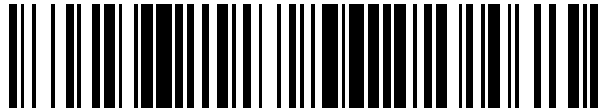


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 825**

51 Int. Cl.:

F03D 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2011** **E 11726654 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014** **EP 2561225**

54 Título: **Estructura de soporte vertical**

30 Prioridad:

18.04.2010 DE 102010015761

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

17.06.2014

73 Titular/es:

**ALFRED-WEGENER-INSTITUT HELMHOLTZ-
ZENTRUM FÜR POLAR- UND
MEERESFORSCHUNG (100.0%)
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven, DE**

72 Inventor/es:

HAMM-DUBISCHAR, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 468 825 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura de soporte vertical.

5 La invención se refiere a una estructura de soporte vertical sobre un suelo con un pilar central verticalmente orientado, no unido con el suelo y dotado de una superficie de apoyo para una construcción, al menos tres elementos de pie unidos con el suelo alrededor del pilar central y, por cada elemento de pie, al menos un respectivo puntal radial superior y un respectivo puntal radial inferior, cada uno de ellos con un eje longitudinal y una conexión superior al pilar central y una conexión inferior al elemento de pie.

10 Las estructuras de soporte verticales pueden soportar sobre su superficie de apoyo, en función de sus dimensiones, construcciones grandes y también construcciones pequeñas. Las estructuras de soporte verticales para construcciones grandes, por ejemplo obras técnicas, en la forma de realización de estructuras de cimentación, armaduras portantes o montantes, se necesitan en diferentes aplicaciones, por ejemplo para soportar instalaciones energéticas, por ejemplo instalaciones de energía eólica mar adentro, centrales transformadoras, por ejemplo en forma de estaciones transformadoras instaladas sobre montantes y puntos nodales de cables en parques de energía eólica, recipientes de almacenaje, plataformas de trabajo, dispositivos de señalización, grúas, torres o mástiles. Según el caso de aplicación, las estructuras de soporte verticales pueden estar dispuestas sobre tierra firme o en agua sobre el fondo de una masa de agua actuante como suelo. En una disposición en agua estas estructuras se pueden encontrar completamente debajo del agua o bien pueden sobresalir parcialmente (de manera duradera o temporal) del agua. Según el caso de aplicación, pueden consistir también en materiales diferentes, por ejemplo metal, plástico u hormigón, con utilización exclusiva, o bien en un material compuesto, por ejemplo un material compuesto fibroso, o un material híbrido, por ejemplo una combinación de acero con hormigón o plástico, y pueden presentar dimensiones fuertemente diferentes, estando adaptados el material y las dimensiones a las fuerzas de compresión y tracción reinantes en la estructura de soporte vertical. Las estructuras de soporte verticales con menores dimensiones pueden estar dispuestas sobre un sencillo suelo plano resistente, por ejemplo de madera, vidrio o metal, y son conocidas, por ejemplo, en la electrónica de entretenimiento para pantallas, televisores, ordenadores, altavoces e instrumentos musicales.

Una aplicación principal para la estructura de soporte vertical reivindicada en un dimensionamiento grande reside en su uso como estructura de cimentación para una instalación de energía eólica mar adentro (OWEA). En este caso, la estructura de soporte vertical soporta la torre de la OWEA con su superficie de apoyo superior. La porción principal en las energías renovables para la generación de corriente eléctrica consiste actualmente en más de un 40% de energía eólica. El desarrollo de instalaciones de fuerza eólica progresa rápidamente. Las alturas de la torres van de 30 m a 120 m y el diámetro de los rotores va de 15 m a 127 m. En las alturas recientemente exploradas con velocidades de viento incrementadas y rotores agrandados las instalaciones pueden suministrar actualmente hasta 6 MW de potencia del generador. Las instalaciones más grandes se hacen funcionar principalmente como instalaciones de energía eólica mar adentro, ya que existen suficientes lugares de emplazamiento delante de las costas en un entorno no habitado y las velocidades del viento son aún mayores. Sin embargo, en las regiones mar adentro reinan fundamentalmente condiciones distintas en comparación con un emplazamiento en tierra, y aparte de grandes fuerzas del viento se presentan sobre todo también grandes fuerzas de las olas. Por tanto, se tienen que encontrar también en una OWEA adaptaciones para las estructuras de soporte verticales a fin de poder aguantar las enormes cargas. Además, por motivos de protección del medio ambiente, en las cimentaciones mar adentro se ha de tener presente ya al elegir la clase de cimentación la reconstrucción completa de la instalación después de su puesta fuera de servicio. Todas las partes de la instalación tienen que ser retiradas entonces hasta una profundidad de aproximadamente 2-4 m por debajo del fondo marino. La clase de cimentaciones de las OWEAs depende muy fuertemente de la profundidad del agua, la naturaleza del fondo marino y las condiciones del medio ambiente, tales como corrientes, subida de las mareas, olas, deshielo, etc. Para profundidades de agua de aproximadamente 30 m se diferencian monopilotes, cimentaciones de fuerza de gravedad y de tubos de aspiración, así como estructuras de trípode y de armazón. En estas últimas se hincan varios tubos pequeños en el suelo. Sobre ellos se coloca una estructura de celosía tridimensional (camisa) a base de una construcción de tubos que soporta la torre propiamente dicha de la OWEA. La conexión de la torre está situada en general por debajo de la superficie del agua para mantener pequeñas las cargas de las olas y las cargas eventuales del hielo. Las estructuras de trípode y de camisa tienen frente a los monopilotes las ventajas de que se pueden utilizar también a profundidades de agua mayores, necesitan menos preparativos del fondo marino y consiguen unas resistencias a la flexión y unas frecuencias propias de vibración relativamente grandes. Frente a esto están los altos costes para la utilización de tubos de acero aptos para mar adentro (principalmente protección contra la corrosión) y para su transporte y montaje, que están asociados, entre otras cosas, a las grandes masas y a las estructuras empleadas.

55 Estado de la técnica

Se conoce por el documento GB 2 419 150 A una estructura de soporte vertical en ejecución de celosía, especialmente para una instalación de energía eólica mar adentro, que está constituida por un pilar central verticalmente orientado, pero que está cimentado sobre el suelo, es decir que introduce fuerza en el suelo. Aparte de la fuerza del peso de la torre y de la góndola del generador de la OWEA, se presentan también fuerzas del viento y

del agua (olas, corrientes, mareas) que actúan sobre la estructura de soporte vertical. Uniformemente alrededor del pilar central están cimentados tres elementos de pie sobre un círculo periférico. Por tanto, el peso de la estructura de soporte vertical se introduce en el suelo tanto a través del pilar central como de los elementos de pie. Para la unión con el pilar central están previstos por cada elemento de pie un puntal radial superior y un puntal radial inferior, derivándose la denominación "puntal radial" de su orientación en la dirección del radio del círculo periférico. La constitución de la estructura de soporte vertical es rotacionalmente simétrica, es decir que todos los puntales radiales superiores e inferiores se conectan al pilar central con sus conexiones superiores en el mismo plano radial respectivo. Un puntal radial superior y un puntal radial inferior están situados cada uno de ellos en un plano axial común que pasa por el respectivo elemento de pie, es decir que se asocian uno a otro a través del elemento de pie. Los ejes longitudinales centrales de los puntales radiales conocidos presentan un recorrido lineal. Los puntales radiales superiores discurren en este caso oblicuamente, mientras que los puntales radiales inferiores discurren horizontalmente. En caso de carga, se producen fuertes tensiones de entalladura en la zona de unión de los puntales radiales superiores - que discurren en línea recta bajo un ángulo agudo - con el pilar central, las cuales pueden conducir a daños. Un anillo de conexión con transiciones especialmente conformadas pretende ofrecer remedios.

