

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2013.02.01</b>	(73) Titular(es): <b>VALLOUREC DEUTSCHLAND GMBH</b> <b>THEODORSTRASSE 109 40472 DUSSELDORF</b> <b>DE</b>
(30) Prioridade(s): <b>2012.02.03 DE</b> <b>102012100901</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2014.07.16</b>	(72) Inventor(es): <b>RALF HOJDA</b> DE <b>ANDREAS DENKER</b> DE <b>NICO GENGE</b> DE <b>OLE JOSAT</b> DE <b>CLAAS BRUNS</b> DE
(45) Data e BPI da concessão: <b>2015.11.18</b> <b>028/2016</b>	(74) Mandatário: <b>MARIA DO ROSÁRIO MAY PEREIRA DA CRUZ</b> <b>AV DUQUE DE ÁVILA, 66, 7º 1050-083 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **CONSTRUÇÃO DE FUNDAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO OFFSHORE, NOMEADAMENTE, UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA CUJA MONTAGEM SEJA DE BAIXO RUÍDO E OS RESPECTIVOS PROCESSOS DE MONTAGEM**

(57) Resumo:

A INVENÇÃO REFERE-SE A UMA ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO (1) DE UMA INSTALAÇÃO OFFSHORE, NOMEADAMENTE, UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE, COM PELO MENOS UM ELEMENTO DE FUNDAÇÃO ANCORÁVEL NO FUNDO DO MAR, COM EXCLUSÃO DE UMA FUNDAÇÃO POR GRAVIDADE E COM EXCLUSÃO DE UMA FUNDAÇÃO FLUTUANTE, E UMA ESTRUTURA DE SUPORTE (2) FIXADA NELE PARA A FIXAÇÃO DA INSTALAÇÃO OFFSHORE. DE ACORDO COM A INVENÇÃO, A FIM DE CONSEGUIR UM ELEVADO NÍVEL DE COMPATIBILIDADE COM O AMBIENTE DA ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO (1) DURANTE A INSTALAÇÃO E UMA INSTALAÇÃO SIMPLES E ECONÓMICA, O ELEMENTO DE FUNDAÇÃO É UMA ESTACA (5) QUE PODE SER INTRODUZIDA NO FUNDO DO MAR ATRAVÉS DE FURAÇÃO E/OU ATRAVÉS DE VIBRAÇÃO, QUE PODE SER FIXADA NO FUNDO DO MAR COM UM MATERIAL ORGÂNICO E/OU INORGÂNICO E QUE ESTÁ ALINHADA FORMANDO UM DETERMINADO ÂNGULO EM RELAÇÃO A UMA VERTICAL SOBRE O FUNDO DO MAR. A INVENÇÃO REFERE-SE IGUALMENTE A UM PROCESSO PARA A INSTALAÇÃO DESTA ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO (1) NO FUNDO DO MAR (4) EM QUE, EM PRIMEIRO LUGAR, O ELEMENTO DE ACOPLAMENTO (3) É ANCORADO COM A AJUDA DAS ESTACAS (5) INTRODUZIDAS NO FUNDO DO MAR (4) E, A SEGUIR, A ESTRUTURA DE SUPORTE (2) É LIGADA AO ELEMENTO DE ACOPLAMENTO (3).

## DESCRIBÇÃO

CONSTRUÇÃO DE FUNDAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO OFFSHORE,  
NOMEADAMENTE, UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA CUJA  
MONTAGEM SEJA DE BAIXO RUÍDO E OS RESPECTIVOS PROCESSOS  
DE MONTAGEM

A presente invenção refere-se a uma construção de fundação de uma instalação offshore, nomeadamente, uma instalação de energia eólica offshore, com pelo menos um elemento de fundação ancorável no fundo do mar, com exclusão de uma fundação por gravidade e com exclusão de uma fundação flutuante, e uma estrutura de suporte fixada nele para a fixação da instalação offshore.

A invenção refere-se igualmente a um processo para a montagem desta construção de fundação no fundo do mar.

No contexto da presente invenção, o termo instalações offshore inclui plataformas offshore e instalações de energia eólica offshore.

As plataformas offshore incluem também as chamadas plataformas de perfuração flutuantes.

As fundações geralmente conhecidas para instalações offshore, nomeadamente instalações de energia eólica offshore (OWEA), podem ser divididas em duas áreas construtivas.

A primeira área construtiva é uma estrutura de suporte sujeita a grandes fadigas que começa no fundo do mar e termina numa flange de ligação à torre da OWEA.

A flange de ligação suporta a torre e uma turbina da OWEA e dissipa as cargas e os efeitos provocados por estas.

A segunda área construtiva é um elemento de fundação que absorve as cargas exercidas pela estrutura de suporte, a torre e a turbina eólica introduzindo-as no solo, e que se encontra abaixo da estrutura de suporte no fundo do mar.

Assim, toda a OWEA é constituída pela fundação com o elemento de fundação e a estrutura de suporte bem como a torre e a turbina.

Para a fundação de uma OWEA no fundo do mar, é conhecida da DE 20 2010 010 094 U1 a utilização das chamadas estacas de ancoragem (piles) como elementos de fundação que, consoante a construção, apresentam um diâmetro entre cerca de 1,5 m e cerca de 6 m.

A quantidade de estacas usadas depende da respetiva estrutura de suporte.

De acordo com o estado atual da técnica são conhecidas várias construções de aço como estruturas de suporte que são fundadas, por exemplo, com a ajuda de estacas de ancoragem: monopile, jacket, tripile e tripod.

Uma estrutura de suporte jacket, conhecida da EP 2 067 913 A2, é fixada no fundo do mar com quatro estacas de ancoragem, enquanto os tripiles e tripods necessitam de três estacas de ancoragem com um diâmetro maior.

Um monopile necessita de apenas uma estaca de ancoragem mas que, em comparação com outras fundações, apresenta um diâmetro significativamente maior.

Além disso, é conhecida da DE 20 2011 101 599 U1 uma estrutura de suporte hexagonal que é fundada com seis estacas.

Conforme a construção e a qualidade do solo, as estacas são fincadas no fundo do mar até a uma profundidade de 65 metros.

Chegam a ter um peso aproximado de 220 a 700 toneladas, consoante a qualidade do solo e a escolha da estrutura de suporte.

Os extremos inferiores da estrutura de suporte, os pés da estrutura de suporte, podem ser ligados às estacas de fundação por forma a introduzir os pés da estrutura de suporte nas estacas de fundação já fincadas que possuem um diâmetro maior.

A seguir, a estaca de fundação e o pé da estrutura de suporte são interligados, por exemplo, através de uma mistura de cimento especial (ligação grout).

Para além da possibilidade de fundação com estacas de ancoragem, são conhecidas da DE 10 2010 012 094 B3 também fundações por gravidade como fundações para instalações de energia eólica offshore.

Estas são constituídas por betão armado e podem pesar até cerca de 7000 toneladas.

Além disso, é conhecida do pedido de patente internacional WO 2011/030167 A1 uma fixação de turbinas de centrais maremotrizes abaixo do nível do mar através de estacas injetadas introduzidas verticalmente no fundo do mar.

A utilização de estacas injetadas em instalações de energia eólica offshore é descrita no pedido de patente americana US 2011/0061321 A1.

No entanto, as estacas injetadas são utilizadas juntamente com uma fundação por gravidade, sendo uma espécie de solução híbrida.

Além disso, na patente britânica GB 880 467 é descrita a utilização de estacas de ancoragem para a fixação de estruturas de fundação tipo mastro reticular no fundo do mar.

O pedido de patente americana US 2011/0293379 A1 apresenta estruturas de ancoragem tipo mastro reticular fixadas no fundo do mar com a ajuda de estacas injetadas, onde são fixadas amarras de instalações offshore flutuantes, à maneira de uma fundação flutuante.

O processo de autorização para a construção de parques eólicos offshore influencia de modo significativo a escolha das técnicas a usar no offshore.

Responsável para este processo de autorização na Alemanha é o Instituto Federal para a Navegação e a Hidrografia (BSH).

Quando surgem questões ou conflitos relacionados com o tema proteção da natureza, o processo diz respeito também ao Organismo Federal para a Conservação da Natureza (BfN).

No referente às estruturas de suporte e elementos de fundação, é decidido no processo de autorização se a construção, constituída pelo elemento de fundação e a estrutura de suporte, proposta pelo operador pode ser utilizada.

Na decisão são tidos em consideração aspetos relacionados com o ambiente mas também requisitos técnicos.

No que diz respeito à execução das OWEAs é dada especial relevância a soluções respeitadoras do ambiente que evitam ou reduzem a impermeabilização do fundo do mar.

