Fig. 4C**



**Fig. 4D**

Kokonaisetenemä pulssien funktiona

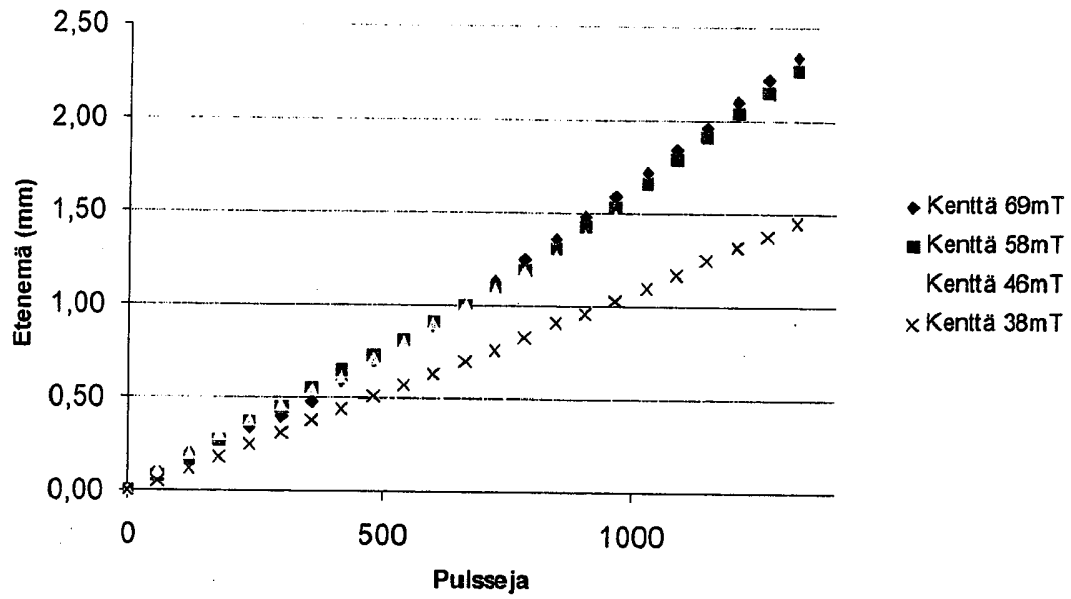


Fig. 5

Kappaleen venymä magneettikentän funktiona  
7,9 MPa

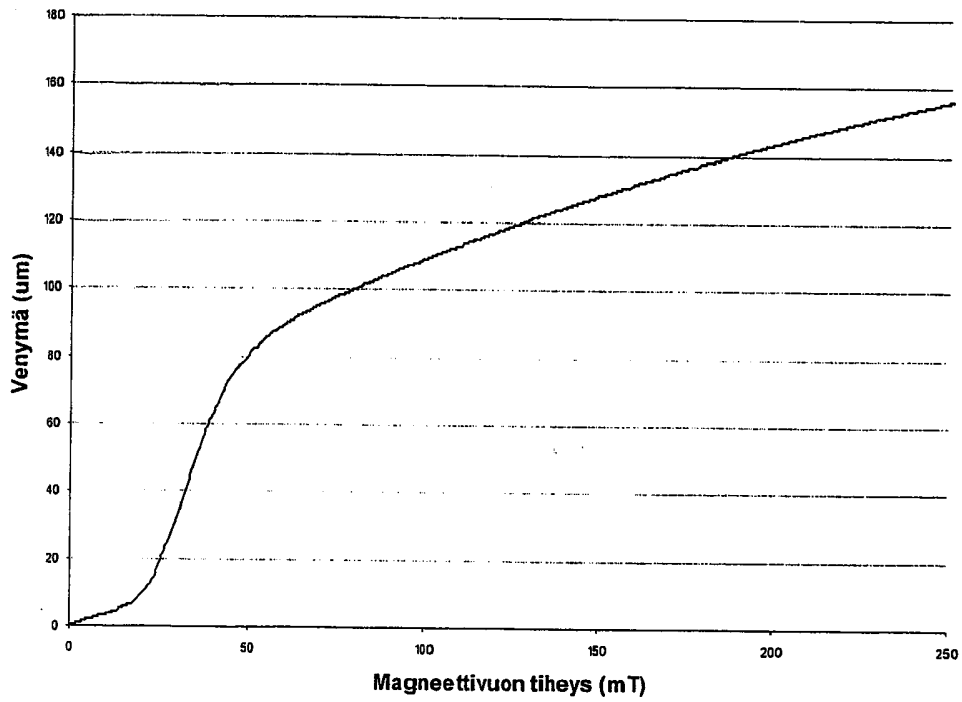


Fig. 6