Se conoce por el documento EP 2 036 813 B1 una estructura de soporte vertical de la clase genérica expuesta con puntales radiales superiores e inferiores, de la cual parte la invención como estado de la técnica más próximo. A diferencia de la estructura de soporte vertical anteriormente descrita, en esta estructura de soporte vertical el pilar central no está cimentado, de modo que todas las fuerzas producidas se introducen en el suelo a través de los elementos de pie cimentados. La constitución rotacionalmente simétrica y la disposición de puntales radiales superiores e inferiores por cada elemento de pie en un plano axial común son idénticas. Asimismo, los puntales radiales superiores presentan en toda su longitud un recorrido lineal de sus ejes longitudinales centrales. En este caso, los puntales radiales superiores discurren a su vez con una fuerte inclinación y se unen al pilar central bajo un ángulo agudo. Para impedir daños en la conexión superior de los puntales radiales superiores al pilar central por efecto de fuerzas de cizalladura producidas y reducir al mismo tiempo la masa de la estructura de soporte vertical y, por tanto, sus costes de erección, el pilar central y los puntales radiales superiores tienen en esta estructura de soporte vertical un recorrido cónico de su contorno exterior con la máxima sección transversal en los puntos de unión superiores. Las secciones transversales son correspondiente más pequeñas en los puntos de menor carga.

Se conoce por el documento EP 2 072 685 A1 una pieza de transición entre un armazón de celosía con un gran número de puntales rectos y la torre de una instalación de energía eólica. En este caso, la pieza de transición presenta en su contorno exterior un recorrido ligeramente curvado. Sin embargo, ésta sirve para adaptar el tamaño de la torre al armazón de celosía. La ventaja de la pieza de transición es su división en tramos idénticos en forma de, por ejemplo, cáscaras de cuadrante que pueden unirse una con otra mediante sencillas costuras de soldadura verticales en un montaje realizado a pie de obra. Se conoce por el documento EP 2 067 915 A2 una parte de nudo de pie para una estructura de rejilla de una obra mar adentro que hace posible, como pieza de fundición, una transición curvada entre una estaca de cimentación y los puntales de la columna.

Se conoce por el documento DE 103 10 708 A1 una estructura de soporte vertical a manera de celosía con un pilar central y exclusivamente puntales radiales rectilíneos superiores que se unen al pilar central bajo un ángulo muy agudo. Para la estabilización de los puntales radiales superiores durante el transporte de la estructura de soporte vertical se han previsto en la zona superior de los puntales radiales unos elementos de estabilización que se conectan cada uno de ellos a los puntales radiales y que se cruzan uno a otro entre los puntales radiales.

Se conoce por el documento EP 1 270 848 A1 un arriostramiento de cable flexible para obras hidráulicas, pero que está montado por fuera en la obra y deberá apuntalar la obra frente a flexiones excesivas bajo carga. Además, se conoce también por el documento DE 10 316 405 A1 una estructura de soporte vertical a manera de celosía en configuración a manera de jaula que presenta un pilar central que es estabilizado con anillos a diferentes alturas en lugar de hacerlo con puntales radiales. A este fin, los anillos están mutuamente arriostrados hacia arriba y hacia abajo a manera de rayos por medio de cables de tracción de acero. Una parte de los cables está conectada al pilar central y discurre oblicuamente al mismo, mientras que otra parte discurre entre los anillos en dirección paralela al pilar central. El pilar central está cimentado en el suelo a través de un elemento de pie central e introduce las fuerzas principales en el suelo.

Por último, se conoce por el documento DE 35 09 721 A1 una estructura de armazón para sustentar un techo de pabellón que, por motivos de estabilidad, presenta en su recorrido del eje longitudinal central unos puntales transversales curvados hacia fuera. Estos puntales transversales están constituidos por varios segmentos de tubo ensamblados uno con otro en ángulo plano y, sin embargo, son de construcción horizontal.

Planteamiento del problema

Partiendo de la estructura de soporte vertical de la clase genérica anteriormente descrita, el problema de la presente invención estriba en mejorarla adicionalmente la estabilidad de la estructura de soporte vertical, especialmente en lo que respecta a las fuerzas de cizalladura actuantes sobre ella, y reducir adicionalmente al mismo tiempo los costes de fabricación de la estructura de soporte vertical, especialmente debido a la utilización de materiales. La

solución según la invención para este problema puede deducirse de la reivindicación principal. Perfeccionamientos ventajosos de la invención se indican en las reivindicaciones subordinadas y se explican en lo que sigue con más detalle en relación con la invención.

5 La estructura de soporte vertical reivindicada presenta según la invención un recorrido convexamente curvado del eje longitudinal de los puntales radiales superiores en toda su longitud, cuyo recorrido comienza en la conexión superior de los puntales radiales superiores al pilar central. Las fuerzas producidas en la conexión superior del puntal radial superior al pilar central son reducidas sensiblemente, ya que los puntales radiales superiores pueden absorber fuerzas por medio de su prebombeado. Resulta entonces un desplazamiento vertical de compensación de la conexión superior de los puntales radiales superiores. En este caso, un recorrido convexamente curvado significa que el eje longitudinal se aleja del pilar central hasta una distancia máxima. Para evitar con seguridad que, al absorber fuerzas, se produzca un pandeo de los puntales radiales superiores bombeados, se ha dispuesto también según la invención en la estructura de soporte vertical reivindicada al menos un elemento de tracción para cada puntal radial superior que está conectado con una conexión exterior al puntal radial exterior y con una conexión interior al pilar central o al puntal radial inferior correspondiente. Los elementos de tracción están aquí constructivamente dispuestos y dimensionados de modo que las fuerzas de pandeo producidas en los puntales radiales superiores puedan compensarse con seguridad a consecuencia de la introducción de fuerzas y pares multieje en la estructura de soporte vertical. Se admite un desplazamiento vertical de la conexión superior de los puntales radiales superiores en solamente una medida prefijada. Gracias al recorrido curvado de los puntales radiales superiores la estructura de soporte vertical según la invención presenta también en la zona de la conexión superior una forma sensiblemente más volada y que abarca más espacio que en las estructuras de soporte verticales conocidas. El mayor espacio abarcado ofrece una estabilidad sensiblemente mejorada frente a ataques de fuerza a través de la torre de la OWEA. Gracias a una transición casi horizontal entre el pilar central y los puntales radiales superiores se obtiene una superficie de apoyo horizontal grande en la que se pueden distribuir las fuerzas de apoyo. En este caso, esta superficie de apoyo puede estar situada incluso por encima del nivel del agua en la estructura de soporte vertical según la invención. Por tanto, la estructura de soporte vertical según la invención puede erigirse también en regiones con fuerte oscilación de las mareas acompañada de una puesta al descubierto al menos temporal. Al mismo tiempo, la estructura de soporte vertical según la invención se manifiesta como una estructura de construcción ligera de máxima estabilidad y fiabilidad que ahorra especialmente material y, por tanto, costes. Frente a las estructuras de soporte verticales conocidas en ejecución de celosía se puede materializar para el mismo caso de carga un ahorro de material de hasta un 50%.

Las ventajas de estabilidad se manifiestan también en el modelo natural de la especie de los radiolarios *Clathrocorys*. Estos animalitos radiados que se presentan como plancton en el mar consisten en seres vivos eucarióticos unicelulares con un endoesqueleto esférico o de forma de gorra a base de dióxido de silicio. Los radiolarios tienen prolongaciones radialmente sobresalientes del citoplasma que se apoyan desde dentro con delgadas púas rígidas de dióxido de silicio. Éstas parten en forma de rayos de un endoesqueleto consistente también en dióxido de silicio que consta de una cápsula esférica perforada o de varias cápsulas de esta clase dispuestas concéntricamente. Las prolongaciones sirven para la flotación en el agua y la protección contra depredadores. El *Clathrocorys* de ha seleccionado como especialmente adecuado para la presente invención mediante la aplicación de un procedimiento para obtener datos constructivos de primer modelo para una estructura de construcción ligera técnica (véase el documento DE 103 56 682 A1, procedimiento biónico de construcción ligera y optimización "Evolutionary Light Structure Engineering" ELiSE®) y se ha optimizado en su estructura básica según la estrategia de evolución y a continuación se ha convertido en una construcción técnica (otra especie de radiolario utilizable es *Callimitra*; sin embargo, existen otros microorganismos con un gran potencial como posible modelo para una estructura de soporte vertical o una estructura de cimentación). Con este procedimiento se pueden transferir y adaptar simplemente diversas geometrías de la naturaleza a objetos de uso de todo tipo y tamaño de la vida cotidiana.