Atualmente, dependendo da profundidade da água, competem entre si substancialmente seis estruturas de fundação diferentes, monopile, fundações por gravidade, tripod, tripile, jacket e uma ancoragem flutuante.

Com exceção das fundações por gravidade, todas as estruturas são fundadas, geralmente, em estacas de ancoragem.

Os bate-estacas pesados utilizados para o processo de fincagem provocam emissões consideráveis a nível de ruído e vibrações.

Estas emissões são libertadas tanto no ar como na água e representam um impacto significativo para a natureza e o ambiente.

As espécies ameaçadas são, entre outras, as populações de peixes, as focas-comuns e as focas-cinzentas, as baleias, sobretudo as toninhas, e a fauna do solo (bentos).

O valor-limite da pressão sonora situa-se atualmente em 160 dB a uma distância de 750 m da fonte de emissão.

No entanto, normalmente, este valor é claramente ultrapassado na fincagem.

Devido ao impacto sobre o ambiente marítimo, os operadores de parques eólicos e as empresas de instalação são obrigados a tomar medidas de silenciação quando executam os trabalhos de fincagem.

Mas estes ainda se encontram na fase de experiência. Entre outros, é usado o chamado borbulhamento.

Porém, até ao momento não está esclarecido se o isolamento acústico é o suficiente para ficar abaixo do valor limite.

Além disso, o borbulhamento é sensível a correntes marítimas, sendo o seu efeito isolador reduzido.

Além disso, a utilização do borbulhamento é demorada e dispendiosa e, por isso, pouco rentável.

Tendo em conta a compatibilidade com o ambiente, também as fundações por gravidade são avaliadas criticamente.

As fundações por gravidade são fabricadas de betão armado e, devido à sua forma e o seu princípio de funcionamento,

apresentam, em comparação com outras soluções, uma elevada ocupação do solo impermeabilizando o fundo do mar na área das fundações onde este então deixa de poder ser usado pela fauna e flora do solo.

Além disso, este tipo de fundações necessita de uma preparação complicada e demorada do solo.

Por isso, as fundações de instalações de energia eólica offshore são realizadas, normalmente, com estacas e não por gravidade.

Para os cálculos estáticos e dinâmicos da carga sobre o fundo do mar são necessárias, para além disso, análises geológicas em cada potencial local de implantação.

Estas são demoradas e dispendiosas.

Um outro ponto importante no processo de autorização diz respeito à garantia que as OWEAs sejam removidas após a sua utilização.

A vida útil de uma OWEA é indicada com 20 a 25 anos.

Após a desativação deve ser feita a desmontagem durante a qual têm de ser removidas as estacas de ancoragem ou as fundações por gravidade.

O objetivo da invenção é a indicação de uma construção de fundação de uma instalação offshore, nomeadamente de uma instalação de energia eólica offshore, cuja instalação seja de baixo ruído, e os respetivos processos de montagem que apresentem uma elevada compatibilidade com o



ambiente na instalação e que sejam realizáveis de forma simples e económica.

Este objetivo foi atingido por uma construção de fundação com as características da reivindicação 1 e um processo de montagem com as características da reivindicação 23.

Conceções vantajosas da construção de fundação são indicadas nas reivindicações 1 a 22 e 24 e 25.

A teoria da invenção abrange uma construção de fundação de uma instalação offshore, nomeadamente uma instalação de energia eólica offshore, com pelo menos um elemento de fundação ancorável no fundo do mar, com exclusão de uma fundação por gravidade e com exclusão de uma fundação flutuante, e uma estrutura de suporte fixada nele para a fixação da instalação offshore, caracterizada por o elemento de fundação ser uma estaca que pode ser introduzida no fundo do mar por furação e/ou vibração, que pode ser fixada no fundo do mar com um material orgânico e/ou inorgânico e que está alinhada formando um determinado ângulo em relação a uma vertical sobre o fundo do mar.

Com a ancoragem por estacas que podem ser introduzidas no fundo do mar através de furação e/ou através de vibração, a presente invenção apresenta uma construção de fundação económica, rápida e favorável para o ambiente que permite satisfazer, sem problemas, todos os requisitos em matéria ambiental.

O material orgânico e/ou inorgânico é, de preferência, endurecível para realizar uma fixação rápida e duradoura da estaca no fundo do mar.

No contexto da invenção, a expressão "com exclusão de uma fundação por gravidade e com exclusão de uma fundação flutuante" significa que a construção de fundação é concebida de acordo com um dos seguintes tipos: monopile, tripod, quadropod, tripile e jacket.

A expressão "formando um determinado ângulo em relação a uma vertical sobre o fundo do mar" significa uma perpendicular em relação à superfície do fundo do mar, ou seja, uma reta perpendicular ao fundo do mar.

Deste modo, num fundo do mar horizontal, a vertical sobre o fundo do mar é uma vertical no espaço e, num fundo do mar inclinado em relação a uma horizontal, a vertical sobre o fundo do mar é uma reta com um determinado ângulo em relação a uma vertical no espaço.

Num fundo do mar convexo, refere-se à respetiva tangente.

Além disso, o termo "vibração" deve ser entendido como pulsação dirigida verticalmente para baixo e aplicada na estaca, ao contrário da fincagem com a aplicação de marteladas individuais numa estaca de ancoragem, para assim criar uma diferenciação.

A vibração é denominada também de oscilação.

De acordo com a teoria da invenção, a vantagem principal está no facto de não haver a necessidade de fincar a estacas, uma vez que são utilizadas estacas que podem ser introduzidas no fundo do mar através de furação e/ou através de vibração.

Estas estacas em conformidade com a invenção podem ser introduzidas no terreno da construção com baixo ruído e com baixo impacto ambiental, através de furação e/ou através de vibração.

Em comparação com as soluções conhecidas, a construção da fundação de acordo com a invenção pode ser realizada mais fácil e rapidamente sendo, assim, uma solução claramente mais económica.

Os trabalhos de fincagem ruidosos e demorados tornam-se desnecessários.

Graças à fundação mediante as estacas em conformidade com a invenção, fica-se claramente aquém do valor limite permitido de 160 dB.

Enquanto os processos de fincagem atuais produzem até cerca de 230 dB, na instalação de uma OWEA segundo a presente invenção, são emitidos durante a introdução de uma estaca no solo, por exemplo por furação, apenas cerca de 65 dB de intensidade sonora, por isso, no processo de instalação não são necessárias soluções de silenciação complicadas como, por exemplo, o borbulhamento.

Os tempos de instalação dos offshore podem ser reduzidos e, por conseguinte, também a dependência de condições meteorológicas estáveis.

As estacas segundo a invenção podem ser introduzidas no solo como estacas de fundação, com rapidez e baixo nível de ruído e de vibração.

A estaca de fundação é introduzida no solo através de furação, sendo criado um espaço anelar entre o furo e a estaca, a qual pode ser fixada no fundo do mar por um material orgânico e/ou inorgânico endurecível como, por exemplo, argamassa de cimento que é introduzida ao mesmo tempo ou a seguir ao processo de furação, sendo o enchimento feito em todo o comprimento do terreno de construção.

A carga que tem de ser absorvida no estado de funcionamento, é transferida através da ligação entre a estaca e o material injetado ao longo de todo o comprimento da estaca, realizando-se a transferência da carga para o solo através de atrito superficial.

Conforme a carga a absorver e a qualidade do solo, é escolhida a quantidade de estacas necessárias e a inclinação das estacas em relação à vertical do fundo do mar.

Para aumentar a absorção da carga, as estacas são fixadas a nível do fundo do mar de forma inclinada em relação à vertical.

De preferência, o ângulo da estaca em relação à vertical é de 5 a 85°, sobretudo 10 a 45°.

Deste modo, as cargas transferíveis para o fundo do mar podem ser aumentadas.

De forma principalmente vantajosa está previsto que a estaca apresente um diâmetro mínimo de 60 mm.

Numa forma de concepção especial, pelo menos uma estaca transfere as cargas para o fundo do mar em todas as direções.

Deste modo, as cargas horizontais transferíveis para o fundo do mar podem ser ainda mais aumentadas, em comparação com as estacas verticalmente introduzidas.

Por isso, ainda está previsto de forma favorável que o elemento de fundação seja constituído por várias estacas formando um sistema de fundação.

Para aumentar ainda mais as cargas transferíveis para o fundo do mar, são colocadas no fundo do mar pelo menos três estacas, de tal modo que as suas extensões longitudinais apontam em três direções entre si divergentes.

De acordo com uma outra teoria da invenção, a estaca é, de preferência, uma estaca de ancoragem com um tubo de aço nervurado como elemento de suporte que, ao mesmo tempo, serve como haste de perfuração perdida, como tubo de injeção e como elemento de suporte de aço (elemento armado) permanente.

Como material para a estaca pode ser usado um aço de construção como, por exemplo, o S 355 J2H ou o S 460NH.

Graças à utilização das estacas, a construção em conformidade com a invenção pode ser sujeita à tração, pressão, flexão e fadiga.

Deste modo, podem ser absorvidos e transferidos todos os efeitos aero-servo-hidro-elásticos.

Uma outra característica essencial da construção em conformidade com a invenção é a possibilidade de prever ligações amovíveis que facilitam consideravelmente a montagem e desmontagem da construção.

De acordo com o atual estado da técnica, as soluções offshore devem ser soldadas em terra, próxima da costa, e depois transportadas de barco.

Tendo em conta o tamanho de tais construções, um transporte por estrada não é possível, por isso, a produção terá de ter lugar próximo de um porto que possua as infraestruturas adequadas.

Daí resulta uma logística dispendiosa e demorada, e a escolha de um local de produção está limitada a um número reduzido de localizações.

A invenção permite que os componentes da OWEA sejam facilmente montáveis e desmontáveis, graças às ligações amovíveis como ligações por parafusos, baioneta ou similares.

Deste modo, os componentes podem ser construídos independentemente do local, até a um tamanho que ainda permita o transporte, e seguidamente levados a um porto de embarque e ligados aí ou num barco de montagem.

Além disso, a amobilidade das ligações faz com que o requisito da desmontagem possa ser satisfeito com maior facilidade e menos custos.

De acordo com uma evolução vantajosa da invenção, as estacas e a estrutura de suporte são ligadas através de um elemento de acoplamento separado, de preferência, de forma amovível.

A ligação entre o elemento de acoplamento e a estrutura de suporte e a ligação entre o elemento de acoplamento e a estaca podem ser realizadas por uma união de material e/ou união por aderência e/ou união de forma.

Para esse efeito, o elemento de acoplamento apresenta as respectivas ligações para a fixação tanto da estrutura de suporte como das estacas, sendo que, por exemplo, num monopile a ligação para a fixação da estrutura de suporte pode estar, por exemplo, no centro do respetivo elemento de acoplamento e as ligações para a fixação das estacas, por exemplo, nos cantos do elemento de acoplamento.

Uma outra característica vantajosa da invenção prevê que o elemento de acoplamento seja concebido como elemento de estrutura reticular, constituído, de preferência, por tubos.

Os tubos podem ser concebidos como tubos fabricados por laminagem a quente sem costura e/ou moldagem a frio e/ou soldadura a partir de bandas a quente e/ou perfis com seção aberta e, conforme for necessário, podem apresentar geometrias de seção iguais ou diferentes, como uma seção redonda ou angulada, triangular, retangular, quadrada ou poligonal ou uma combinação destas.

Uma vez que os elementos de acoplamento têm de encaminhar a carga da instalação de energia eólica através da

estrutura de suporte para as fundações de estacas estando, por isso, sujeitos a cargas mecânicas muito elevadas, foram realizadas análises exaustivas, a fim de obter estruturas de fundação otimizadas.

Como resultado, o elemento de estrutura reticular é concebido, vantajosamente e em conformidade com a carga, como estrutura tridimensional, com forma de cubo, tronco de tetraedro, cone ou tronco de pirâmide e com uma superfície de base circular, triangular, retangular ou poligonal.

O elemento de estrutura reticular apresenta, vantajosamente, uma estrutura de Vierendeel, de trama ou de treliça para poder absorver as cargas da melhor forma possível.

Com uma superfície de base circular, as estacas são dispostas, de preferência, de forma circular.

Se o elemento de estrutura reticular apresentar uma superfície de base angulada, são dispostas estacas angulares nos cantos que se apoiam no fundo do mar e servem de receção para as estacas.

De preferência, o elemento de estrutura reticular é fabricado de aço e/ou cimento ou betão e/ou materiais compósitos.

O fabrico da fundação é em grande parte simplificada pelo facto de o elemento de acoplamento ser colocado no fundo do mar já antes da montagem da estrutura de suporte podendo ser ancorado no solo através das ligações e das estacas.



Alternativamente pode estar previsto que o elemento de acoplamento seja disposto acima do fundo do mar, de preferência, a uma distância entre 1 e 5 m, e possa ser ancorado no fundo do mar através de pelo menos uma estaca.

A ligação entre a estaca e o elemento de acoplamento pode ser realizada no lado interior, no lado exterior, nos dois lados ou centralmente no elemento de estrutura reticular.

De acordo com uma outra característica vantajosa da invenção, as estacas angulares do elemento de estrutura reticular apoiadas no solo servem como guias para as estacas, de modo que, consoante a forma do elemento de estrutura reticular, as estacas são introduzidas no solo através das estacas angulares, num determinado ângulo em relação à vertical, por furação ou vibração, e injetadas no solo, por exemplo, com uma suspensão de cimento.

Este procedimento tem a vantagem de não serem necessárias ligações separadas.

No respeitante ao projeto, a invenção apresenta igualmente vantagens em termos de custos e tempo.

Como já descrito, atualmente é necessário proceder a análises complicadas do solo.

A técnica de furação e/ou vibração e injeção constante na invenção, para a ancoragem dos elementos de acoplamento no solo, substitui o processo de fincagem.

A furação no fundo do mar pode ser realizada, por exemplo, debaixo de uma ventosa ou na água por mergulhadores, máquinas ou robôs.

Imaginável é também a furação e/ou a vibração acima do nível da água através de um tubo guia comprido.

Uma vantagem desta técnica reside na possibilidade de adaptação flexível às condições de contorno geológicas.

Graças à escolha de cabeças de furação adequadas, é possível perfurar tanto areia e silte como rocha sólida.

Com estas características positivas, a necessidade de realizar análises complicadas e dispendiosas ao fundo do mar é bastante mais reduzida.

De acordo com a teoria da invenção, as tiragens de amostras do solo diminuem o que significa mais uma vantagem ecológica.

Além disso, o tipo de construção das fundações faz com que a impermeabilização do solo seja mais reduzida.

Uma outra característica distintiva reside no facto de o requisito da desmontagem poder ser facilmente satisfeito.

Especialmente vantajoso é a estaca ser uma estaca perfurada injetada, nomeadamente, uma estaca de perfuração e injeção.

Especialmente vantajoso é a utilização da construção de fundação segundo a invenção para a fundação de uma instalação de energia eólica offshore.

O processo segundo a invenção para a montagem desta construção de fundação distingue-se pelo facto de, em primeiro lugar, o elemento de acoplamento ser ancorado com a ajuda das estacas introduzidas no fundo do mar e, a seguir, a estrutura de suporte ser ligada ao elemento de acoplamento.

De acordo com uma primeira alternativa, o elemento de acoplamento é assente no fundo do mar onde é ancorado a seguir.

Numa segunda alternativa, em primeiro lugar, as estacas são introduzidas no fundo do mar de modo a terminarem acima do fundo do mar, e, a seguir, o elemento de acoplamento é ligado às estacas assim introduzidas e depois disso a estrutura de suporte é ligada ao elemento de acoplamento.

A presente invenção é explicada mais detalhadamente com a ajuda de formas de execução e outros aspetos e com referência às seguintes figuras sem, no entanto, se restringir a estas.

As formas de execução e suas variantes bem como os outros aspetos da invenção podem ser livremente combinados entre si desde que daí não resulte claramente o oposto. Eles mostram:

Fig 1        uma representação esquemática de uma construção de fundação segundo a invenção, com elemento de acoplamento e ligação a um tripod na vista lateral,

Fig. 2 uma representação correspondente à da Fig. 1, mas com ligação a um jacket,

Fig. 3 uma representação correspondente à da Fig. 1, mas com ligação a um tripile,

Fig. 4 uma representação correspondente à da Fig. 1, mas com ligação a um monopile,

Fig. 5 exemplos de elementos de acoplamento em conformidade com a invenção, numa representação esquemática da vista de cima,

Figs. 6 a 14 elementos de acoplamento em conformidade com a invenção, como elementos de estrutura reticular numa vista de 3D.

A Fig. 1 mostra uma construção de fundação 1 de acordo com a invenção, com um elemento de acoplamento 3 e ligação a um tripod para uma instalação offshore concebida como instalação de energia eólica offshore, na vista lateral.

É visível a construção de fundação 1, constituída por uma estrutura de suporte 2 concebida como tripod, elementos de acoplamento 3 e estacas 5 como elementos de fundação no fundo do mar 4.

A estrutura de suporte 2 está ancorada nas estacas 5 no fundo do mar 4 através de três elementos de acoplamento 3.