La estabilidad y ligereza especiales junto con un perímetro volumétrico superior simultáneamente incrementado se obtienen en la estructura de soporte vertical según la invención gracias al curvado convexo de los puntales radiales superiores a partir de su conexión superior al pilar central. El puntal radial superior se aleja de momento del pilar central. Esto puede seguirse haciendo siempre hasta su conexión inferior, de modo que resulta una forma abierta de los puntales radiales superiores. Sin embargo, el puntal radial superior, después de alcanzar su distancia máxima, por ejemplo en el centro o en la zona del centro del pilar central entre las conexiones superiores de los puntales radiales superiores y las conexiones superiores de los puntales radiales inferiores, puede aproximarse también nuevamente al pilar central, de modo que se cierran nuevamente los ángulos de apertura de la forma, o bien puede seguir discurriendo paralelamente al mismo a partir del centro, de modo que se mantenga constante el ángulo de apertura de la forma. Por tanto, resulta un recorrido convexamente curvado simétrico o asimétrico del eje longitudinal central de los puntales radiales superiores hasta el centro del pilar central entre las conexiones superiores de los puntales radiales superiores y las conexiones superiores de los puntales radiales inferiores. Por tanto, es ventajoso en la estructura de soporte vertical según la invención que el recorrido convexamente curvado del eje longitudinal central de los puntales radiales superiores se extienda al menos hasta su centro. El recorrido convexamente curvado de los puntales radiales superiores, prefijado para cada caso de funcionamiento, depende del caso de carga máxima

y de las particularidades constructivas.

Asimismo, en función del caso de carga máxima para la estructura de soporte vertical según la invención se pueden variar de manera correspondiente diferentes parámetros constructivos. Un parámetro esencial es el radio del círculo periférico sobre el que están dispuestos los elementos de pie. Asimismo, aparte de las longitudes, las secciones transversales y los materiales del pilar central, los puntales radiales y los elementos de tracción, que sirven en la estructura de soporte vertical según la invención para evitar con seguridad el pandeo de los puntales radiales superiores en caso de carga, especialmente también el número y la disposición de los elementos de tracción en los puntales radiales y en el pilar central constituyen parámetros constructivos relevantes. Por este motivo, es especialmente ventajoso que estén dispuestos al menos un elemento de tracción superior y un elemento de tracción inferior para cada puntal radial. En este caso, el elemento de tracción superior está dispuesto ventajosamente con su conexión exterior por encima del centro del puntal radial superior y con su conexión interior por encima del centro del pilar central entre las conexiones superiores del puntal radial superior y el puntal radial inferior. El elemento de tracción inferior está unido ventajosamente con su conexión exterior por debajo del centro del puntal radial superior y con su conexión interior en la zona central del puntal radial inferior correspondiente, es decir, el mismo puntal radial que se conecta al mismo elemento de pie que el puntal radial superior. Con solamente dos elementos de tracción por cada puntal radial superior se obtiene ya una construcción extraordinariamente estable frente a acciones de fuerza y, no obstante, de peso ligero. Según una forma de realización siguiente de la invención, puede estar previsto ventajosamente también que la conexión superior del puntal radial inferior al pilar central esté prevista a una altura de un tercio a la mitad de la altura de la conexión superior del puntal radial superior sobre el suelo. De este modo, los puntales radiales inferiores discurren también formando un ángulo relativamente grande con el pilar central. En el caso de tres puntales radiales inferiores se forma un tetraedro con un vértice muy empinado. Debido a la altura relativamente grande de la conexión inferior de los puntales radiales inferiores al pilar central se obtiene frente a estructuras de soporte verticales conocidas un menor círculo periférico para los elementos de pie o, en el caso de puntales radiales inferiores más largos, una mayor libertad de construcción por debajo del pilar central, de modo que se pueden materializar también emplazamientos sobre suelos bombeados, accidentados y pedregosos o bien guarnecidos de otra manera.

En la invención se pueden utilizar individualmente tantos elementos de tracción en tales lugares de conexión con tal recorrido inclinado que se compensen con seguridad las fuerzas de pandeo producidas y se evite en todas las circunstancias un pandeo de los puntales radiales superiores. En la estructura de soporte vertical según la invención pueden estar así previstos también más de dos elementos de tracción por cada puntal radial. Por ejemplo, pueden estar previstos dos elementos de tracción superiores que se ligan ambos al pilar central. Pueden estar previstos igualmente unos puntales de tracción paralelos, tales como puntales de tracción con conexión interior o exterior coincidente. Pueden estar previstos también dos o más elementos de tracción inferiores que estén dispuestos entre los puntales radiales superiores y el puntal radial inferior correspondiente. Para estabilizar adicionalmente la estructura de soporte vertical pueden estar previstos también ventajosamente unos elementos de tracción horizontales adicionales con ambas conexiones entre los puntales radiales superiores por encima de su centro. Estos elementos de tracción horizontales no se ligan tampoco con el pilar central, sino que estabilizan los puntales de tracción superiores entre ellos. Todos los elementos de tracción pueden estar distribuidos también uniformemente a lo largo de la altura del pilar central entre las conexiones superiores de los puntales radiales superiores y los puntales radiales inferiores y pueden estar dispuestos en forma angular o bien horizontalmente, estando dispuestos de manera correspondiente, según la disposición, los sitios de conexión de los elementos de tracción en el pilar central y en los puntales radiales superiores e inferiores. En particular, según el caso de carga y el lugar de emplazamiento de la estructura de soporte vertical, los elementos de tracción pueden estar dispuestos aquí también asimétricamente.

En la invención se ha manifestado como ventajosa la disposición de exactamente un puntal radial superior y un puntal radial inferior en un plano axial común que pasa por un elemento de pie. Asimismo, en la estructura de soporte vertical según la invención pueden estar previstos ventajosamente también, por ejemplo en una respectiva disposición en paralelo, más de tres puntales radiales superiores y/o inferiores en conjunto y/o varios puntales radiales superiores y/o inferiores por cada elemento de pie a fin de mejorar adicionalmente la estabilidad de dicha estructura de conformidad con los requisitos de carga y de construcción. Resultan entonces, por ejemplo, varios puntales radiales superiores con recorrido curvado paralelo. Es ventajoso a este respecto que los puntales de tracción discurren entonces con ambas conexiones entre los puntales radiales superiores paralelos. Ventajosamente, la estructura de soporte vertical puede ser también de configuración rotacionalmente simétrica, de modo que se simplifiquen especialmente la fabricación y el montaje. Para hacer posible una adaptación a un suelo especial, por ejemplo una situación en cuesta, o a un caso de carga especial, por ejemplo en estructuras de cimentación una fuerte corriente constante de agua o de viento, puede estar prevista también ventajosamente una constitución asimétrica de la estructura de soporte vertical según la invención con números y disposiciones diferentes de los puntales radiales superiores e inferiores y los elementos de tracción, así como de sus respectivas conexiones.

Asimismo, se puede conseguir también una adaptación de la estructura de soporte vertical mediante la conformación de los distintos componentes. En particular, en la invención es posible por primera vez y también especialmente

5 ventajoso que los elementos de tracción superiores y/o inferiores y/o los elementos de tracción horizontales están realizados en forma de cables. Esto es posible sin problemas debido a la sollicitación de tracción predominante sobre los elementos de tracción durante el funcionamiento de la estructura de soporte vertical, la cual es ejercida por la carga de flexión sobre los puntales radiales superiores bajo carga. Si, después de un combado extraordinariamente fuerte de corta duración, por ejemplo debido a una sollicitación extraordinaria del viento o de las olas, resulta una reposición correspondiente de los puntales radiales superiores, los elementos de tracción pueden ser sometidos también a esfuerzos de compresión durante breve tiempo. Los cables se relajan entonces, pero no dificultan el proceso de reposición. Sin embargo, a partir de un curvado determinado de los puntales radiales superiores los elementos de tracción están sometidos nuevamente a tracción y evitan con seguridad el pandeo de los puntales radiales superiores. La ventaja especial de la construcción de los elementos de tracción como cables, especialmente cables de acero, puede verse en el enorme ahorro de peso sin pérdida de seguridad. Se simplifican sensiblemente también el transporte y el montaje de la estructura de armazón.