As estacas 5 são concebidas, de preferência, como estacas injetadas que podem ser introduzidas no fundo do mar através de furação e/ou através de vibração.

A seguir, as estacas 5 são fixadas no fundo do mar 4 com um material orgânico e/ou inorgânico, de preferência, endurecível.

Para isso, as estacas 5 estão alinhadas na sua extensão longitudinal, formando um determinado ângulo em relação a uma vertical sobre o fundo do mar.

No presente caso, o fundo do mar 4 é horizontal resultando daí que a vertical sobre o fundo do mar 4 coincide com uma vertical no espaço.

Se o fundo do mar 4 for inclinado, uma vertical sobre o fundo do mar 4 forma um ângulo com uma vertical no espaço, no sentido de uma perpendicular em relação ao fundo do mar.

O ângulo da estaca 5 em relação à vertical sobre o fundo do mar 4 é de 5 a 85°, de preferência, 10 a 45°.

Além disso, a estaca 5 apresenta um diâmetro de pelo menos 60 mm.

Pelo menos uma estaca 5 pode transferir as cargas para o fundo do mar 4 em todas as direções uma vez que a sua extensão longitudinal está alinhada num determinado ângulo em relação à vertical sobre o fundo do mar 4.

O ângulo é de 5 - 85° e exclui, desta forma, a perpendicular ao fundo do mar.

De preferência, são colocadas no fundo do mar 4 pelo menos três estacas 5 por elemento de acoplamento 3, no exemplo de execução apresentado são quatro estacas 5, de tal modo que as estacas 5 apontam com as suas extensões longitudinais em direções entre si divergentes.

Os elementos de acoplamento 3 formam assim uma espécie de adaptador para a ligação das estacas 5 à estrutura de suporte 2.

Além disso, os elementos de acoplamento 3 são concebidos como elementos de estrutura reticular, no presente exemplo em forma de tronco de pirâmide como estrutura de Vierendeel (ver também Fig. 9), sendo que o elemento de estrutura reticular é constituído por tubos com seção circular.

As estacas angulares 6 colocadas nos quatro cantos do tronco da pirâmide servem, neste exemplo, vantajosamente como tubos guia para as estacas 5 para a ancoragem dos três elementos de acoplamento 3 no fundo do mar 4, de modo que os guias separados existentes no elemento de acoplamento 3 para as estacas 5 são supérfluos.

Na instalação da construção de fundação 1, em primeiro lugar, os elementos de acoplamento 3 são depositados no fundo do mar 4.

Neste exemplo, a seguir, as estacas 5 concebidas, de preferência, como âncoras de perfuração/injeção, são introduzidas nas estacas angulares 6 nos quatro cantos do tronco da pirâmide e ancoradas no fundo do mar 4 através de furação e injeção.

A ligação entre as estacas 5 e os elementos de acoplamento 3 é feita, de forma amovível, através de parafusos (aqui não representado).

Alternativamente pode estar previsto que o elemento de acoplamento 3 seja disposto acima do fundo do mar 4, de preferência, a uma distância entre 1 e 5 m, e possa ser ancorado no fundo do mar 4 através de pelo menos uma estaca 5.

Ao contrário do estado da técnica, a estrutura de suporte 2 já não é ancorada diretamente no fundo do mar 4 mas indiretamente, através de elementos de acoplamento 3.

Após a instalação ou a ancoragem dos elementos de acoplamento 3 no fundo do mar 4, a estrutura de suporte 2 é assente no elemento de acoplamento 3 e ligada através de meios adequados, por união de forma, união por aderência e/ou união de material.

Conforme a concepção da estrutura de suporte 2 e dos elementos de acoplamento 3, as estacas 5 e a estrutura de suporte 2 encontram-se no centro do respetivo elemento de acoplamento 3 e/ou nos seus lados exteriores, lados interiores, centralmente ou nos cantos.

De acordo com uma concepção preferencial, a estaca 5 é uma estaca de perfuração/injeção, nomeadamente, uma estaca de ancoragem com um tubo de aço nervurado como elemento de suporte que, ao mesmo tempo, serve como haste de perfuração perdida, como tubo de injeção e como elemento de suporte de aço (elemento armado) permanente.

Como material para a estaca de perfuração/injeção pode ser usado um aço de construção como, por exemplo, o S 355 J2H ou o S 460NH.

O processo em conformidade com a invenção para a montagem da construção de fundação 1 no fundo do mar 4 abrange, essencialmente, as seguintes fases de processo:

- posicionamento da construção de fundação 1 segundo a invenção na superfície do fundo do mar 4, sendo que esta inclui pelo menos um elemento de acoplamento 3 para a recepção dos componentes superiores, tal como a estrutura de suporte 2, a torre e a turbina de uma OWEA;
- introdução de pelo menos uma estaca 5 no fundo do mar 4, por furação ou vibração, para a ancoragem do elemento de acoplamento 3;
- injeção de calda de cimento, betão, argamassa ou outros materiais de construção através da âncora de injeção no fundo do mar 4 que o rodeia, sendo formada uma área solidificada; e
- ligação da âncora de injeção ao elemento de acoplamento 3.

Também é possível que, em primeiro lugar, as estacas 5 sejam introduzidas no fundo do mar 4 de modo a terminarem acima do fundo do mar 4, e que, a seguir, o elemento de acoplamento 3 seja ligado às estacas 5 assim introduzidas e depois disso a estrutura de suporte 2 seja ligada ao elemento de acoplamento 3.



A Fig. 2 mostra uma construção de fundação 1 em conformidade com a invenção com ligação a um jacket como construção de suporte, 2 na vista lateral.

A estrutura da construção de fundação 1 e a fundação mediante estacas 5 é comparável à da Fig. 1, por isso, prescindiu-se aqui de uma descrição detalhada.

Ao contrário da fundação de um tripod, no presente caso os apoios do jacket não são assentes nos elementos de acoplamento 3 mas estes encontram-se centralmente no elemento de acoplamento 3 e ligados a este e assentam diretamente no fundo do mar 4.

A Fig. 3 mostra um outro exemplo de aplicação para uma estrutura de suporte 2 concebida como tripile e a Fig. 4 uma estrutura de suporte 2 concebida como monopile.

Na Fig. 5 são representados, esquematicamente e numa vista de cima, exemplos de formas básicas de elementos de acoplamento 3 segundo a invenção que são aplicáveis consoantes os requisitos.

Os exemplos indicados não representam uma lista exaustiva e não são restritivos no referente a outras formas possíveis.

Os elementos de acoplamento 3 são concebidos como elementos de estrutura reticular com uma estrutura reticular que, por sua vez, são concebidos como fundações de sapata, treliças, sistemas de Vierendeel apresentando superfícies de base triangulares (aqui não representado), circulares, quadrados ou poligonais.

Com uma superfície de base circular, as estacas 5 são dispostas, de preferência, de forma circular.

As Figs. 6 a 14 mostram outras formas de execução dos elementos de acoplamento 3 segundo a invenção, como elemento de estrutura reticular numa vista de 3D.

As Figs. 6 e 7 mostram uma estrutura reticular tridimensional numa forma cúbica, para uma fundação de sapata.

As Figs. 8 a 12 mostram exemplos para formas de execução em forma de tetraedro (Fig. 8) e tronco de pirâmide (Figs. 9 e 10) dos elementos de estrutura reticular com treliça (Figs. 8, 10, 12) ou sistema de Vierendeel (Figs. 9 e 11). Pensáveis são também formas cónicas.

Nas Figs. 13 e 14 são representados, como outros exemplos, elementos de estrutura reticular cuja superfície de base tem uma forma octogonal, como elementos de acoplamento 3.

O elemento de estrutura reticular segundo a Fig. 13 apresenta uma estrutura de Vierendeel e o elemento segundo a Fig. 14 uma estrutura de treliça.

Os elementos de acoplamento 3 dos dois elementos de estrutura reticular apresentam, no extremo superior, uma abertura central para a receção de, por exemplo, um monopile como estrutura de suporte 2 que é introduzido na abertura do elemento de acoplamento e depois ligado a este.

As receções para a ancoragem do elemento de acoplamento 3 no fundo do mar 4 são formadas, nestes exemplos, vantajosamente pelas estacas angulares 6 que, por sua vez, são concebidas como perfis ocós quadrados.

A âncora de furação/injeção é introduzida nestas estacas angulares 6 (aqui não representado) e após a ancoragem no fundo do mar 4 ligada ao elemento de acoplamento 3, de preferência de forma amovível, por exemplo, por meio de parafusos.

Resumindo podem ser enumeradas as seguintes vantagens da construção de fundação 1 em conformidade com a invenção:

- a) em comparação com o estado atual da técnica, emissões de ruído claramente mais reduzidas durante o processo de instalação,
- b) uma estabilidade claramente mais elevada graças às profundidades de escavação mais reduzidas,
- c) proteção da fauna e flora do solo graças a uma impermeabilização muito reduzida do solo,
- d) economia de custos e tempo por:
  - economia de materiais graças à estrutura da construção de fundação, otimizada em termos de efeitos exercidos pela construção,
  - menos análises dispendiosas do solo de construção,
  - utilização de barcos de instalação mais pequenos,
  - posicionamento mais fácil do corpo de fundação devido ao seu peso mais reduzido,

- janela de tempo maior para a instalação graças ao processo otimizado e aos elementos de acoplamento escolhidos segundo a invenção,

e) combinação otimizada e harmonizada entre o elemento de acoplamento e a estaca.

f) A construção de fundação pode ser adaptada facilmente à maioria das construções de suporte hoje utilizadas.

O elemento de estrutura reticular é fabricado de aço e/ou cimento ou betão e/ou materiais compósitos.

De preferência, os elementos de estrutura reticular são tubos, nomeadamente tubos fabricados por laminagem a quente sem costura e/ou moldagem a frio e/ou soldadura a partir de bandas a quente e/ou perfis com seção aberta.

Os tubos apresentam geometrias de seção igual ou diferente, tal como uma seção circular ou angulada, triangular, retangular, quadrada ou poligonal ou uma combinação destas.

O presente exemplo de execução refere-se a instalações de energia eólica offshore.

A construção de fundação 1 segundo a invenção pode ser usada, de forma geral, para plataformas offshore como, por exemplo, as chamadas plataformas de perfuração flutuantes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Construção de fundação (1) de uma instalação offshore, nomeadamente uma instalação de energia eólica offshore, com pelo menos um elemento de fundação ancorável no fundo do mar, com exclusão de uma fundação por gravidade e com exclusão de uma fundação flutuante, e uma estrutura de suporte (2) fixada nele para a fixação da instalação offshore, caracterizada por o elemento de fundação ser uma estaca (5) que pode ser introduzida no fundo do mar por furação e/ou vibração, que pode ser fixada no fundo do mar com um material orgânico e/ou inorgânico e que está alinhada formando um determinado ângulo em relação a uma vertical sobre o fundo do mar.
2. Construção de fundação (1) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o ângulo da estaca (5) em relação à vertical ser de 5 a 85°, sobretudo 10 a 45°.
3. Construção de fundação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada por a estaca (5) apresentar um diâmetro de pelo menos 60 mm.
4. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizada por pelo menos uma estaca (5) transferir as cargas para o fundo do mar em todas as direções.
5. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizada por o elemento de fundação ser constituído por várias estacas (5).

6. Construção de fundação (1) de acordo com a reivindicação 5, caracterizada por para aumentar ainda mais as cargas transferíveis para o fundo do mar, serem colocadas no fundo do mar pelo menos três estacas (5), de tal modo que as suas extensões longitudinais apontam em três direções entre si divergentes.
7. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizada por pelo menos uma estaca (5) e a estrutura de suporte (2) estarem ligadas através de um elemento de acoplamento (3) que transfere as cargas.
8. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizada por pelo menos uma estaca (5) e a estrutura de suporte (2) estarem ligadas, de forma amovível, através de um elemento de acoplamento (3).
9. Construção de fundação (1) de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizada por a ligação entre o elemento de acoplamento (3) e a estrutura de suporte (2) e a ligação entre o elemento de acoplamento (3) e pelo menos uma estaca (5) serem realizadas por uma união de material e/ou união por aderência e/ou união de forma.
10. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 7 a 9, caracterizada por o elemento de acoplamento (3) ser concebido como elemento de estrutura reticular.

11. Construção de fundação (1) de acordo com a reivindicação 10, caracterizada por o elemento de estrutura reticular ser constituído por tubos, nomeadamente tubos fabricados por laminagem a quente sem costura e/ou moldagem a frio e/ou soldadura a partir de bandas a quente e/ou perfis com seção aberta.
12. Estrutura de fundação (1) de acordo com a reivindicação 11, caracterizada por os tubos apresentarem geometrias de seção iguais ou diferentes, tal como uma seção circular ou angulada, triangular, retangular, quadrada ou poligonal ou uma combinação destas.
13. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 10 a 12, caracterizada por o elemento de estrutura reticular apresentar uma superfície de base angulada com estacas angulares (6) colocadas nos cantos que se apoiam no fundo do mar e servem como receção para as estacas (5).
14. Estrutura de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 10 a 13, caracterizada por o elemento de estrutura reticular apresentar uma superfície de base circular, triangular, retangular ou poligonal.
15. Construção de fundação (1) de acordo com a reivindicação 14, caracterizada por em caso de superfície de base circular, as estacas serem dispostas, de preferência, de forma circular.

16. Estrutura de fundação (1) de acordo com a reivindicação 10, caracterizada por o elemento de estrutura reticular ser fabricado de aço e/ou cimento ou betão e/ou materiais compósitos.
17. Estrutura de fundação (1) de acordo com as reivindicações de 10 a 16, caracterizada por o elemento de estrutura reticular apresentar uma superfície de base em forma de cubo, tronco de tetraedro, cone ou tronco de pirâmide.
18. Construção de fundação (1) de acordo com as reivindicações de 10 a 17, caracterizada por o elemento de estrutura reticular apresentar uma estrutura de Vierendeel, de trama ou de treliça.
19. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 7 a 18, caracterizada por o elemento de acoplamento (3) estar assente no fundo do mar (4) e poder ser ancorado no fundo do mar através de pelo menos uma estaca (5).
20. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 7 a 18, caracterizada por o elemento de acoplamento (3) estar disposto acima do fundo do mar (4), de preferência, a uma distância entre 1 e 5 m, e poder ser ancorado no fundo do mar através de pelo menos uma estaca (5).
21. Construção de fundação (1) de acordo com uma das reivindicações de 1 a 20, caracterizada por a estaca (5) ser uma estaca de perfuração e injeção.



22. Utilização de uma construção de fundação (1) de acordo com uma ou várias das reivindicações de 1 a 21 para uma instalação de energia eólica offshore.
23. Processo para a montagem de uma construção de fundação (1) de acordo com uma ou várias das reivindicações de 7 a 21 no fundo do mar (4), caracterizado por, em primeiro lugar, o elemento de acoplamento (3) ser ancorado com a ajuda das estacas (5) introduzidas no fundo do mar (4) e, a seguir, a estrutura de suporte (2) ser ligada ao elemento de acoplamento (3).
24. Processo de acordo com a reivindicação 23, caracterizado por o elemento de acoplamento (3) ser assente no fundo do mar (4) e, a seguir, ancorado.
25. Processo de acordo com a reivindicação 23, caracterizado por, em primeiro lugar, a estaca ou as estacas (5) serem introduzidas no fundo do mar de modo a terminarem acima do fundo do mar (4) e, a seguir, o elemento de acoplamento (3) ser ligado às estacas (5) assim introduzidas e depois disso a estrutura de suporte (2) ser ligada ao elemento de acoplamento (3).

LISBOA, 11 de JANEIRO de 2016

## RESUMO

CONSTRUÇÃO DE FUNDAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO OFFSHORE,  
NOMEADAMENTE, UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA CUJA  
MONTAGEM SEJA DE BAIXO RUÍDO E OS RESPECTIVOS PROCESSOS  
DE MONTAGEM

A invenção refere-se a uma estrutura de fundação (1) de uma instalação offshore, nomeadamente, uma instalação de energia eólica offshore, com pelo menos um elemento de fundação ancorável no fundo do mar, com exclusão de uma fundação por gravidade e com exclusão de uma fundação flutuante, e uma estrutura de suporte (2) fixada nele para a fixação da instalação offshore.

De acordo com a invenção, a fim de conseguir um elevado nível de compatibilidade com o ambiente da estrutura de fundação (1) durante a instalação e uma instalação simples e económica, o elemento de fundação é uma estaca (5) que pode ser introduzida no fundo do mar através de furação e/ou através de vibração, que pode ser fixada no fundo do mar com um material orgânico e/ou inorgânico e que está alinhada formando um determinado ângulo em relação a uma vertical sobre o fundo do mar.

A invenção refere-se igualmente a um processo para a instalação desta estrutura de fundação (1) no fundo do mar (4) em que, em primeiro lugar, o elemento de acoplamento (3) é ancorado com a ajuda das estacas (5) introduzidas no fundo do mar (4) e, a seguir, a estrutura de suporte (2) é ligada ao elemento de acoplamento (3).