15 El pilar central puede consistir preferiblemente en un tubo de acero que está formado por una sola pieza o por varias piezas y que presenta un contorno exterior lineal. El tubo de acero puede estar constituido también por varias piezas soldadas una con otra. Como alternativa, el pilar central puede consistir también en un perfil de acero en forma de Y. Resulta una ligereza especial junto con una simultáneamente alta estabilidad frente al pandeo. En cada ala del perfil de acero de forma de Y pueden atacar un puntal radial superior y un puntal radial inferior, de modo que en total son tres pares con tres elementos de pie. El puntal radial superior puede consistir también preferiblemente en un tubo de acero de una o varias partes, cuyo eje longitudinal central está curvado en forma convexa. Para la fabricación es especialmente ventajoso que al menos los puntales radiales superiores estén formados por segmentos de tubo de acero lineales o curvados con zonas de unión angulosas. Resulta un segmento de anillo poliédrico correspondiente cuyo eje longitudinal central muestra el recorrido convexamente curvado característico de la invención. Con esta configuración poliédrica es ventajoso entonces también que los elementos de tracción estén dispuestos con sus conexiones exteriores en la región de las zonas de unión angulosas, por ejemplo un poco por encima o un poco por debajo de las mismas. Se evita así con seguridad un pandeo de los puntales radiales exteriores en las zonas de unión.

25 Como alternativa, el puntal radial superior puede consistir también en una placa de acero que esté configurada en forma nervada y presente una relación de aspecto grande en la dirección de la curvatura convexa, es decir que sea muchísimo más alta que ancha. Se obtienen así una estabilización adicional de la estructura de soporte vertical y una reducción del peligro de pandeo. No obstante, la estructura es también más rígida a la flexión frente a la posibilidad de desplazamiento vertical según el caso de carga. Por último, el puntal radial inferior puede consistir también en un tubo de acero de una o varias partes. Como alternativa, el puntal radial inferior puede consistir también en un perfil de acero de forma de T que contrarreste los combados de los puntales radiales inferiores en dirección al suelo en el estado de carga. La selección del tubo o del perfil para el pilar central y para los puntales radiales depende en particular a su vez del estado de carga. En OWEAs grandes se preferirán los tubos, con excepción eventualmente de los puntales radiales, que pueden construirse también como placas en gran tamaño. En caso de una selección de los tubos, el pilar central y los puntales radiales - también el puntal radial superior curvado - pueden estar contruidos aún preferiblemente en forma cónica para lograr un ahorro de material adicional. En este caso, la construcción se caracteriza ventajosamente por un recorrido cónico del contorno exterior del pilar central entre las conexiones interiores de los puntales radiales superiores e inferiores en dirección a la conexión interior del puntal radial inferior y/o por un recorrido cónico del contorno exterior del puntal radial superior y/o el puntal radial inferior en dirección a los elementos de pie. Con un recorrido cónico se reduce continuamente el tamaño de la sección transversal.

45 Otros detalles especiales de la estructura de soporte vertical según la invención pueden deducirse de la parte especial de la descripción. En este punto cabe hacer notar que ciertos detalles no explicados son conocidos para el experto por el estado de la técnica. Se trata a este respecto, por ejemplo, de la clase de cimentación de los elementos de pie, por ejemplo con fundamentos o tubos hincados largos, y de la clase de unión mutua de los distintos elementos en la estructura de soporte vertical, por ejemplo formación de una sola pieza, costuras de soldadura, manguitos, casquillos, uniones atornilladas. Los elementos de tracción en forma de cables de acero pueden fijarse a los puntales radiales y al pilar central, por ejemplo por medio de argollas, manguitos u orejetas o bien pueden enrollarse en bucle alrededor de estos. La fijación de cables de tracción a pilares y puntales es suficientemente conocida, por ejemplo por la construcción de puentes.

Ejemplos de realización

55 La estructura de soporte vertical según la invención se explicará aún con más detalle en lo que sigue ayudándose de las figuras esquemáticas no representadas a escala. Sin embargo, la estructura de soporte vertical reivindicada no se limita aquí a los ejemplos de realización, mostrándose en particular formas de realización con tres elementos de pie y correspondientemente tres puntales radiales superiores e inferiores. No obstante, se pueden materializar también de manera análoga otras formas de realización, por ejemplo con cuatro, cinco, seis o más elementos de pie y correspondientemente cuatro, cinco, seis o más puntales radiales superiores e inferiores. No existe tampoco limitación a una aplicación como estructura de cimentación para obras mar adentro. En particular, las construcciones

esquemáticamente mostradas pueden utilizarse también ventajosamente con dimensiones pequeñas como estructuras de soporte verticales para aparatos electrónicos en el dominio de mesas, estanterías o pisos empleados como suelo.

En particular muestran:

- 5 La figura 1, la especie de radiolarios *Clathrocorys* del estado de la técnica (prior art),
 La figura 2, una vista general esquemática de la estructura de soporte vertical,
 Las figuras 3A..C una estructura de soporte vertical rotacionalmente simétrica en tres vistas,
 Las figuras 4A..D, variantes de la estructura de soporte vertical,
 Las figuras 5A..E, construcciones adicionales para la estructura de soporte vertical,
- 10 La figura 6, un detalle en la zona superior de la estructura de soporte vertical,
 La figura 7 una vista en perspectiva desde arriba de la estructura de soporte vertical y
 La figura 8 una vista en perspectiva desde arriba de la estructura de soporte vertical en ejecución poliédrica con segmentos de tubo lineales.
- 15 La figura 1 muestra la especie de radiolarios *Clathrocorys* del estado de la técnica. Se pueden apreciar cuatro elementos de viga centrales que discurren en forma tetraédrica y que están rodeados en el centro por una cúpula. Entre todos los elementos de viga discurren unas vigas curvadas con una estructura de filigrana. Un gran número de puntales está dispuesto entre los elementos de viga y la cúpula. Esta estructura de construcción ligera, con una utilización mínima de material, es óptimamente adecuada para absorber incluso grandes fuerzas debido a una distribución de carga extraordinariamente homogénea.
- 20 La figura 2 muestra una vista general esquemática de un fragmento de la estructura de soporte vertical 01 para designar los elementos básicos. Se representa un pilar central 02 con un puntal radial superior convexamente curvado 03, un puntal radial inferior 04 y un elemento de pie 05 sobre un suelo 06. El pilar central 02, el puntal radial superior 03 y el puntal radial inferior 04 están insinuados por medio de sus respectivos ejes longitudinales centrales 19, 20, 21. Se puede apreciar bien el recorrido convexamente curvado del eje longitudinal central 20 del puntal radial superior 03. El puntal radial superior 03 está conectado al pilar central 02 en una conexión superior 07 y al elemento de pie 05 en una conexión inferior 08. El puntal radial inferior 04 está conectado al pilar central 02 en una conexión superior 09 y al elemento de pie 05 en una conexión inferior 10. Asimismo, se representan un elemento de tracción superior 11 y un elemento de tracción inferior 12. El elemento de tracción superior 11 está conectado al pilar central 02 en una conexión interior 13 y al puntal radial superior 03 en una conexión exterior 14. El elemento de tracción inferior 12 está conectado al puntal radial inferior 04 en una conexión interior 15 y el puntal radial superior 03 en una conexión exterior 16.
- 25 La introducción de fuerza y la evolución de la fuerza en la estructura de soporte vertical 01 están insinuadas en la vista general por flechas en línea continua. Mediante flechas de trazos se insinúan posibles desplazamientos en la estructura de soporte vertical 01. Asimismo, están insinuados el centro 22 del pilar central 02 entre la conexión superior 07 del puntal radial superior 03 al pilar central 02 y la conexión superior 09 del puntal radial inferior 04 al pilar central 02, el centro 23 del puntal radial superior 03 y el centro 24 del puntal radial inferior 04. La altura H de la conexión superior del puntal radial superior 03 al pilar central 02 por encima del suelo 06 está también dibujada. La conexión superior del puntal radial inferior 04 al pilar central 02 está situada preferiblemente a una altura h en un intervalo de un tercio a la mitad de la altura H.
- 30 Las figuras 3A,B,C muestran las variantes de construcción de la estructura de soporte vertical según la invención en una ejecución de celosía rotacionalmente simétrica (figura 3A en perspectiva, figura 3B en vista lateral y figura 3C en vista en planta). Se representan posibles parámetros de construcción (ubicación de la conexión y radio) para una posible adaptación constructiva de la estructura de soporte vertical 01 al caso de carga en la situación de uso posterior. En este caso, se trata de (1) la conexión superior 09 del puntal radial inferior 04 al pilar central 02, (2) el radio del círculo periférico sobre el cual están dispuestos los elementos de pie 05, (3) la conexión interior 13 del elemento de tracción superior 11 al pilar central 02 y (4) la conexión interior 15 del elemento de tracción inferior 12 al puntal radial inferior 04. Las figuras 4A,B,C,D muestran posibles variaciones constructivas de la estructura de soporte vertical 01 según la invención con estos parámetros.
- 35 Las figuras 4A,B,C,D muestran posibles variaciones constructivas de la estructura de soporte vertical 01 según la invención con estos parámetros.
- 40 En el supuesto de las cargas extremas seguidamente citadas (tres fuerzas de traslación, tres fuerzas de rotación) a una altura de 48 m sobre el suelo (F_x -2024 kN, F_y -2483 kN, F_z -10130 kN, M_x 160.160 kNm, M_y 148.700 kNm, M_z -11.740 kNm) se pueden suponer, por ejemplo, las situaciones siguientes de las conexiones en los intervalos de valores siguientes:
- 45
- 50