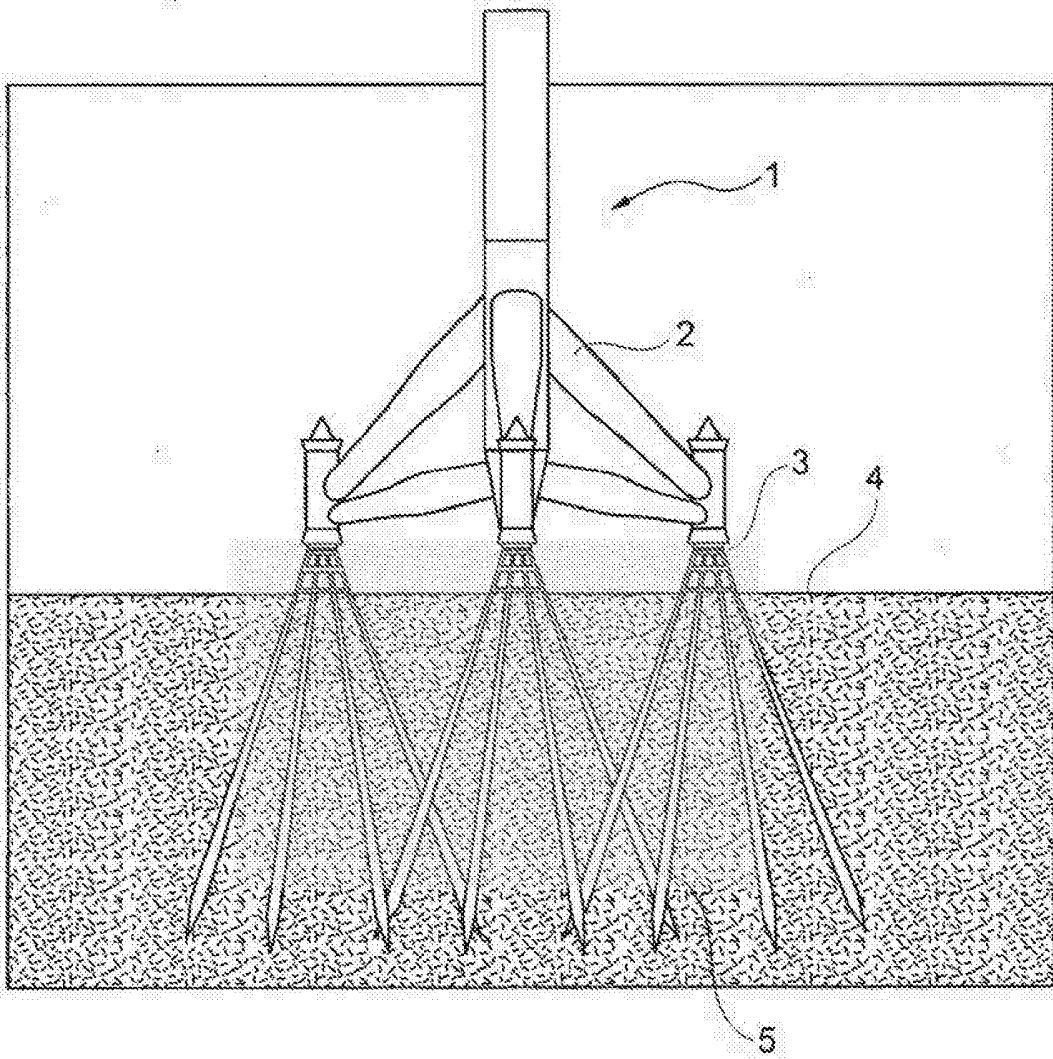


Fig. 1

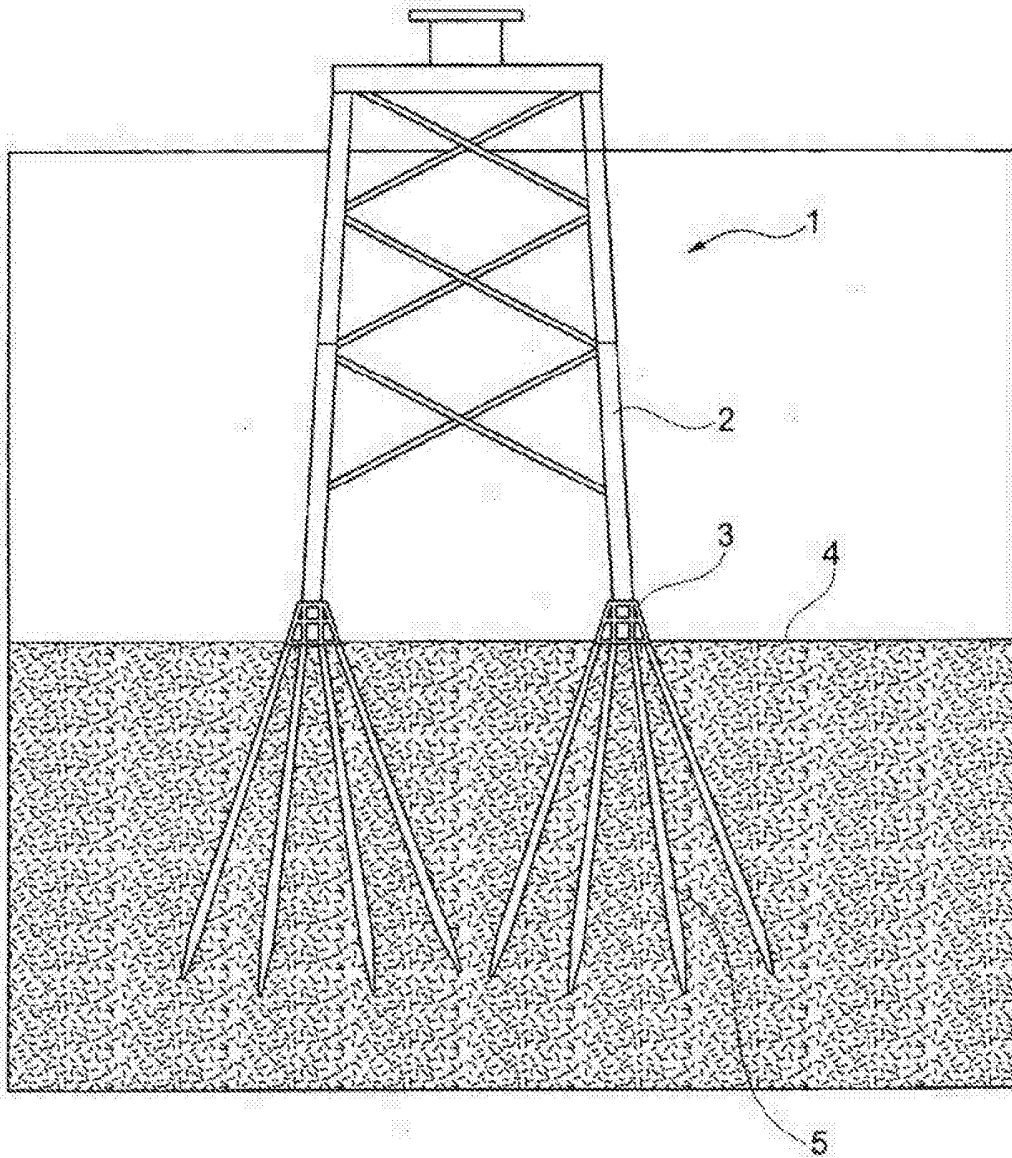


Fig. 2

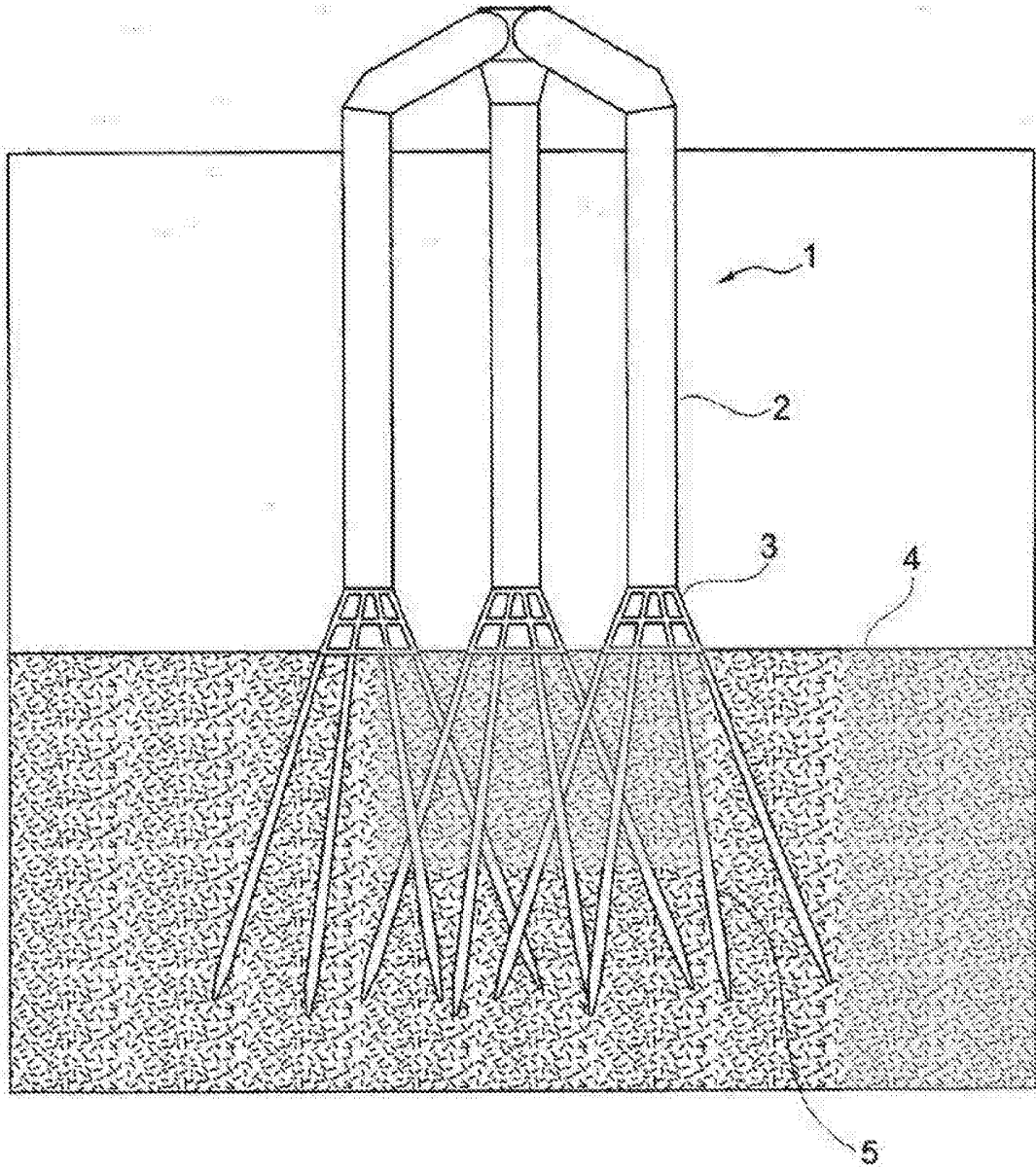


Fig. 3

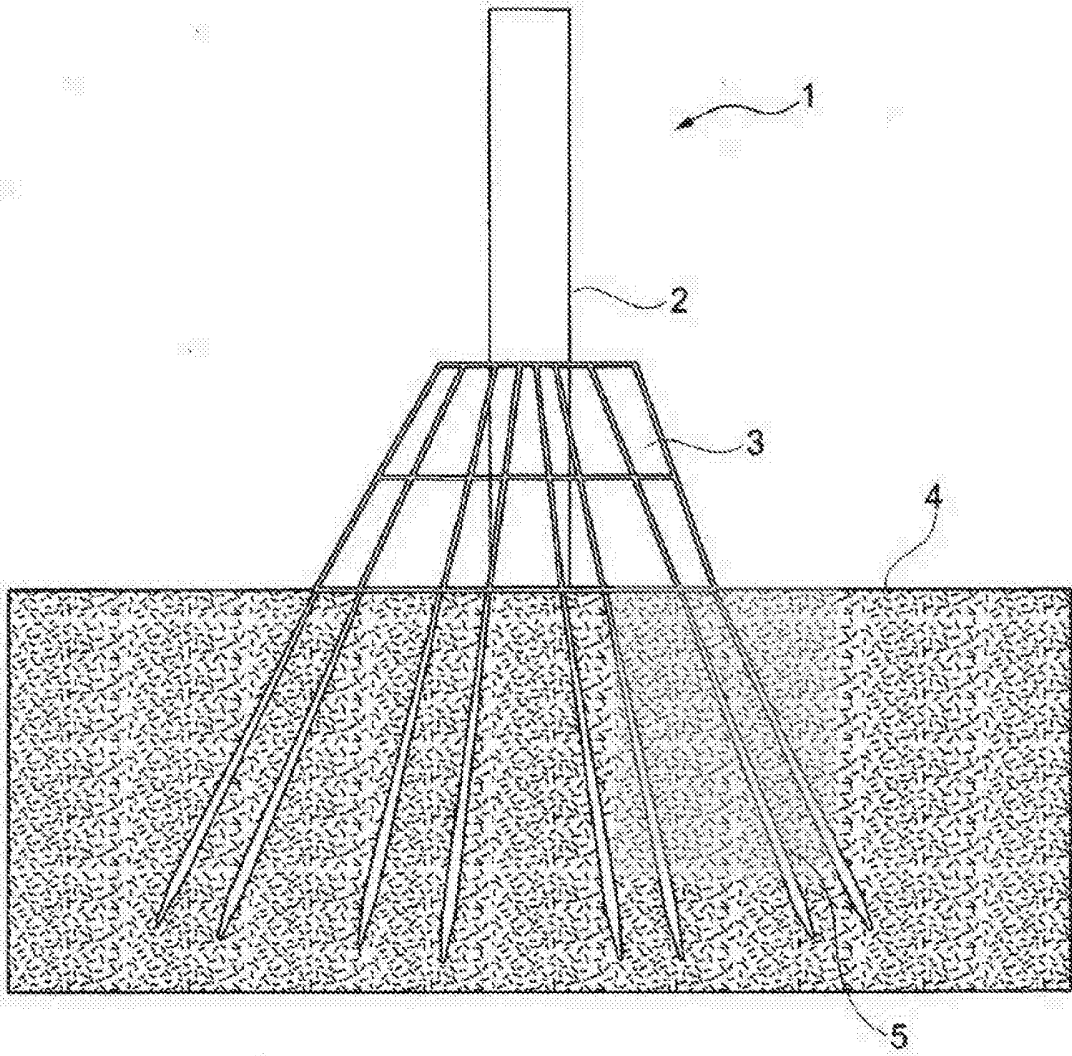


Fig. 4

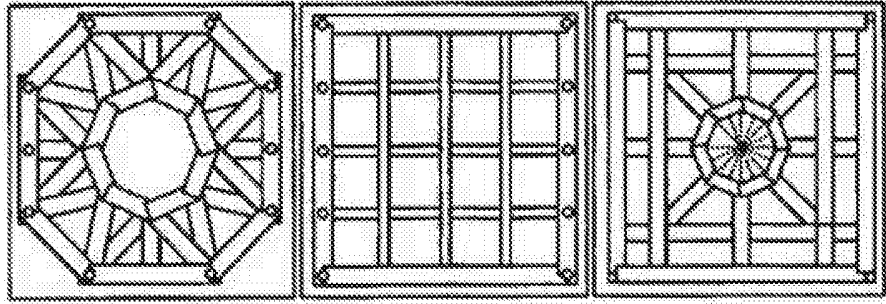


Fig. 5

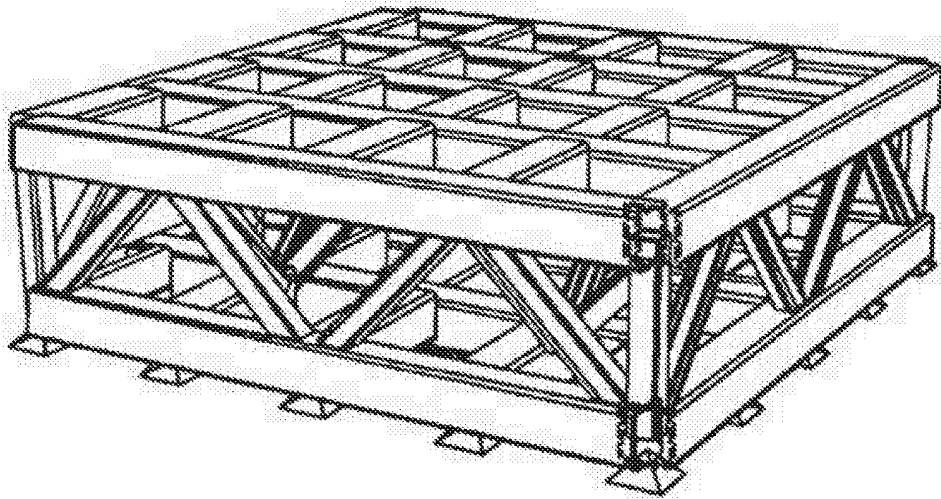


Fig. 6

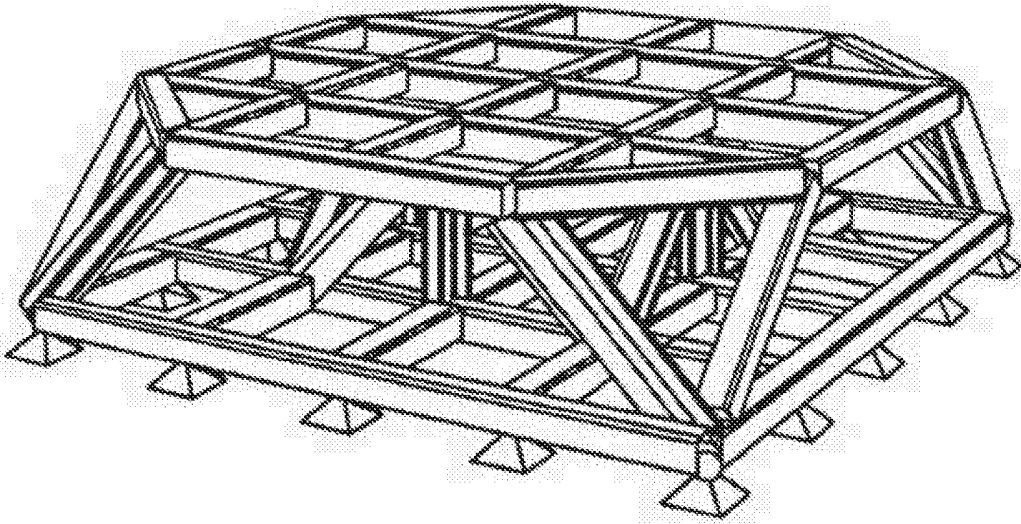


Fig. 7

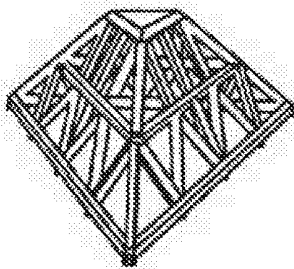


Fig. 8

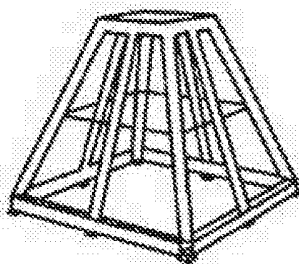