Parámetro		Sobre el suelo	Límite superior	Límite inferior
Conexión central	(1)	19,40 m	+ 3,90 m	- 3,90 m
Radio del círculo periférico	(2)	21,70 m	+ 8,60 m	- 4,30 m
Conexión superior	(3)	Centrada entre 07 y 09	+ 5,60 m	- 5,60 m
Conexión inferior	(4)	Centrada en 02	+ 5,70 m	- 5,70 m
Espesor del material*		0,08 m	+ 0,03 m	- 0,03 m
*Apto para mar adentro acero S355 (isótropo) con una densidad $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$, un módulo $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$, un coeficiente de Poisson $\nu = 0,3$ y un límite de alargamiento en función del espesor del material entre 335 y 355 N/mm^2 .				

5 El pilar central 02 puede consistir en un tubo de acero con un diámetro de 1750 mm. Los puntales radiales superiores e inferiores 03 y 04 pueden construirse como tubos de acero con un diámetro de 1422 mm. Los puntales radiales superiores 03 pueden construirse también como placas de acero con una relación de aspecto grande en la dirección del combado, con lo que resulta un seguro adicional frente a pandeo de los puntales radiales superiores convexamente curvados 03. Lo mismo rige cuando el pilar central 02 y los puntales radiales inferiores 04 consisten en angulares de acero, por ejemplo en forma de Y (para el pilar central 02) o en forma de T (para los puntales radiales inferiores 04). Los elementos de tracción superiores e inferiores 11, 12 pueden estar contruidos como tubos de acero con un diámetro de 1321 mm. En conjunto, se puede obtener por vía de cálculo para la estructura de cimentación 01 un peso entre 360 t y 415 t. Como alternativa, al menos los elementos de tracción superiores 11 pueden estar contruidos también como cables, especialmente cables de acero, con una sección transversal de, por ejemplo, 30 mm. Se puede conseguir así una reducción de peso adicional hasta un rango de tan sólo 300 t. No obstante, bajo una carga sobre la estructura de soporte vertical 01 en un rango de 250 t se obtiene entonces por vía de cálculo un desplazamiento vertical de solamente 100 mm para la estructura de soporte vertical 01 (máximo admisible 300 mm).

10 Las figuras 5A...E muestran esquemáticamente otra ejecución constructiva posible de la estructura de soporte vertical 01 según la invención, tratándose aquí de representaciones de estudio. Como variante más favorable se ha manifestado la forma de realización detalladamente descrita según *Clathrocorys*. Las formas de realización según las figuras 5A, B, D y E se basan también en *Clathrocorys*, y la forma de realización según la figura 5C se asemeja a la forma de realización según la figura 5C se asemeja al género de radiolarios *Callimitra*.

15 En la figura 5A se representa una ejecución con dos respectivos puntales radiales superiores paralelos convexamente curvados y con travesaños entre ellos. La figura 5B muestra una ejecución con tres respectivos puntales radiales superiores paralelos convexamente curvados y con travesaños entre ellos. En esta forma de realización se puede apreciar que los elementos de tracción pueden también discurrir curvados o tener forma de horquilla. En la figura 5C se representa una ejecución con cuatro respectivos puntales radiales superiores paralelos convexamente curvados y con travesaños entre ellos. La figura 5D muestra una ejecución con el puntal radial superior convexamente curvado 03, un puntal radial adicional convexamente curvado 29 y un puntal radial interior 30, describiendo el puntal radial superior 03 un radio de arco más grande que el del puntal radial superior adicional 29, que a su vez describe un arco mayor que el del puntal radial interior 30. Se pueden apreciar otros elementos de tracción cortos 31 entre el puntal radial superior 03 y el puntal radial superior adicional 29, y unos elementos de tracción largos 30, que pueden estar realizados especialmente como cables, entre el puntal radial superior adicional 29 y el puntal radial interior 30. Además de evitar el pandeo del puntal radial superior 03 por medio de los elementos de tracción 31, 32, se consigue una estabilidad propia gracias a la unión de los puntales radiales 03, 29, 30 con radio de arco diferente, de modo que se dificulta un pandeo tanto hacia fuera como hacia dentro. Por último, en la figura 30 5E se representa una ejecución según la figura 5D con una disposición horizontal adicional de puntales radiales superiores 03, los puntales radiales superiores adicionales 29 y puntales radiales interiores 30 entre los puntales radiales inferiores 04. La estabilización se efectúa nuevamente por medio de elementos de tracción cortos 31 y elementos de tracción largos 32. Esta ejecución está contruida como simétrica en todos los planos y es particularmente conveniente para la estabilización adicional de los puntales radiales inferiores 04.

35 La figura 6 muestra un detalle de la estructura de soporte vertical 01 en su zona superior con una disposición de tres elementos de tracción superiores 11 en forma de cables y unos elementos de tracción horizontales adicionales 18, también en la versión de cables 17, que discurren con sus conexiones 25 entre los puntales radiales superiores 03.

40 La figura 7 muestra la vista en perspectiva desde arriba de la estructura de soporte vertical 01 según la invención en una construcción rotacionalmente simétrica. Se representa el pilar central 02 con tres puntales radiales inferiores 04. Desde una superficie de apoyo 26 discurren los tres puntales radiales superiores convexamente curvados 03 hasta los elementos de pie 05, que reciben también los puntales radiales inferiores 04. Asimismo, se representan también los elementos de tracción superiores 11 y los elementos de tracción inferiores 12.

45 La figura 8 muestra una forma de realización de la estructura de soporte vertical 01 según la invención con una conformación de los puntales radiales superiores 03 a base de segmentos de tubo de acero lineales 27 con zonas de unión angulosas 28. Resulta un segmento poliédrico de forma anular. En este caso, unos elementos de tracción superiores e inferiores 11, 12 están dispuestos con sus conexiones exteriores 14, 16 en la región de las zonas de

unión angulosas 28.