Fig. 9

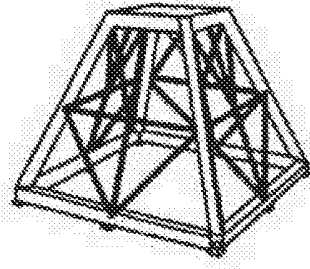


Fig. 10



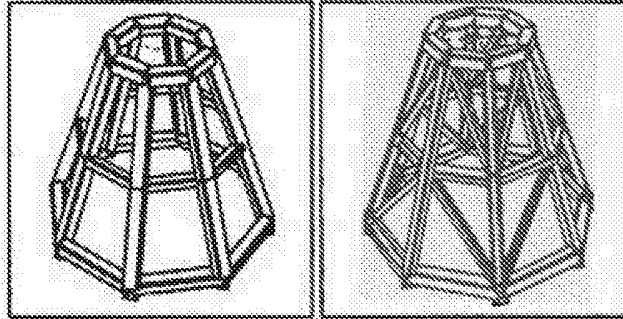


Fig. 11

Fig. 12

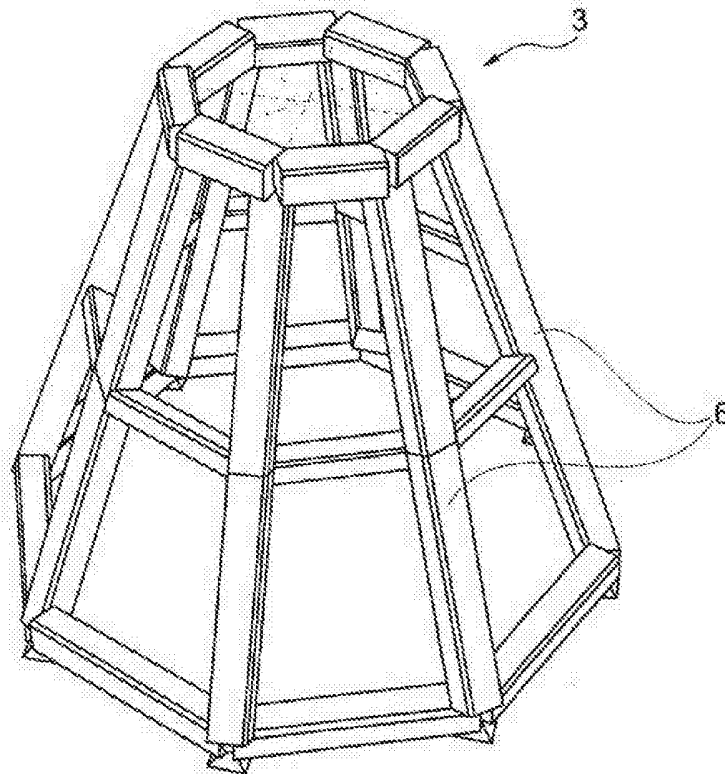


Fig. 13

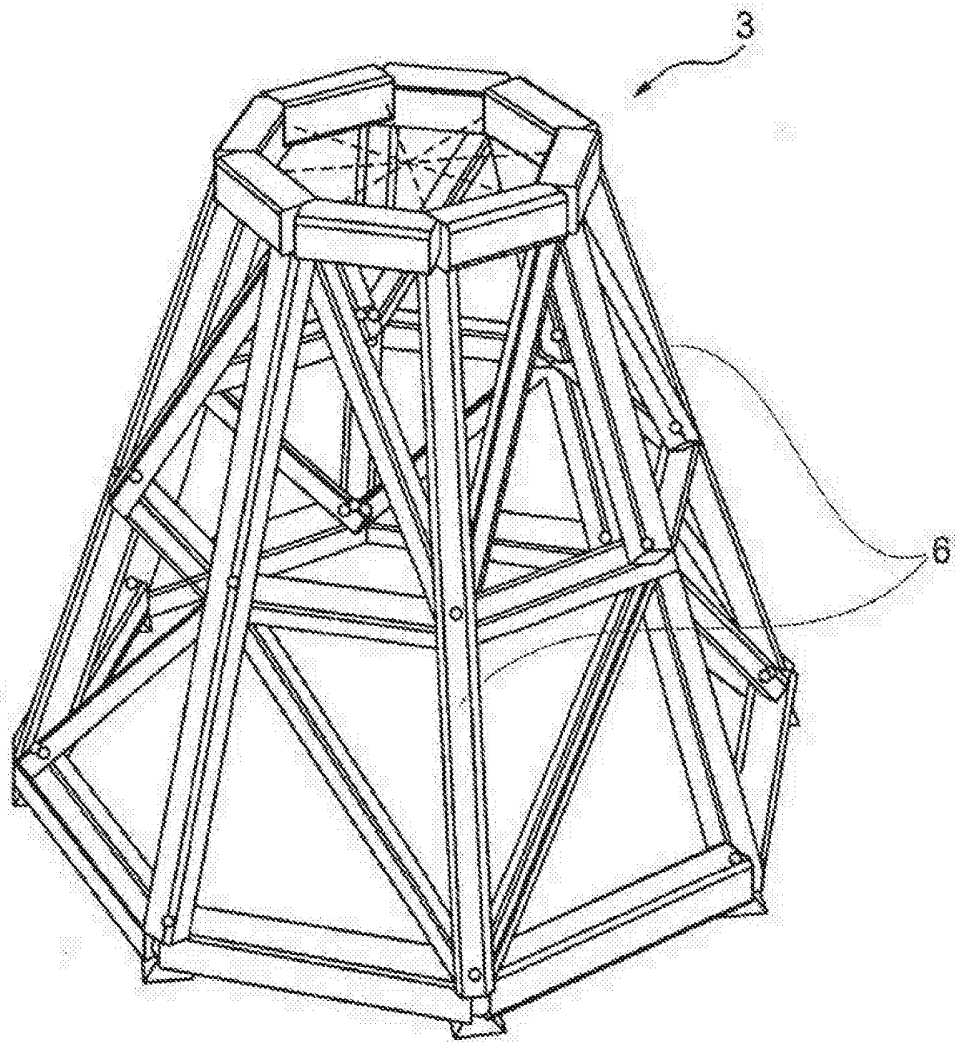


Fig. 14