Lista de símbolos de referencia

	01	Estructura de soporte vertical
	02	Pilar central
5	03	Puntal radial superior convexamente curvado
	04	Puntal radial inferior
	05	Elemento de pie
	06	Suelo
	07	Conexión superior de 03 a 02
10	08	Conexión inferior de 03 a 05
	09	Conexión superior de 04 a 02
	10	Conexión inferior de 04 a 05
	11	Elemento de tracción, arriba
	12	Elemento de tracción, abajo
15	13	Conexión interior de 11 a 02
	14	Conexión exterior de 11 a 03
	15	Conexión interior de 12 a 04
	16	Conexión exterior de 11 a 03
	17	Cable
20	18	Elemento de tracción horizontal
	19	Eje longitudinal central de 02
	20	Eje longitudinal central de 03
	21	Eje longitudinal central de 04
	22	Centro de 02 entre 07 y 09
25	23	Centro de 03
	24	Centro de 04
	25	Conexión de 18 a 03
	26	Superficie de apoyo
	27	Segmento de tubo de acero
30	28	Zona de unión angulosa
	29	Puntal radial superior adicional
	30	Puntal radial superior interior
	31	Elemento de tracción corto
	32	Elemento de tracción largo
35	H	Altura de 07 sobre 06
	h	Altura de 09 sobre 06

REIVINDICACIONES

1. Estructura de soporte vertical (01) que comprende un pilar central (02) verticalmente orientado, no unido con el suelo (06) y dotado de una superficie de apoyo superior para una construcción, al menos tres elementos de pie (05) unidos alrededor del pilar central (02) con el suelo (06) y, por cada elemento de pie (05), al menos un puntal radial superior (03) y un puntal radial inferior (04) con un respectivo eje longitudinal central (20, 21), una respectiva conexión superior (07, 09) al pilar central (02) y una respectiva conexión inferior (08, 10) al elemento de pie (05), **caracterizada** por un recorrido convexamente curvado de los ejes longitudinales centrales (20) de los puntales radiales superiores que comienza en la conexión superior (07) de los puntales radiales superiores (03) al pilar central (02), y por una disposición de al menos un elemento de tracción (11, 12) para cada puntal radial superior (03) que sirve para la compensación de fuerzas de pandeo y que lleva una conexión exterior (14, 16) al puntal radial superior (03) y una conexión interior (13, 15) al pilar central (02) o al puntal radial inferior (04) o a un puntal radial superior adicional (29) asociado a través del elemento de pie (05).
2. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por un recorrido convexamente curvado del eje longitudinal central (19) del puntal radial superior (03) al menos hasta su centro (23).
3. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por una disposición de al menos un elemento de tracción superior (11) con su conexión exterior (14) por encima del centro (23) del puntal radial superior (03) y con su conexión interior (13) por encima del centro (22) del pilar central (02) entre las conexiones superiores (07, 09) del puntal radial superior (03) y el puntal radial inferior (04), y al menos un elemento de tracción inferior (12) con su conexión exterior (16) por debajo del centro (23) del puntal radial superior (03) y con su conexión interior (15) en la zona del centro (24) del puntal radial inferior (04) conectado al mismo elemento de pie (05) que el puntal radial superior (03).
4. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por una conexión superior (09) del puntal radial inferior (04) al pilar central (02) a una altura (h) sobre el suelo (06) de un tercio a la mitad de la altura (H) de la conexión superior (07) del puntal radial superior (03) sobre el suelo (06).
5. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por elementos de tracción horizontales adicionales (18) con ambas conexiones (25) entre los puntales radiales superiores (03) por encima de su centro (23).
6. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por varios puntales radiales superiores y/o inferiores (03, 04) por cada elemento de pie (05).
7. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por una configuración rotacionalmente simétrica de la estructura de soporte vertical (01).
8. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por un recorrido convexamente curvado de los ejes longitudinales centrales (21) de también los puntales radiales inferiores (04), que comienza en la conexión superior (09) de los puntales radiales inferiores (03) al pilar central (02).
9. Estructura (01) según la reivindicación 5, **caracterizada** por una configuración de los elementos de tracción superiores y/o inferiores (11, 12) y/o los elementos de tracción horizontales (18) como cables (17), una configuración del pilar central (02) como un tubo de acero o un perfil de acero de una o varias piezas, una configuración del puntal radial superior (03) como un tubo de acero de una o varias piezas o una placa de acero y/o una configuración del puntal radial inferior (04) como un tubo de acero o un perfil de acero de una o varias piezas.
10. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 9, **caracterizada** por una configuración de los cables (17) como cables de acero, una configuración del pilar central (02) como un perfil de acero de forma de Y y/o una configuración del puntal radial inferior (04) como un perfil de acero de forma de T.
11. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 9, **caracterizada** por una configuración de al menos los puntales radiales superiores (03) a base de segmentos de tubo de acero lineales o curvados (27) con zonas de unión angulosas (28).
12. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 11, **caracterizada** por unas conexiones exteriores (14, 16) de los elementos de tracción (11, 12) en la región de las zonas de unión angulosas (28).
13. Estructura de soporte vertical (01) según la reivindicación 1, **caracterizada** por un recorrido cónico del contorno exterior del pilar central (02) desde las conexiones superiores (07) de los puntales radiales superiores (03) al pilar central (02) hasta las conexiones superiores (09) de los puntales radiales inferiores (04) y/o un recorrido cónico del contorno exterior de los puntales radiales superiores (03) y/o los puntales radiales inferiores (04) desde sus conexiones superiores (07, 09) al pilar central (2) hasta los elementos de pie (05).

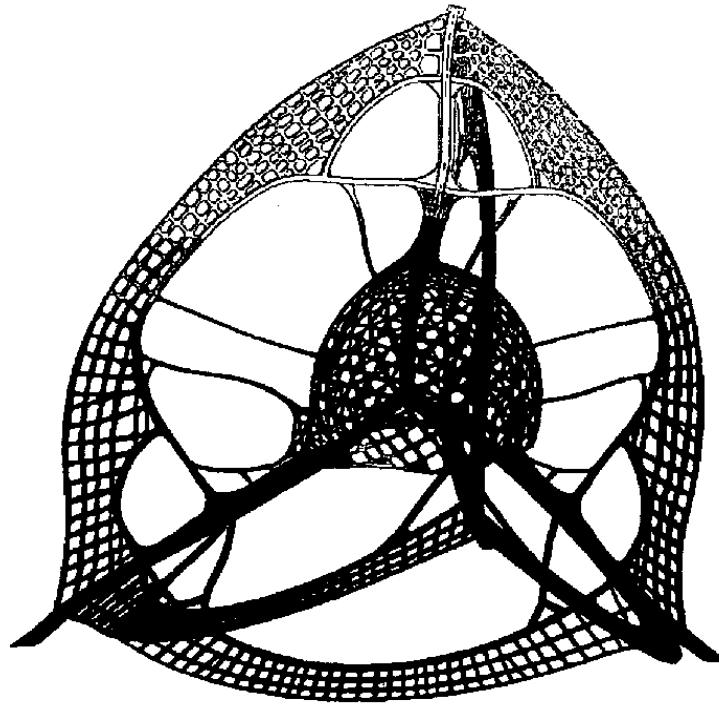


Fig.1
técnica anterior

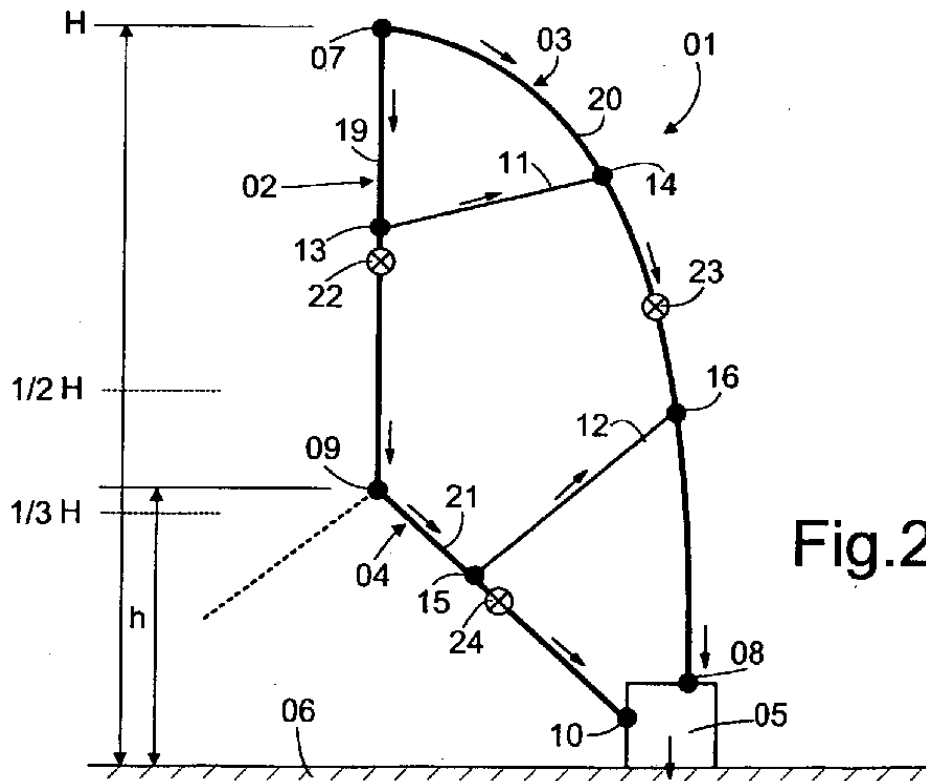


Fig.2

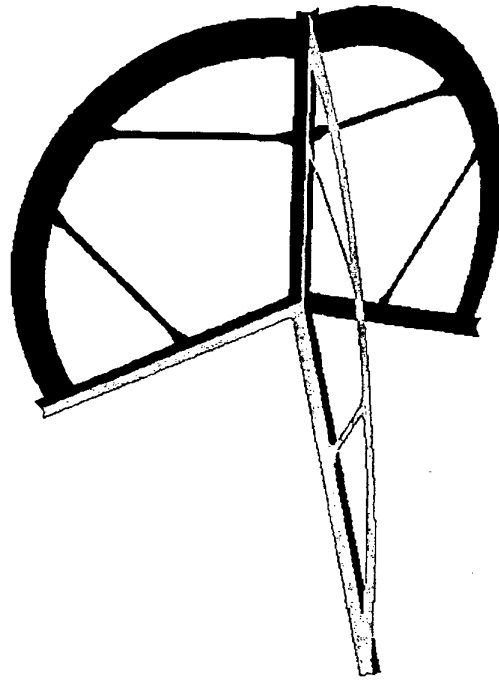


Fig.3A

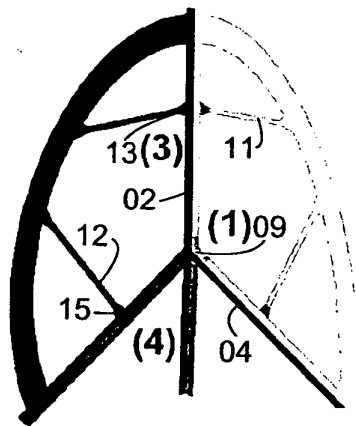


Fig.3B

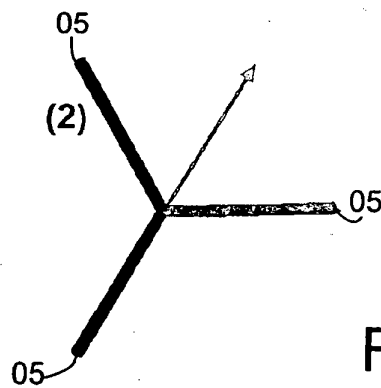


Fig.3C

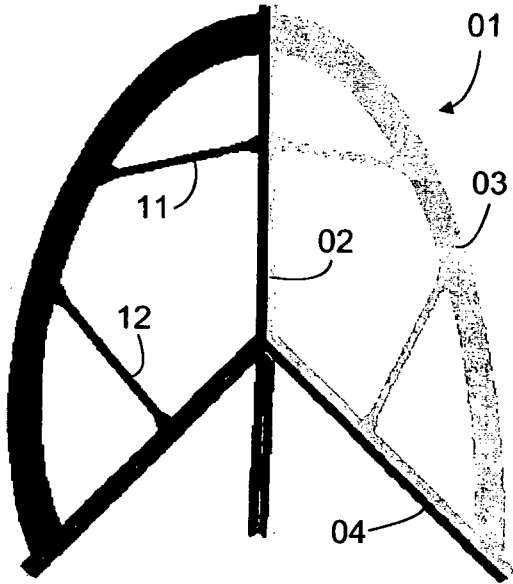


Fig.4A

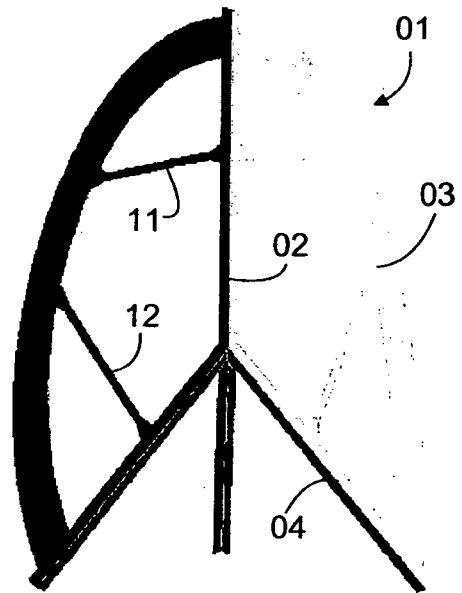


Fig.4B

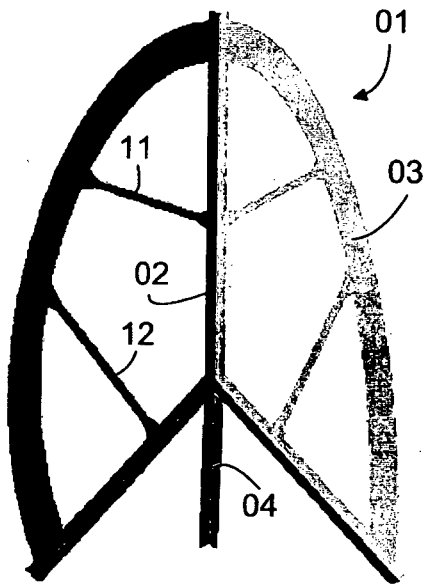


Fig.4C

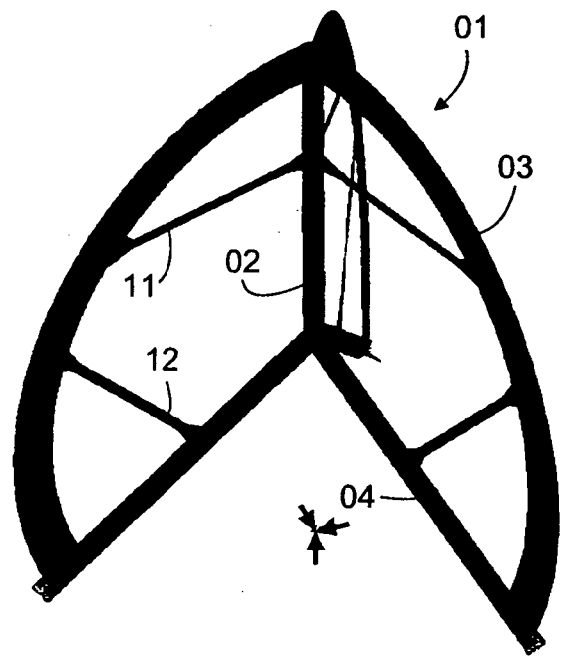


Fig.4D

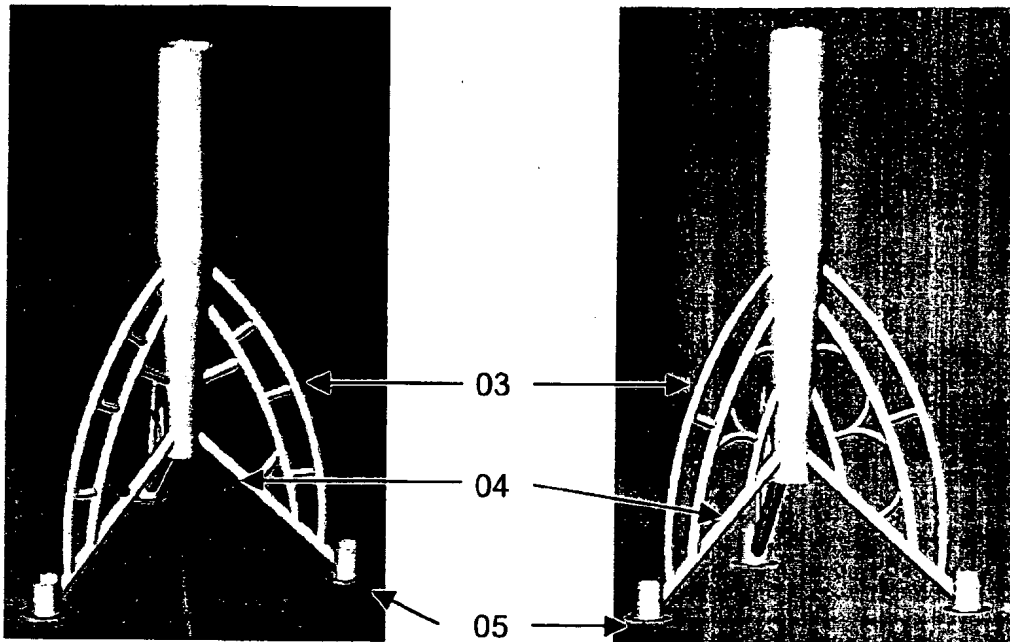


Fig.5A

Fig.5B

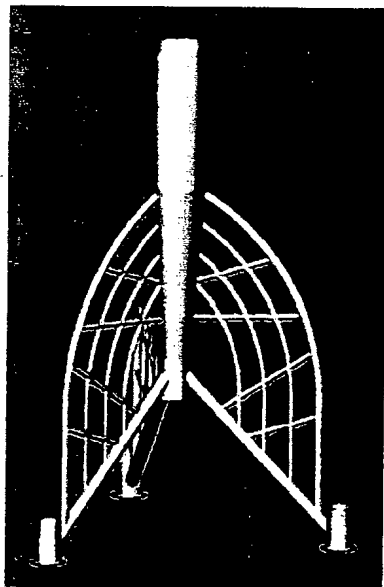


Fig.5C

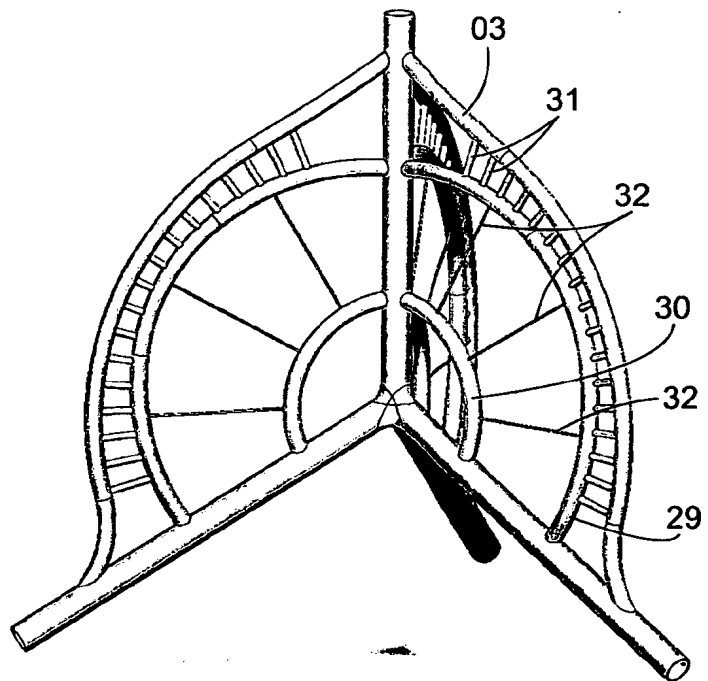


Fig.5D

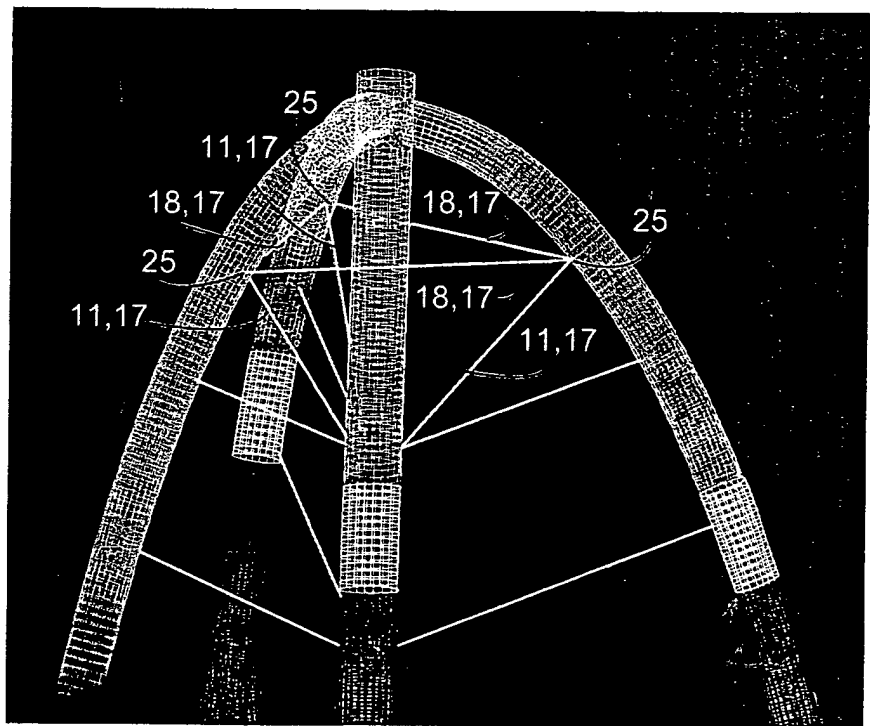
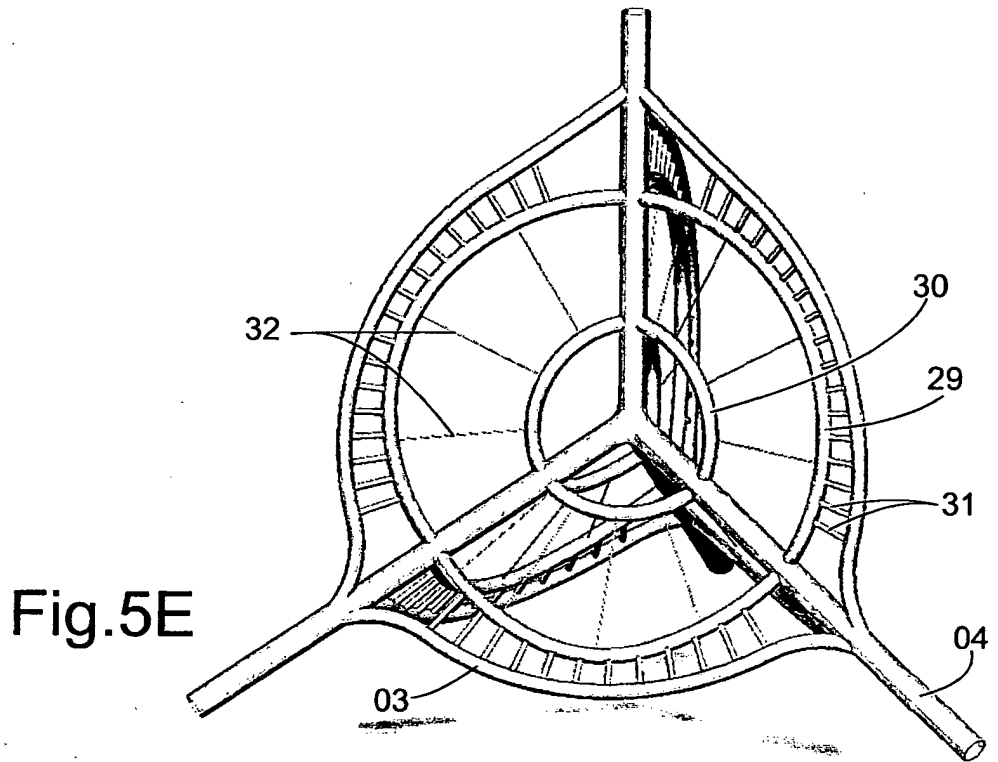


Fig.6

